TAW

Technische Adviescommissie
voor de Waterkeringen

Druk op de dijken 1995



DRUK OP DE DIJKEN

1995

De toestand van de rivierdijken

tijdens het hoogwater van januari-februari 1995

Technische Adviescommissie
voor de Waterkeringen

Delft, augustus 1995

Uitgever
Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen,
Delft

Realisatie
Van Hasselt Van Everdingen & Partners,
Den Haag

Fotografie
Alle foto's en illustraties zijn afkomstig van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat met uitzondering van de omslagfoto en de foto's op pag. 13, 19, 20, 24, 37, 38, 39, 54, 55 (Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat). De tekening op pag. 50 is afkomstig van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat.

Basisgegevens
Waterschappen, Rijkswaterstaat (Directie Oost-Nederland, Directie Limburg, Directie Noord-Brabant, RIZA en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde) en het KNMI.

Foto omslag
Linkeroever van de Waal bij Brakel.

INHOUD

VOORWOORD 1

SAMENVATTING 3

1. INLEIDING 7

2. WATERSTANDEN EN OPGETREDEN VERSCHIJNSELEN 11

3. BUITENDIJKSE GEBIEDEN EN WATEROVERLAST 36

4. WEERSOMSTANDIGHEDEN 38

5. ORGANISATIE EN COMMUNICATIE 41

6. IDEEËN UIT DE SAMENLEVING 49

7. BESCHOUWINGEN EN AANBEVELINGEN 53

8. LITERATUUR 59

BIJLAGEN

BIJLAGE 1 OPGETREDEN WATERSTANDEN 61

BIJLAGE 2 WEERSOMSTANDIGHEDEN 64

BIJLAGE 3 OVERZICHT GEÏNTERVIEWDE RIVIERDIJKBEHEERDERS 67

BIJLAGE 4 STAND VAN ZAKEN RIVIERDIJKVERSTERKING 69

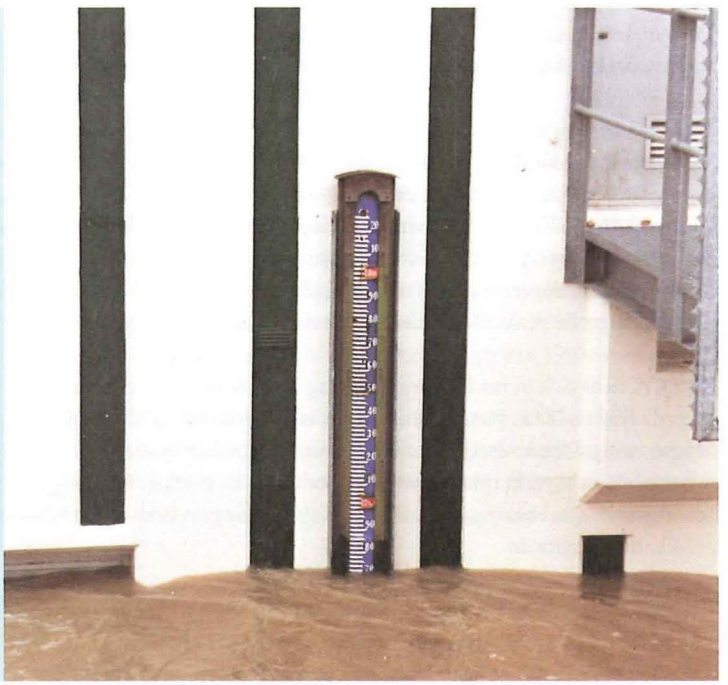
BIJLAGE 5 BEGRIPPENLIJST 70

VOORWOORD

Toeval of klimaatsverandering ? Het antwoord op deze vraag ligt nog in de toekomst verscholen, maar de feiten spreken voor zich. Kort na het hoogwater van Kerstmis 1993 heeft zich op de Rijn en de Maas tijdens de periode januari-februari 1995 wederom een hoogwater van betekenis voorgedaan. Een duidelijke illustratie van het feit dat rivieren geen geheugen hebben en dat elk jaar met hoogwater rekening moet worden gehouden.

In centimeters uitgedrukt zijn de verschillen met de hoogwaterperiode van Kerstmis 1993 gering. De topwaterstand bij Borgharen aan de Maas is zo'n 20 cm lager geweest dan in 1993, terwijl de topwaterstand bij Lobith aan de Rijn bijna 30 cm hoger is geweest. Toch heeft dit relatief geringe verschil voor de Rijn en haar zijtakken enorme consequenties gehad.

De bekende peilschaal bij Lobith waar de Rijn Nederland binnenstroomt. Rijkswaterstaat meet sinds 1866 op dit punt. De gemiddelde waterstand bedraagt hier NAP+9,80 m. De hoogste stand ooit bij Lobith gemeten werd op 6 januari 1926 bereikt, NAP+16,93 m. Per seconde stroomde er toen 12.600 m³ langs. Bij het laatste hoogwater werd hier op woensdag 31 januari 1995 de op één na hoogste stand bereikt: NAP+16,68 m. Toen stroomde er ruim 12.000 m³ per seconde langs. Dat is een hoeveelheid die voldoende is om 100 Nederlandse huishoudens een jaar lang van water te voorzien.



Bij de verwachte waterstanden op de Rijn kon de stabiliteit van verschillende waterkeringen onvoldoende worden gegarandeerd. Uit voorzorg zijn vervolgens ruim 200.000 mensen geëvacueerd.
Gelukkig zijn dijkdoorbraken en inundaties van de polders uitgebleven. Wel trad een andere doorbraak van betekenis op. Nog tijdens de hoogwaterperiode en kort daarna is door het kabinet een Deltaplan Grote Rivieren opgesteld. In dit plan wordt de voorgenomen versterking van de rivierdijken versneld. De versterkingen, totaal circa 600 kilometer, moeten zijn afgerond in het jaar 2000. De dijkvakken met een geringere veiligheid tegen overbelasting dan 1/100 per jaar moeten nog in 1996 zijn versterkt. Dit betreft zo'n 150 kilometer. Inmiddels zijn de waterschappen, de advies- en ingenieursbureaus en de aannemers met grote voortvarendheid aan de realisatie van deze ambitieuze doelstellingen begonnen.

Maar ook op de schouders van wetenschappers en adviseurs rust een zware taak. Onzekerheid met betrekking tot de stabiliteit van dijken bij het afgelopen hoogwater heeft geleid tot de preventieve evacuaties. Het grijze gebied tussen de vereiste ontwerpstabiliteit en het falen van de dijk is nog onvoldoende verkend om bij extreme belastingen eenduidige uitspraken over het gedrag van de waterkering te doen. Voor een goede en evenwichtige besluitvorming bij hoogwaterperiodes is het noodzakelijk dat dit grijze gebied verder wordt verkend.

Door de dijkversterking aan te laten sluiten op natuurontwikkeling in de uiterwaarden worden de aanbevelingen van de Commissie 'Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterking' (Boertien I) in de praktijk gebracht. Het ontkleien van de rivier betekent een min of meer vanzelfsprekende bron van materiaal voor het verzwaren van de dijken en tegelijkertijd krijgt de natuur in de uiterwaarden een kans. Dit is een goede zaak, waarbij we echter de mogelijke negatieve effecten van de ontwikkeling van ooibossen niet uit het oog moeten verliezen. Opstuwing van waterstanden kan leiden tot hogere ontwerpwaterstanden. Meer inzicht in de effecten en een overzicht van mogelijke compenserende maatregelen zijn noodzakelijk om deze natuurontwikkeling op zijn waarde te schatten.

Dit hoogwaterverslag van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) is qua opzet vergelijkbaar met het verslag 'Water tegen de dijk - 1993'. De basis voor het verslag wordt gevormd door de ervaringen van beheerders ten aanzien van opgetreden en voorspelde waterstanden, het gedrag van de waterkeringen en de organisatie en communicatie tijdens de hoogwaterperiode. In tegenstelling tot vorig jaar is ervoor gekozen om een aantal aanvullende analyses uit te voeren, zoals die van de pipingproblematiek bij Opijnen langs de Waal. De resultaten van deze analyses zijn opgenomen in het verslag.

De TAW richt zich in het hoogwaterverslag op de toestand van de primaire waterkeringen langs de Rijn en Maas. Het onbedijkte deel van de Maas in Limburg blijft zo goed als buiten beschouwing. Ook andere kaden blijven als regel buiten beschouwing. Om dit verslag inzichtelijk en beperkt qua omvang te houden is een meer gedetailleerd rapport met de achtergrondgegevens opgesteld. Dit achtergrondrapport is als afzonderlijke TAW-publikatie uitgebracht.

Voor het opstellen van het hoogwaterverslag van 1995 is medewerking en betrokkenheid van de waterkeringbeheerders noodzakelijk. Gezien de enorme werkdruk bij de waterschappen ten gevolge van het Deltaplan Grote Rivieren dank ik de beheerders hartelijk voor hun medewerking.

ir. W. van der Kley
voorzitter van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen

's-Gravenhage, 10 augustus 1995

SAMENVATTING

In de periode januari-februari van 1995 zijn in zowel de Rijn als de Maas extreem hoge waterstanden voorgekomen die behoren tot de hoogste van deze eeuw. Bij Lobith steeg het water tot 16,68 meter boven NAP, bij Borgharen tot 45,71 meter boven NAP. Op beide rivieren was tevens sprake van een topafvoer van water, die langer heeft geduurd dan tijdens het hoogwater van 1993. Hierdoor werd van rivierdijkbeheerders in deze periode een zeer grote inspanning vereist.

Op grond van berekeningen van de stabiliteit van sommige onversterkte dijkvakken konden de beheerders geen garantie meer geven over de standzekerheid van de dijk. Dit was voor bestuurders aanleiding om uit voorzorg ruim 200.000 bewoners uit de bedreigde gebieden te evacueren. Doorbraken van primaire waterkeringen en inundaties van polders zijn echter uitgebleven.
Gezien het maatschappelijk belang ervan beveelt de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen aan om een beslissingsondersteunend systeem voor de standzekerheid van dijken te ontwikkelen.

De opgetreden afvoer op de Rijn heeft volgens de huidige werklijn voor de afvoerstatistiek een overschrijdingsfrequentie van circa 1/80 per jaar of een herhalingstijd van 80 jaar. Dergelijke begrippen zijn echter moeilijk in absolute zin te hanteren, omdat door het optreden van het afgelopen hoogwater de schatting van de kans op een dergelijke gebeurtenis (iets) groter is geworden. Voor de Maas is de herhalingstijd van de opgetreden topafvoer ongeveer 100 jaar. De invloed van dit hoogwater op de werklijn voor de Maas is kleiner dan op de Rijn, omdat in de werklijn voor de Maas het hoogwater van 1993 is verwerkt.

De hoogwaterstanden bij Lobith en Borgharen zijn accuraat voorspeld. De afwijking van de 24-uursvoorspelling bedroeg maximaal 10 centimeter, terwijl de afwijking van de 48-uursvoorspelling maximaal 20 centimeter bedroeg. Voorspellingen voor de waterstanden op langere termijn werden zowel in Duitsland als in Nederland node gemist.

De bewoners van de Gelderse Vallei met steden als Wageningen, Ede en Veenendaal behoefden niet te worden geëvacueerd. De Grebbedijk langs de Neder-Rijn werd veilig genoeg geacht. Toch was er discussie over de betrouwbaarheid van de dijk. Sommige mensen namen hun voorzorgsmaatregelen. Deze foto, gemaakt bij Wageningen laat zien dat soms de oplossing dicht bij huis werd gezocht.



De voorspellingen van de waterstanden langs de rivieren hebben op verschillende plaatsen afwijkingen te zien gegeven met de werkelijk opgetreden waterstanden. Deels moet hiervoor de oorzaak gezocht worden in veranderingen in de lokale situatie ten aanzien van doorstroomprofiel of bodemligging. Deels lijken de gehanteerde afvoermodellen bij de splitsingspunten tussen Waal, Rijn en IJssel niet geheel juist. Daarnaast bleek, hoewel de situatie ten opzichte van 1993 is verbeterd, dat voor bepaalde lokaties voorspellingen worden verspreid, die niet identiek zijn.

Langs de Rijn was de situatie aanzienlijk ongunstiger dan in 1993. De hoogst gemeten waterstand was zo'n 30 centimeter hoger dan bij het vorige hoogwater. De effecten van dit op zich geringe verschil waren echter enorm, zoals de preventieve evacuatie van ruim 200.000 mensen. Deze evacuatie van delen van het rivierengebied is vooral ingegeven door onzekerheid over de te verwachten macro-instabiliteit van de dijken bij de voorspelde waterstanden. Hierbij speelde in het bovenrivierengebied de onzekerheid over de voorspelde hoogwaterstanden een rol.

Voor de meer benedenstroomse situaties zijn veel maatregelen ingegeven door de windverwachtingen. Door het uitblijven van een harde noordwestelijke wind zijn noodsituaties bij Kampen en Dordrecht uitgebleven.

Doorbraken van rivierdijken zijn gelukkig uitgebleven, terwijl een groot aantal waterkeringen theoretisch gezien had moeten falen. Dit kan voor een deel worden verklaard door onzekerheid ten aanzien van de invoerparameters van de gebruikte theoretische modellen. Verder hebben veel beheerders soms grootschalige maatregelen moeten treffen om het bezwijken van dijken te voorkomen.



Het verschil tussen waterniveau en landniveau was soms bijzonder sprekend. De dijk lijkt het Waalwater feilloos te keren, maar de bedreiging voor de Neerijnense huizen is reëel als men bedenkt dat het water naar verwachting nog eens een meter zou kunnen stijgen. Goed gebouwde huizen nabij de dijken hebben uitstekende kelders, zodat kwelwateroverlast geen probleem is. Veel andere huizen krijgen in die omstandigheden het water dicht onder de vloer.

Ten opzichte van 1993 is de windbelasting aanzienlijk hoger geweest. Door een windkracht 5 tot 6 uit zuidwestelijke richtingen zijn veel buitentaluds van dijken aan de noordoostzijde van de rivieren zwaar belast. Dit heeft op verschillende plaatsen tot aanzienlijke schades geleid, waarbij de standzekerheid van de waterkering overigens zelden in het geding was. De schades aan het buitentalud zijn vooral daar geconstateerd waar de kwaliteit van de kleibekleding slecht is of het beheer tot een erosiegevoelige grasmat heeft geleid. De taludhelling blijkt hierbij niet van grote invloed. Behalve de mate van dreigende macro-

instabiliteit en de schade aan het buitentalud door golfslag zijn de overige hoogwaterverschijnselen niet significant anders dan in 1993 en bij eerdere hoogwaters.



De rivierdijken in Nederland zijn hoger dan de hoogste bekende waterstand. Het IJsselwater hier bij Lathum stond ruim één meter onder de top. De sterke wind dreigde het golvende water over de dijk te zwiepen. Dit overslagwater zou de dijkhelling aan landzijde dan zodanig kunnen aantasten dat de dijk kan doorbreken. Met strobalen werd dit tegengegaan. Bij gebrek aan stro in de regio kwamen deze strobalen tot achter Gorinchem vandaan.

Het aantal waterschappen met een geactualiseerd hoogwaterdraaiboek is helaas nog zeer beperkt. Wel wordt het belang van dergelijke draaiboeken onderkend en zijn vrijwel alle waterschappen bezig met het opstellen van dergelijke plannen.

Nog steeds blijkt er grote onduidelijkheid te bestaan bij pers en publiek over de zogeheten buitendijkse gebieden. Deze worden veelal beschermd door zomerkaden om wateroverlast zoveel mogelijk tegen te gaan. Bij grotere waterafvoeren heeft de rivier echter zijn uiterwaarden nodig. Dan overstromen de zomerkaden en staat het water tegen de bandijk, de primaire waterkering. De TAW acht het vanuit waterkeringsbelang ongewenst de afvoercapaciteit van dit winterbed te beperken door bijvoorbeeld bebouwing.



Kwel leidt tot wateroverlast. Om het gebied te beperken waar wateroverlast optreedt, kan men permanente of tijdelijke kwelkaden bouwen die ook de stabiliteit van de dijk gunstig beïnvloeden. Aan de landzijde van de dijk wordt dan nog een lage kade van grond of zandzakken gebouwd. De ruimte tussen de dijk en de kade vult zich vanzelf met kwelwater dat tegendruk geeft en voorkomt dat er meer kwelwater komt.

Tijdens het hoogwater van begin 1995 bleek de communicatie, coördinatie en afstemming tussen de verschillende overheden uiterst belangrijk. Er zijn regionale en provinciale coördinatiecentra ingesteld voor rampen. De mobiliteit en de communicatiemogelijkheden zijn toegenomen dankzij het toepassen van moderne mobiele telecommunicatiemiddelen.

De ervaringen opgedaan tijdens het hoogwater van begin 1995 zullen leiden tot aanpassingen van verschillende modellen, het bijstellen van de ontwerpafvoeren en het ontwikkelen van een beslissingsondersteunend systeem voor de beoordeling van de stabiliteit van waterkeringen.

Het ingezette dijkversterkingsprogramma dient volgens de TAW zo snel mogelijk te worden uitgevoerd.

1. INLEIDING

De hoogwaterperiode op de Rijn en Maas van januari-februari 1995 heeft in binnen- en buitenland voor veel beroering gezorgd. De Maas trad geruime tijd buiten haar oevers waarbij veel schade werd veroorzaakt. Door de lange duur van de hoogwatergolf steeg het water in de Limburgse Maasvallei op sommige plaatsen nog verder dan in 1993. Diverse dorpen en delen van steden langs de onbedijkte Maas werden geëvacueerd en de schade was daarmee naast materieel ook immaterieel. De directe schade door het hoogwater bedraagt naar schatting *f* 150 miljoen. De indirecte schade wordt geschat op een bedrag tussen 1 à 1,5 miljard gulden.



Buitendijks wonen heeft zijn plezierige kanten. De nabijheid van de rivier en de rust van de uiterwaarden ervaren veel mensen als een bijdrage tot het woongenot. De natuurlijke taak van de rivier is echter het afvoeren van regen- en smeltwater, waardoor de kans op onderlopen van hun huizen heel reëel is. Vroeger woonden mensen graag dicht bij de dijk, zodat in geval van hoogwater, zij juist op die dijk een veilig heenkomen konden zoeken.

Mede door de ervaringen met de hoogwaterperiode van 1993, was men goed voorbereid en konden op tijd de nodige voorzorgsmaatregelen worden getroffen, zoals het aanleggen van nooddijken. Hiermee kon op veel plaatsen worden voorkomen dat gebied onder zou lopen, zoals in de gemeenten Kampen, Arcen en Velden.

In Duitsland brak de waterstand op de Rijn veel records. Door zware regenval voerden de zijrivieren Moezel, Main en Neckar grote hoeveelheden water af. Doordat deze afvoertoppen samenvielen, ontstond op de Rijn tussen Koblenz en Keulen een extreme situatie. In Keulen bereikte de waterstand op 31 januari 1995 een niveau van NN+10,69 meter (overeenkomend met NAP+46,63 meter). Dit was hoger dan de hoogste bekende waterstand zonder ijsdammen.

In veel gevallen werd geen gebruik gemaakt van de bestaande overlaatsystemen in de verschillende deelstaten van Duitsland. Mede hierdoor werden de looptijden van de verschillende afvoergolven korter en steeg het water binnen relatief korte tijd tot zeer grote hoogten.

De waterstanden in Nederland in het bovenrivierengebied van Rijn, Waal en IJssel bleven iets onder de hoogste bekende waarden. Deze hoogste bekende waarden deden zich in dit gebied in verreweg de meeste gevallen voor tijdens de hoogwaterperiode van 1926. De hoogste bekende waterstanden op de Maas werden waargenomen tijdens de hoogwaterperioden van 1926 en 1993.

In 1926 zijn op grote schaal overstromingen voorgekomen. Daardoor was de druk op de dijken in niet overstroomde gebieden kleiner. Mede hierom was er voldoende reden om verschillende delen van het rivierengebied te evacueren, ondanks dat de voorspelde waterstanden op de Rijn onder die van 1926 lagen. De grondmechanische stabiliteit van diverse onversterkte dijkvakken kon onder de te verwachten omstandigheden niet meer worden gegarandeerd. Doorbraken van de primaire waterkeringen hebben zich echter gelukkig niet voorgedaan. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te wijzen :

- de theoretische modellen van de grondmechanische stabiliteit bevatten bij gebrek aan precieze gegevens vaak voorzichtige aannamen ten aanzien van grondparameters;
- de opgetreden waterstanden in het bovenrivierengebied bleven iets achter bij de voorspellingen;
- de voorspelde, zeer ongunstige (met name voor Kampen) windcondities deden zich niet voor;
- beheerders hebben op grote schaal maatregelen getroffen om gevaarlijke situaties te voorkomen of te bezweren.



Over de hele wereld waren beelden te zien van overstromende zomerkaden in combinatie met berichten over evacuaties. Hoewel de materiële en immateriële schade bijzonder groot was, kan er in technische zin niet gesproken worden van een ramp. Het overlopen van zomerkaden is een normaal en beheerst verschijnsel. Afgezien van het niet bedijkte gedeelte van Limburg is er tijdens het hoogwater van begin 1995 nergens een bewoond gebied ondergelopen door een doorgebroken of overgelopen dijk.

Het werkorgaan van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat heeft net zoals in 1988 en 1993 een inventarisatie laten maken van de situatie van de rivierdijken tijdens de hoogwaterperiode. Uit de rapportage over 1993 bleek dat communicatie tijdens een hoogwaterperiode een bijzonder belangrijke rol speelt. Daarom wordt er in dit verslag ook ingegaan op zaken als berichtgeving, interne en externe afstemming van informatie en contacten met verschillende bestuurslagen, ingelanden en pers. Uiteraard krijgt de beslissing om bepaalde gebieden te evacueren ook aandacht.

Evenals bij de eerdere hoogwaterverslagen beperkt de TAW zich tot de primaire waterkeringen langs de Rijn en Maas. Zomerkaden en andere niet-gereglementeerde kaden, die als waterkering fungeren krijgen geen of weinig aandacht. Dit betekent dat de situatie in Limburg langs het onbedijkte deel van de Maas niet wordt behandeld. Maar ook de wateroverlast in veel polders bijvoorbeeld langs het riviertje de Linge in de Betuwe, zal niet of slechts zijdelings aan de orde komen.

De inventarisatie bestond uit een verkenning en een evaluerende gespreksronde. Tijdens de hoogwaterperiode is een verkenning uitgevoerd langs de dijken door medewerkers van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat. Zij hebben verschijnselen aan of vlakbij de dijk beschreven en gefotografeerd. Deze verkenning is na de hoogwaterperiode aangevuld met evaluerende gesprekken met alle rivierdijkbeheerders die de primaire waterkeringen langs de Rijn, Waal, IJssel en Maas beheren. Deze gesprekken zijn gevoerd in de periode eind mei, begin juni 1995. De aandachtspunten in de inventarisatie waren:

- draaiboek en rampenplannen;
- waterstands- en weerinformatie;
- beoordeling sterkte van dijken;
- interne- en externe communicatie;
- beschadiging buitentalud;
- beschadiging binnentalud;
- wellen;
- verweking, kwel, opbarsten, opdrukken binnendijks terrein;
- afsluitbare doorgangen in de dijk (coupures) en objecten in of op de dijk die geen waterkerende functie hebben (bouwwerken, leidingen, kabels en beplantingen);
- afwijkingen van het gebruikelijke ruime dijkprofiel bestaande uit klei en zand (uitgekiende ontwerpen);
- genomen maatregelen (preventie, schadebeperking, verkeersregulatie);
- overige onderwerpen, zoals buitendijks gebied, afstemming en communicatie met derden.

De uitkomsten van de inventarisatie zijn aangevuld met gegevens van het KNMI over de weersomstandigheden (windsnelheid, windrichting, neerslag en temperatuur) en de waterstanden van het RIZA van Rijkswaterstaat in de hoogwaterperiode.

De bevindingen en gegevens uit de inventarisatie zijn beschreven in het rapport "De toestand van de rivierdijken tijdens het hoogwater van januari 1995", dat als een aparte TAW-publikatie is verschenen.



Onderaan het dijktalud aan de landzijde stroomt op sommige plaatsen te veel water door de dijk. De grond wordt daardoor modderig en verweekt. Juist dit stuk grond onderaan de dijk moet steun geven aan het talud dat de neiging heeft om naar beneden te glijden. In dit geval heeft het polderdistrict Groot Maas en Waal bij paal 370 in Dreumel een halve ring van zandzakken gestapeld. Hierdoor levert het stuwmeertje dat dan ontstaat, de benodigde tegendruk.

De nu voorliggende publikatie is een aanvulling met praktijkwaarnemingen op de reeds bestaande kennis en maakt duidelijk waar de kracht en de zwakte van de waterkeringen ligt tijdens extreme belastingen. De rapportage over een situatie die zich daadwerkelijk

heeft voorgedaan, leent zich goed voor het toetsen van ontwerpregels, (voorspellings- en berekenings)modellen en nieuwe technische constructies in de dijk, zoals afsluitmiddelen en damwanden.
Tevens is gebruik gemaakt van de resultaten van aanvullend onderzoek naar de piping-problematiek bij Opijnen. Met behulp van de meest recente technieken en aanvullend grondonderzoek ter plaatse is de mate van ondermijning door het mechanisme 'piping' en de resterende veiligheid in kaart gebracht.

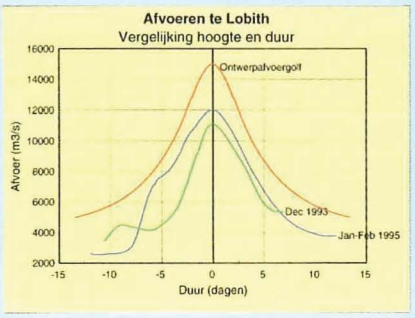
De analyse van de uitkomsten van de inventarisatie en de gesprekken hebben geleid tot een aantal conclusies en aanbevelingen voor het nemen van maatregelen, zowel voor lopend en toekomstig onderzoek, als voor het technisch en bestuurlijk beheer van rivier-dijken.

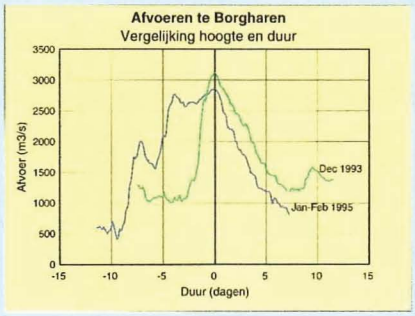
2. WATERSTANDEN EN OPGETREDEN VERSCHIJNSELEN

Afvoeren

Voor het beoordelen van een hoogwatersituatie is het gegeven afvoer (de hoeveelheid kubieke meter water die per seconde langsstroomt) belangrijker dan de waterstand zelf. De waterstand wordt beïnvloed door de (on)mogelijkheden om de afvoer te reguleren.

Rijkwaterstaat verricht sinds ongeveer 100 jaar betrouwbare waterstandsmetingen bij Lobith in de Rijn en bij Borgharen in de Maas. Deze waterstanden worden omgerekend naar afvoeren. Op grond hiervan worden schattingen gemaakt voor de kans op een zeldzaam hoge afvoer en waterstand.
De meetperiode van 100 jaar is eigenlijk te kort om gefundeerde uitspraken te doen over hele kleine kansen van voorkomen, zoals 1/1250 per jaar (gemiddeld eens per 1250 jaar). De twee laatste hoogwaters van 1993 en 1995 geven belangrijke nieuwe informatie en zijn daarmee aanleiding om de tot nu toe geldende uitgangspunten voor het berekenen van kansen te herijken.





De maximale afvoer op de Rijn tijdens het hoogwater van januari-februari 1995 bedroeg bij Lobith circa 12.060 m³/s. Dit is slechts 5% minder dan de hoogste bekende topafvoer van 1926. De hoogwatergolf van Kerstmis 1993 kende een topafvoer van 11.100 m³/s.

De vergelijking tussen 1993 en 1995 van het verloop van de afvoer bij Lobith laat zien, dat het hoogwater in 1995 langer heeft geduurd dan in 1993. Zo werd de topafvoer van Kerstmis 1993 door de afvoergolf van januari-februari 1995 met drie dagen overschreden.

De ontwerpafvoer voor dijkversterking langs de Rijn bedraagt 15.000 m³/s. Wanneer het hoogwaterverloop van 1995 en dat van 1993 wordt vergeleken met de in de TAW-leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken aangehouden ontwerpafvoergolf, dan blijkt de duur van beide hoogwaterperioden niet bijzonder lang te zijn.

De maximale afvoer van de Maas bij Borgharen bedroeg tijdens het hoogwater van januari-februari 1995 2861 m³/s. Tijdens de hoogwaterperiode van Kerstmis 1993 was de maximale afvoer 3120 m³/s. De ontwerp-afvoer voor de Maas bedraagt 3650 m³/s, zodat de situatie tijdens het hoogwater van januari-februari 1995 een kleine 800 m³/s gunstiger dan de ontwerp-waarde was.



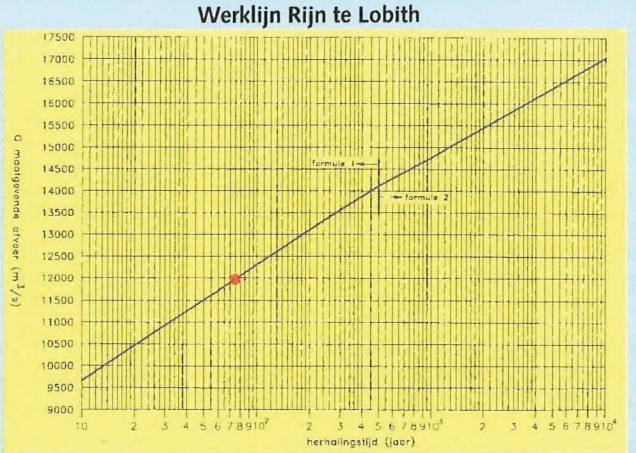
Op veel plaatsen ontstaat schade aan dijken. Door waterdruk worden grondkorreltjes van elkaar afgedrukt. Hierdoor kan de grond minder schuifkracht opnemen en dreigt af te schuiven. Op talloze plaatsen, zoals hier langs de Maas in Balgoij, kan men dit soort beschadigingen waarnemen. Deze leveren niet direct gevaar op voor een dijkdoorbraak. Tijdens hoogwater dienen zij wel regelmatig bewaakt te worden. Uiteindelijk moeten dit soort beschadigingen gerepareerd worden.

Uit een vergelijking van de duur van de hoogwatergolven van 1993 en die van 1995 blijkt ten eerste dat de Maas een veel grilliger afvoerverloop kent dan de Rijn. Verder is de duur van de afgelopen hoogwaterperiode van januari-februari 1995 in vergelijking met de Kerstafvoer van 1993 erg lang. De afvoer bij Borgharen is gedurende ongeveer vijf dagen bijna constant geweest op een niveau rond de 2700 m^3/s.

Waterstanden Rijn

In tegenstelling tot in Keulen zijn in Lobith geen records gebroken. De maximale waterstand in Lobith werd op 2 februari 1995 bereikt en bedroeg NAP+16,68 meter. De hoogste bekende waterstand in Lobith werd gemeten in 1926 en bedroeg NAP+16,93 meter. Sinds 1926 is door menselijk ingrijpen de rivierbedding gewijzigd. In de huidige situatie zou de maximale waterstand bij de in 1926 opgetreden afvoer NAP+16,83 meter bedragen.

Werklijn Rijn te Lobith



Met de decimeringshoogte wordt het waterstandsverschil bedoeld tussen een waterstand met een overschrijdingskans van 1/100 per jaar en een waterstand met een overschrijdingskans van 1/1000 per jaar.
De decimeringshoogte varieert langs de rivier door variaties in het dwarsprofiel en de oorzaak van de hoge waterstand (rivierafvoer, stormopzet of een combinatie van beide). Bij Lobith is de decimeringshoogte ongeveer 90 centimeter; bij de Pannerdense Kop ongeveer 70 centimeter; bij Nijmegen ongeveer 100 centimeter; bij Doesburg (IJssel) ongeveer 45 centimeter; bij Kampen (IJssel) ongeveer 60 centimeter.

De ontwerpwaterstand voor de Rijndijk (MHW: het Maatgevende HoogWater) bij Lobith bedraagt NAP+17,65 meter. Deze waterstand heeft de voorgeschreven overschrijdingsfrequentie van 1/1250 per jaar. De waterstand die begin 1995 optrad, had volgens de geldende statistieken voor de meeste plaatsen een overschrijdingsfrequentie van ongeveer 1/80 per jaar.

Het verschil tussen de opgetreden waterstanden en de MHW's varieerde op de Bovenrijn/Waal tussen de 70 en 130 centimeter. De kleinste verschillen traden daar op waar de decimeringshoogte relatief klein was.

Door gebruik te maken van de decimeringshoogten kan worden afgeleid dat de waterstand bij Zaltbommel een overschrijdingsfrequentie van ongeveer 1/50 per jaar bereikte. Verder benedenstrooms wordt deze frequentie nog hoger (d.w.z. de overschrijdingskans neemt toe).

Langs de IJssel tussen Doesburg en Kampen varieerden de verschillen tussen opgetreden waterstanden en MHW's tussen de 40 (Zutphen-Olst) en de 80 centimeter (Kampen). Bij Kampen had de opgetreden waterstand een overschrijdingsfrequentie van ongeveer 1/50 per jaar.

De dijk bij Angeren aan het Pannerdensch Kanaal is nog onversterkt. Volgens berekeningen zou het talud aan de landzijde kunnen afschuiven met dijkdoorbraak als gevolg. Tijdens het hoogwater van begin 1995 heeft het polderdistrict Betuwe in noodtempo een reusachtige steunberm aangebracht. Dit is een reactie op basis van berekeningen die op zich weer zijn gebaseerd op theoretische aannames. Het is altijd de vraag in hoeverre de berekeningen de werkelijkheid beschrijven.



Waterstanden Maas

De opgetreden maximale waterstand in Borgharen bedroeg NAP+45,71 meter. Deze stand werd bereikt op 31 januari 1995. De hoogste bekende waterstand is ook hier de waterstand van 1926. Destijds is NAP+46,05 meter gemeten. Net als in de Rijn is in de Maas de situatie inmiddels dusdanig veranderd dat de opgetreden afvoer van 1926 in de huidige toestand tot lagere waterstanden zal leiden. Rekening houdend met deze verandering is de hoogste waterstand die van 1993, namelijk NAP+45,90 meter.
De ontwerpwaterstand (het Maatgevende HoogWater) voor de Brabantse en Gelderse Maasdijken bedraagt bij Borgharen NAP+46,30 meter. In het bedijkte deel van de Maas waren de verschillen tussen de opgetreden waterstanden en de MHW's groter dan op de Rijntakken; gemiddeld 150 cm. Voor de Limburgse kaden geldt een lagere ontwerpwaterstand.

Windrichting en snelheden

Naast de duur van het hoogwater is het belangrijkste verschil met de situatie van Kerstmis 1993 de windbelasting. In 1993 is hier vrijwel geen sprake van geweest. De in 1993 opgetreden windsnelheid bleef beperkt tot windkracht 2 (minder dan 3 m/s). Dit heeft destijds de opgetreden belastingen zeer gunstig beïnvloed.



Aan de Veluwekant van de IJssel ligt een aantal dijktrajecten die geheel met bomen zijn begroeid. Boomgroei staat niet toe dat het dijktalud wordt beschermd door een stevige grasmat. Deze dijken zijn zeer zandig, golven krijgen dan ook makkelijk vat op het dijktalud. Oostenwind in combinatie met hoogwater heeft een zeer nadelig effect. Het dijktalud is goed in stand gebleven, omdat tijdens de afgelopen hoogwaterperiode geen noemenswaardige wind uit het oosten is gekomen.

Tijdens het hoogwater van januari-februari 1995 is er met name langs de Rijn, Waal en Maas sprake geweest van stevige windsnelheden in de orde van windkracht 5 tot 6 uit de zuidwestelijke richtingen. Bovendien werden er tijdens de hoogwaterperiode bijzonder ongunstige windvoorspellingen (noordwest 7-8) afgegeven. Dergelijke windsnelheden zouden de situatie in de meer benedenstrooms gelegen gebieden (Kampen, Dordrecht) zeer nadelig hebben beïnvloed.

Overige belastingen

De bekleding van rivierdijken bestaat in de meeste gevallen uit klei met een grasmat. Onder overige belastingen worden hier verstaan de nadelige invloed van scheepsgolven en drijfvuil op de bekleding van het buitentalud. Andere bijzondere belastingen hebben zich niet of nauwelijks voorgedaan. De scheepvaart is tijdens de hoogwaterperiode gedurende een week stilgelegd. Hierdoor is een (extra) golfbelasting op het buitentalud voorkomen.

Door de optredende windgolven is het buitentalud op verschillende plaatsen behoorlijk belast. Deze belasting wordt lokaal door (grof) drijfvuil verzwaard.

Bij hoogwater sleurt de rivier los materiaal mee dat in de uiterwaarden in ooibossen en bij boerderijen of fabrieken ligt. Dijkwachters trekken de grootste stukken drijfvuil hoog het dijktalud op, buiten het bereik van het water. Hierdoor voorkomt men beschadiging van de dijk. De waterschappen ruimen het natte en zware vuil zo snel mogelijk op om verstikking van het beschermende gras te voorkomen. Dit plaatst hen voor hoge kosten.



De kans op hoogwater

Hoogwater is een regelmatig voorkomend verschijnsel. De laatste zeventien jaar is de Maas vijf keer en de Rijn zes keer flink buiten de zomerbedding getreden. De kans dat een bepaalde hoogwaterstand optreedt, wordt berekend op grond van een statistische bewerking van de gemeten waterstanden in de laatste eeuw.

De waterstanden van de Maas worden sinds 1911 en die van de Rijn sinds 1901 op een betrouwbare wijze gemeten. Op basis van deze metingen formuleert Rijkswaterstaat zogenaamde werklijnen die de geschatte overschrijdingsfrequentie van de opgetreden afvoeren uitdrukken. Deze werklijnen zijn het resultaat van het onderzoek ten behoeve van de beide commissies Boertien. Zij vormen het uitgangspunt voor het ontwerpen, verzwaren en verhogen van dijken. Voor de Rijn bedraagt de overschrijdingsfrequentie van de opgetreden afvoer ruim 1% per jaar. Voor de afvoer van Kerstmis 1993 bedraagt de overschrijdingsfrequentie ruim 3% per jaar.

Eveneens volgens de werklijnen van de commissie Boertien heeft de Maas-afvoer van 1995 een overschrijdingsfrequentie van 1/100 (1%) per jaar. De afvoer van Kerstmis 1993 had een overschrijdingsfrequentie van ongeveer 1/150 (0,7%) per jaar.

Met behulp van statistische technieken worden de overschrijdingskansen bepaald. Hierbij spelen de waarnemingen tijdens de afgelopen jaren en dan met name de extreme afvoeren een belangrijke rol. Zo zullen - volgens de huidige methode - zowel de hoge afvoeren van 1993 en 1995 van invloed zijn op de werklijnen en daarmee op de ontwerpwaarden voor de rivierafvoeren.
Deze invloed kan aanzienlijk zijn. Zo zal volgens de huidige methode de ontwerpafvoer voor de Rijn onder invloed van de topafvoeren van 1993 en 1995 toenemen van 15.000 m^3/s tot ruim 16.000 m^3/s. Dat betekent een verschil in kruinhoogte van de dijken van maximaal 30 cm. Op de ontwerpafvoer van de Maas is de invloed van de topafvoer geringer, omdat het hoogwater van 1993 al in de werklijn was verwerkt.

Om deze reden is een regelmatige toetsing van de ontwerpuitgangspunten noodzakelijk. Dit geldt overigens niet alleen voor de rivierafvoeren, maar ook voor de andere factoren die het waterkerend vermogen van de dijken bepalen zoals wind en golven.

Aangezien het aantal extreme hoogwatersituaties in de praktijk beperkt is, zijn betrekkelijk weinig waarnemingen mogelijk. Dat betekent dat berekeningen van de kansen op overschrijding nogal wat onzekerheden bevatten. Deze onzekerheid neemt nog toe naarmate de overschrijdingskansen van extremere afvoeren moeten worden geschat.
Het verzamelen van zoveel mogelijk gegevens hierover is belangrijk, maar nog belangrijker is het vergroten van het inzicht in het fysische afvoergedrag van de rivier en betere mogelijkheden dit gedrag te modelleren.

Modellen en onzekerheden
Ondanks alle verzamelde kennis bevatten de huidige modellen voor ontwerpafvoer nog een aanzienlijk aantal onzekerheden. Uitgedrukt in waterstanden moet hierbij eerder gedacht worden aan decimeters dan aan centimeters. Tot dusver werd bij het ontwerpen van rivierdijken vrijwel geen rekening gehouden met deze onzekerheden in het model. Het ontwerp wordt voornamelijk gebaseerd op MHW, dat wil zeggen de waterstand behorend bij de ontwerpafvoer. In de praktijk ontwerpt men de dijken hoger om rekening te houden met de onzekerheden in de MHW's.

Los van de onzekerheid over de kansverdeling van extreme afvoeren, speelt bij de beoordeling van de opgetreden afvoerreeks het volgende een rol. Er bestaan hardnekkige misverstanden over de interpretatie van het begrip overschrijdingskans. Bij een waterstand of afvoer kan een kans (of beter frequentie) worden genoemd, zoals '1/80 per jaar of gemiddeld 1 keer per 80 jaar'. In het spraakgebruik wordt het woord gemiddeld weleens weggelaten, waarmee ongewild de verkeerde suggestie wordt gewekt dat als in een jaar de bij de overschrijdingskans horende afvoer wordt gehaald, dit de komende 79 jaar niet meer zou kunnen voorkomen.

De kans op het hoge water in de Rijn en zijn takken zoals gemeten in de afgelopen periode bedroeg statistisch éénmaal in de 80 jaar, oftewel 1,25%. De kans dat volgend jaar wéér een dergelijk hoog water of hoger optreedt, blijft volgens hetzelfde model nog steeds 1,25%.
Voor de topstand van 1993 geldt éénmaal in de 30 jaar, oftewel ruim 3%. Deze kans blijft voor elk jaar op hetzelfde niveau, dus weer ruim 3%.

Op zich lijken dit geringe percentages. Iemand die na het hoogwater in 1995 geboren is, en een leven lang (stel 80 jaar) woont in het stroomgebied van de Rijn, heeft echter een kans van ongeveer 64% om één of meer waterstanden mee te maken die minstens zo hoog zijn als die van januari-februari 1995. Met andere woorden er is slechts een kans van 36% om in die periode géén hoogwater van dezelfde orde mee te maken.

Bescherming door rivierdijken

Langs de Rijn en zijn zijtakken zijn er in het Nederlandse gebied waterkeringen, vooral rivierdijken, die op een aantal plaatsen worden afgewisseld met hoger gelegen gronden, zoals de Wageningse Berg. De Maas stroomt vanaf de Nederlandse grens door een gebied

dat begrensd wordt door hoger gelegen gronden. Dit gedeelte van het stroomgebied van de Maas wordt veel breder bij hoogwater dan dat van de Rijn omdat hier geen rivierdijken zijn aangelegd. De rechteroever is vanaf Mook (bij grens van Limburg en Brabant) voorzien van dijken, de linkeroever vanaf Boxmeer.

Veel watertermen gaan uit van het land. Buitendijks betekent 'buiten de dijk' gerekend van de landzijde. Vaak betreft dit aantrekkelijke gebieden waar het goed toeven is. Dichtbij de rivier in de rust van de uiterwaarden. Het is wel een gebied dat bij een grote waterafvoer kan onderlopen. Dat is nodig om het regen- en smeltwater te kunnen afvoeren. Buitendijks bouwen wordt afgeraden omdat het bij hoogwater overlast betekent voor bewoners en gebruikers. Maar het kan ook de doorstroomcapaciteit van het zogeheten winterbed verminderen.



De dijken langs de grote rivieren worden momenteel versterkt. In het bovenrivierengebied (daar waar geen invloed van de zee is op de waterstanden in de rivieren) wordt bij de versterking rekening gehouden met een hoogwaterstand die in de eerstkomende 80 jaar (een mensenleven) een kans heeft van 6 à 7 % om voor te komen, in vaktaal 1/1250 per jaar. Deze waterstand wordt de maatgevende hoogwaterstand genoemd (MHW). De kans dat de rivierdijk bij deze waterstand overstroomt is in de praktijk kleiner. De dijken worden hoger gemaakt dan de maatgevende waterstand, omdat rekening wordt gehouden wordt met een hoge golfslag op de rivier door sterke wind. Deze golfslag treedt echter niet noodzakelijkerwijs op. Bijvoorbeeld in 1995 wel in 1993 nauwelijks.
Bij het ontwerpen van rivierdijken wordt rekening gehouden met een marge voor golfslag. Deze marge is minimaal 0,50 m en kan oplopen tot 2,00 m, afhankelijk van de strijklengte en oriëntatie van het dijkvak ten opzichte van de dominante windrichting.

De grens van land en water trekt recreanten. Maar deze grens is geen vaste lijn en soms - vaak 's winters - eigent de rivier zich de uiterwaard toe waar zij recht op heeft. Voor de recreant is het altijd weer een gok of het de kosten en moeite loont om de caravan een droog winteronderkomen te bieden.



Bescherming van buitendijks gelegen gebieden

Het buitendijkse gebied heeft een belangrijke functie voor het rivierbeheer tijdens hoogwater. Het vollopen van het winterbed zorgt ervoor dat het afstromende water minder wordt tegengehouden en daardoor minder wordt opgestuwd dan in het geval het rivierwater gedwongen wordt bijvoorbeeld door hoge kaden binnen het zomerbed te blijven. De bergingscapaciteit van het winterbed bepaalt daarmee de stand van het water in het benedenstrooms gelegen gebied. Deze berging zorgt voor afvlakking van de topafvoer.

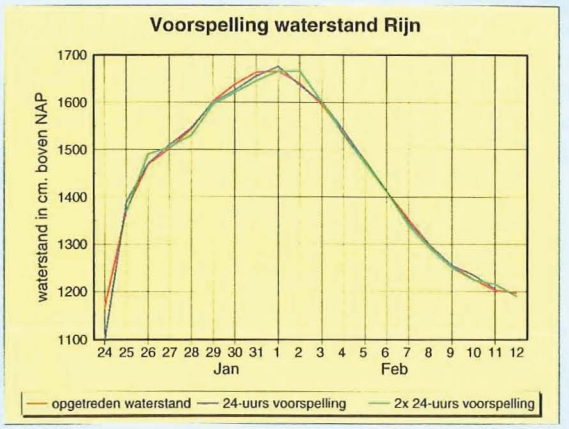
Rijkswaterstaat heeft met de Rivierenwet een instrument in handen om het rivier- en stroombelang te waarborgen. Activiteiten en bouwwerken die van invloed zijn op de bergings- of afvoercapaciteit, kunnen verboden worden. Er zijn echter ook plaatsen in het overstroombare gebied waar activiteiten en bouwwerken geen belemmering vormen voor de capaciteit of de afvoer. Rijkswaterstaat kan deze activiteiten of bouwwerken daarom niet verbieden. Degenen die er voor kiezen op die plaatsen te gaan bouwen en activiteiten uit te gaan voeren, moeten echter wel rekening houden met wateroverlast indien de rivier buiten zijn oevers treedt.
De trend om buitendijks gelegen gebieden beter te beschermen tegen wateroverlast in verband met toegenomen investeringen en/of bewoning, acht de Technische Adviescommissie vanuit het waterkeringsbelang ongewenst gezien de effecten ervan op de capaciteit van het winterbed, de effecten op de afvoer en de beperkingen die het kan opleggen bij het uitvoeren van dijkversterkingsplannen.



Bij de bouw aan de kade van Nijmegen is er rekening mee gehouden dat de kade met een zekere regelmaat overstroomt. In de pilaren zitten sponningen waarin de gemeente bij hoogwater een dubbele rij schotbalken plaatst. Waterdichtheid wordt verkregen door daartussen zand, klei of mest aan te brengen. De balken zijn genummerd. Als zij moeten worden geplaatst is er meestal weinig tijd voor uitzoekwerk en aanpassingen.

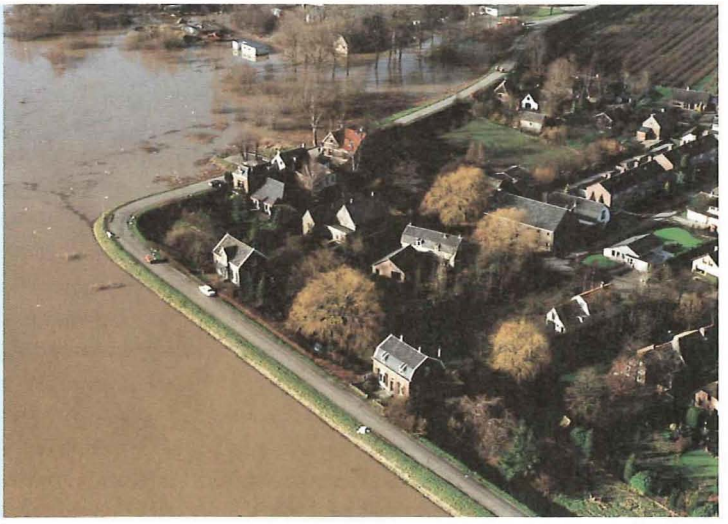
Voorspellingen

Bij het opstellen van de voorspelde waterstanden op de grote rivieren, wordt rekening gehouden met de neerslag in het stroomgebied. Hierdoor kunnen betrouwbare voorspellingen voor Rijn en Maas worden afgegeven 24 uur respectievelijk 48 uur vooraf. Voor het opgetreden hoogwater wijken deze voorspellingen maximaal 10 centimeter (24 uur vooruit) en 20 centimeter (48 uur vooruit) af.



In sommige gevallen is het wenselijk over voorspellingen te beschikken die een langere periode beslaan. In dichtbevolkte gebieden moet de beslissing tot evacuatie vroegtijdig worden genomen. Ook in gebieden waar ingrijpende noodvoorzieningen moeten worden aangelegd, zoals de nooddijken in Deventer en Kampen, zijn lange-termijnvoorspellingen zeer gewenst. Ook voor de beslissing om overlaten in Duitsland wel of niet in werking te stellen zijn dergelijke voorspellingen van belang. De overlaatgebieden zijn bewoond en voorzorgsmaatregelen voor de noodzakelijke verplaatsing van de bevolking zijn daarom noodzakelijk.

Begin februari 1995 kondigt de winterzon het einde van de hoogwaterperiode aan. Het verschil tussen buiten- en binnendijkse bebouwing wordt schrijnend duidelijk op deze luchtfoto van de Waal bij Opijnen.



Technisch is het in principe mogelijk om langere-termijnvoorspellingen te doen door gebruik te maken van voorspelde neerslag en andere voorspelde klimatologische parameters. De betrouwbaarheid van de lange-termijnvoorspelling wordt echter beïnvloed door de betrouwbaarheid van deze extra invoer. Bij de besluitvorming over evacuatie of inwerking stellen van overlaten zal de mindere betrouwbaarheid van dergelijke lange-termijnvoorspellingen een belangrijke rol gaan spelen.

Zo zijn in meer en meer draaiboeken waterstandscriteria opgenomen. Overschrijding van deze criteria leidt in veel gevallen 'automatisch' tot een bepaalde actie. De onzekerheid in de voorspelde waterstanden maakt het noodzakelijk hier genuanceerd mee om te gaan om automatismen zoveel mogelijk te voorkomen. Tevens zullen de voorspellers van de belangrijkste waterstandscriteria zich goed bewust moeten zijn van de maatschappelijke effecten van hun voorspellingen.



De nooddijk bij Kampen is aangelegd op basis van zowel de waterstands- als weervoorspellingen. Deze leken dermate ongunstig dat besloten werd tot deze noodmaatregel.

Opgetreden verschijnselen

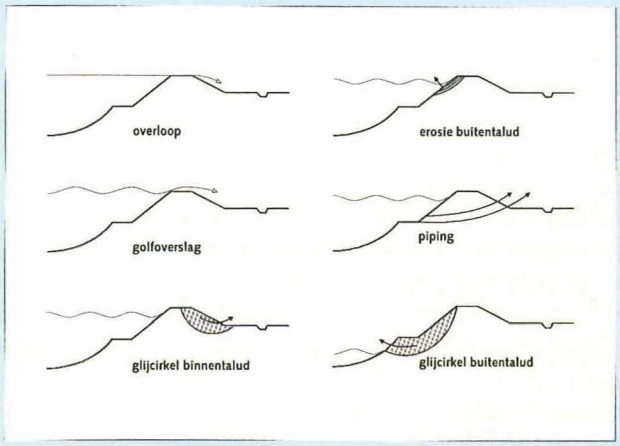
De belangrijkste mechanismen die tijdens of vlak na hoogwater ertoe kunnen leiden dat een rivierdijk de waterkerende functie niet meer kan vervullen of zelfs bezwijkt, betreffen het afschuiven van het buiten- of binnentalud, erosie van het buiten- of binnentalud, overlopen, golfoverslag en wellen. Tijdens de verkenning en de gespreksronde bij de beheerders is geïnventariseerd of deze mechanismen zijn voorgekomen. Bovendien is onderzocht of op of rond bijzondere constructies en niet waterkerende objecten in de dijk zich nog bijzonderheden hebben voorgedaan die wijzen op mogelijk falen of bezwijken van de dijk. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de opgetreden verschijnselen.

Beschadiging buitentalud

Erosie

Door golfaanval en grote stroomsnelheden van het water kan erosie van het buitentalud optreden met als mogelijk gevolg dijkdoorbraak. Golfaanval kan optreden door windgolven en door haalgolven veroorzaakt door scheepvaart. Ook kan losdrijvend wrakhout in combinatie met golven beschadigingen veroorzaken. De mate van erosie is sterk afhankelijk van de gebruikte bekleding en de conditie ervan. Bij de rivierdijken betreft het meestal een grasmat op een kleilaag. De conditie van de grasmat wordt zowel bepaald door de ondergrond, het beheer en onderhoud, als het gebruik dat van de grasmat wordt gemaakt (recreatie, overbemesting, beweiding met groot vee, beweiding tijdens natte

Een dijk kan op veel manieren dusdanig belast worden, dat de waterkerende functie in gevaar komt. De belangrijkste faalmechanismen zijn overlopen, golfoverslag, afschuiven binnentalud, erosie buitentalud, wellen (ook piping genoemd) en afschuiven buitentalud



perioden, biologische activiteiten, etcetera). Een grasmat is pas enige tijd na aanleg op voldoende sterkte. Alleen plaatselijk, waar de dijk blootstaat aan zware golfaanval door het water, wordt een harde bekleding, zoals steen, toegepast. De overgang van gezette steen naar gras is vaak gevoelig voor erosie als gevolg van een slechte groeiconditie voor het gras en de grotere ruwheid van de grasmat ten opzichte van de onderliggende bekleding.

Erosie van het buitentalud heeft zich vooral voorgedaan op die plaatsen waar de grasmat in slechte conditie was. Voorbeelden van dergelijke plaatsen waren het traject Opijnen-Heesselt, het traject langs de Fraterwaard bij Doesburg en het traject Lent-Oosterhout. De opgetreden schade aan het buitentalud blijkt vooral samen te hangen met beheersvormen, die leiden tot zeer erosiegevoelige grasmatten. Bij Opijnen-Heesselt is dat klepelmaaien, waarbij het gemaaide gras op het talud blijft liggen. Bij de Fraterwaard is er sprake van overbemesting en overbegrazing door jong hoornvee. De taludhelling voor de onderzochte trajecten varieerde tussen 1:1 en 1:3.

Afschuiving

Indien afschuiven van het buitentalud optreedt, is dit meestal na een periode van hoogwater gevolgd door een snelle val van de waterstand. Door de snelle val verdwijnt de stabiliserende druk van de hoge waterstand. In combinatie met een hoge grondwaterstand kan dit tot afschuiving leiden.

Hoewel het optreden van dit mechanisme zeker niet denkbeeldig is, heeft het tijdens het afgelopen hoogwater buitensporig veel aandacht gekregen. Ten eerste is kans op het optreden van een zogenaamde buitenwaartse afschuiving bij vallend water relatief klein. Een oriënterende studie in het kader van de Concept Leidraad Toetsen op Veiligheid heeft uitgewezen dat onder de opgetreden omstandigheden en met een aantal relatief ongunstige aannames de kans op een buitenwaartse afschuiving van dijken met een steil buitentalud (steiler dan 1:2) slechts in de orde van 1% is. Ten tweede is de dreiging van een afschuiving direct gevolgd door een inundatie relatief beperkt. Bij dalende waterstanden hebben beheerders bovendien enige tijd om de schade te herstellen voordat zich een nieuwe hoogwatertop kan voordoen. Voorwaarde is wel dat de schade tijdig wordt opgemerkt. Waakzaamheid blijft dus geboden.

Specifieke situaties
Bij dijkpaal 213 aan de Lek (nabij de Culemborgse spoorbrug) in het hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden werd in het buitentalud door zware golfslag en waarschijnlijk door drijfhout een gat geslagen van 15 m lang, 2 m breed en 0,5 m diep. Het gat werd direct opgevuld met zandzakken, afgedekt met geotextiel, met pennen en baddingen gekramd en weer afgedekt met zandzakken.

Langs de Waal, in het polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden vond op een groot aantal plaatsen erosie of beschadiging aan het buitentalud plaats. Geconstateerd werd dat veel beschadigingen aan de buitenzijde zaten op plaatsen waar lichtmasten staan. Op deze plekken is in het verleden dus gegraven in de dijk. Op grond daarvan is het advies gegeven om in de toekomst alle lichtmasten aan de binnenzijde te plaatsen.

Bij Hurwenen aan de Waal in het polderdistrict Maas en Waal werd scheurvorming geconstateerd in het asfalt van het buitentalud. Er werd een steunberm aan het binnentalud aangebracht van 1.500 m^3. Op enkele plaatsen werd schade door golfaanval op het buitentalud gesignaleerd op de grens tussen het basalt en het gras. Ter verdediging werden zandzakken geplaatst.

Op donderdag 2 februari viel er een gat in de kruin van de Kerkhofdijk aan de IJssel in het waterschap Oost-Veluwe van 1m^3. Het gat kon onmiddellijk worden gerepareerd. Ook werd lichte erosie geconstateerd aan het buitentalud van de Bomendijk.



Het losse materiaal dat in de rivier drijft, vormt een bedreiging voor de dijk. Het is voor dijkbeheerders zaak deze storende invloeden zo snel mogelijk te elimineren. Voortdurende controle en waar nodig ingrijpen is dan het parool.

In het waterschap IJsselland-Baakse Beek aan de IJssel ontstonden beschadigingen aan het buitentalud door haalgolven, wrakhout en windgolven. De afslag van het talud bedroeg tussen 0,25-0,75 m^3 per meter. De meeste afslag vond plaats tussen hmp 49.50 en hmp 69.00. De beschadigingen ontstonden tussen 1 en 3 februari. Op 1 februari tastte een zeer krachtige golfslag het dijktalud aan bij markering 904 over een lengte van 200 meter. De afkalving hield geen direct gevaar in voor het dijklichaam, maar werd wel extra gecontroleerd.

In het waterschap De Berkel aan de IJssel dreef door opwaaiing gedurende de gehele hoogwaterperiode veel drijfhout tegen de buitentaluds. Op woensdag 1 februari werden spoelgaten in het buitentalud bij Den Elter opgevuld met zandzakken. Op donderdag 2 februari werden twee spoelgaten in het buitentalud ter hoogte van de "Waarden" geconstateerd en met zandzakken opgevuld.

Door de zuidwestelijke wind ontstond in het waterschap Salland aan de IJssel op enkele plaatsen lichte schade door golfoploop. Deze schadeplekken werden met nylondoeken afgedekt om meer schade te voorkomen. De schade ontstond mede door de zanderige taluds. Door drijfvuil (boomstammen e.d.) tijdig hoog op de dijk te leggen, werden verdere beschadigingen voorkomen.

Op het dijkvak Oeffelt langs de Maas, in het waterschap De Maaskant werden krammatten aangebracht ten behoeve van bescherming van het talud. Dit was gedeeltelijk nog onbegroeid, als gevolg van de recent uitgevoerde dijkverbetering. Nabij het sportpark Oeffelt werd op diverse plaatsen doek aangebracht wat enige afspoeling van de kleilaag overigens niet heeft weten te voorkomen. Ter bescherming van het talud tegen de sterke stroming werden krammatten en zandzakken aangebracht bij "de Rijtjes" te St. Agatha. Tussen hectometerpaal 618 en 720, bij Kessel, kalfde een stuk buitentalud af. Dit leverde echter geen direct gevaar op.

Beschadiging binnentalud

Erosie

Ten gevolge van zware regenval, golfoverslag en hoge waterstanden kan erosie optreden van het binnentalud. Bij zware regenval kan door de afvoer van het regenwater aan de oppervlakte het binnentalud plaatselijk eroderen. Dit uit zich in het ontstaan van geulen in het talud. Over het algemeen biedt de grasmat voldoende bescherming tegen deze vorm van erosie. Dit is overigens wel afhankelijk van de goede conditie van de grasmat.

Afschuiving

Bij hoogwater is er meestal sprake van grondwaterstroming door het dijklichaam. De waterspanning neemt dan toe waardoor de gronddeeltjes minder vast op elkaar drukken en de stevigheid afneemt. Dit kan leiden tot het afschuiven van een deel van het binnentalud.

Watergolven op de dijk bij Haalderen. Door de sterke zuidenwind kregen de rechteroevers van de Waal en Rijn te maken met relatief hoge waterstanden en oploop van de door de wind opgewekte golven. Bij aanleg van dijken wordt met deze effecten rekening gehouden door de dijken hoger te maken dan de te verwachten waterstand. Deze extra hoogte wordt waakhoogte genoemd.





De beroemdste scheur ooit in een dijk ontstaan. In 1926 werd op vrijwel dezelfde plaats bij Ochten een scheur in de lengterichting van de dijkweg geconstateerd. Dat is hèt signaal dat een dijk beweegt. Dit kan het begin zijn van verder onderuit schuiven, maar het kan ook dat het talud zich in een stabielere positie heeft gemanoevreerd.

Specifieke situaties

Langs de Waalbandijk te Ochten in het polderdistrict Betuwe tussen hectometerpaal (N) 110-112 werd op woensdagochtend scheurvorming op circa één meter uit de buitendijkse zijde van de asfaltverharding geconstateerd. Aanvankelijk bedroeg de lengte 20 à 30 meter, doch deze breidde zich snel uit tot bijna 200 meter. Onmiddellijk werd groot alarm geslagen bij het Regionaal Coördinatie Centrum (RCC) te Tiel en het Provinciaal Coördinatie Centrum (PCC). Via het RCC Tiel kwam militaire bijstand. Een contingent van 150 man legde zandzakken en nylon doek. Enkele duikers waren beschikbaar voor het onder water vastmaken van het nylon doek en enkele pontons. De meest ingrijpende maatregel was echter het aanbrengen van een zandberm aan de landzijde.





Het polderdistrict Betuwe heeft het zekere voor het onzekere genomen en de dijk bij Ochten aan de landzijde grootschalig gestabiliseerd. Aan de rivierzijde van de dijk is een met zandzakken verzwaard doek aangebracht.

Aan de Waalbandijk tussen de Ambachtstraat te Haalderen en Sprokkelenburg te Lent, in het polderdistrict Betuwe, werden noodsteunbermen van zand aangebracht (25.000 m^3). Bij een kolk bij Wijnfort ontstond geringe afschuiving aan de binnenzijde van het talud. Iets verderop bleek een bestaande scheur aan de binnenkant van de verharding wat langer te zijn geworden. Hiervoor werd extra controle ingezet. Deze gaf geen directe aanleiding tot het nemen van verdere maatregelen. Bij hectometerpaal 275.2 (O) werd een konijnehol onderin de binnenteen geconstateerd. Hier gaf de ingezette extra controle wel aanleiding tot ingrijpen. Het gat werd gedicht in de nacht van 2 op 3 februari.

Bij Angeren op de Rijnbandijk in het polderdistrict Betuwe was sprake van uittredend water. Bij hectometerpaal (O) 52 werd een kleine scheur in de asfaltverharding aan de binnenzijde geconstateerd. Ter beveiliging werd een zandberm aangebracht. Datzelfde gebeurde, om dezelfde reden, bij hectometerpaal (O) 48-60. De zandberm had hier een volume van 15.000 m^3.
De Malburgsedam ter hoogte van de voormalige steenfabriek werd aangevuld met 4.000 m^3 zand. De kolk te Driel werd aangevuld (3.000 m^3), overigens conform het bestaande versterkingsplan. Bij hectometerpaal (O) 301.1 werden twee konijnegaten dichtgemaakt met zandzakken binnendijks. Ter hoogte van hectometerpaal (N) werden 18 kleinere gaten in het binnentalud geconstateerd. Zij werden echter niet beoordeeld als een gevaar voor de stabiliteit. De binnendijkse kade (evenwijdig aan de bandijk) bij hectometerpaal (N) 118 werd verzwaard rond een ontzanding. Het peil in de naastgelegen watergang werd opgezet om voor benodigde tegendruk te zorgen. Dit leidde tot enige overlast die echter gegeven de omstandigheden verantwoord werd geacht.

Nadat het water al weer was gezakt, trad onder Schoonhoven aan de Lek micro-instabiliteit op door kwelwater bij een teensloot. Dit vereiste geen directe maatregelen maar is wel een aandachtspunt voor de toekomst.

Langs het Heusdensch kanaal bij Wijk en Aalburg schoof het binnentalud circa 30 cm af. De oorzaak van de afschuiving was een te zwaar aangelegde oprit in combinatie met het opdrukken van de kleilaag. Het wegvak werd afgesloten voor verkeer.



Wat verder van het perscentrum in Tiel ontstond in de dijk bij Wijk en Aalburg in het Land van Altena ontstond een uit 1993 bekende scheur van ongeveer 10 cm. Het hoogheemraadschap Alm en Biesbosch constateerde na onderzoek dat het opdrukken van de kleilaag achter de dijk enig stabiliteitsverlies veroorzaakte. Geoordeeld werd dat grootscheepse maatregelen niet direct nodig waren. Dit oordeel is juist gebleken.

Wellen, zandmeevoerende wellen en piping

In het landschap dat door de Nederlandse rivieren wordt doorsneden, bevindt zich aan het oppervlak veelal een min of meer waterondoorlatende (klei)laag. Onder deze laag ligt meestal zand dat het water wel goed doorlaat. Bij hoogwater kan de waterdruk in de goed doorlatende laag sterk oplopen. Het gevaar bestaat dat de kleilaag die daar bovenop ligt door deze druk zal opbarsten. Wanneer dit gebeurt kan het grondwater gaan stromen op het grensvlak van zand en klei en daarbij het korrelige zandmateriaal meevoeren. Hierdoor kunnen gangen ontstaan (pipes). Het water kan dan ongecontroleerd en geconcentreerd uitstromen al dan niet met meevoering van zand. Indien de hoeveelheid meegevoerd zand groot is kan dit leiden tot ondermijning van het dijklichaam en het bezwijken daarvan. In het verleden zijn vele verzakkingen en doorbraken van dijken ontstaan als gevolg van zandmeevoerende wellen. Een voorbeeld hiervan is de doorbraak van de dijk bij Zalk in 1926. Tijdens het hoge water van 1995 manifesteerde zich in het waterschap IJsseldelta een grote speciemeevoerende wel aan de binnenteen van de waterkering. Deze werd door middel van filterdoek, drainagemateriaal en zandzakken onder controle gehouden.



Een opgekiste wel bij paal 215 achter de IJsseldijk bij Westervoort die water vrij laat uitstromen en zand tegenhoudt. De druk van het IJsselwater aan de andere kant van de dijk perst het grondwater onder de dijk door. Op een zwakke plek baant het zich een weg naar boven met meevoering van zand. Medewerkers van het waterschap hebben over deze zwakke plek geotextiel gelegd, zodat er geen grond onder de dijk kan uitspoelen.

Wellen kunnen op een groot aantal plaatsen ontstaan. Veelal op de bodem van de sloot en op de insteek van de sloot achter de dijk, op plaatsen van overkluizingen (duikers), op plaatsen waar boorgaten voor grondmechanisch onderzoek of peilbuizen zijn gemaakt, bij niet waterkerende objecten en kunstwerken en op plaatsen waar door ontgravingen de afsluitende lagen worden doorbroken.

Voor het treffen van maatregelen ter voorkoming of beperking van gevaarlijke zandmeevoerende wellen, zijn door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen ontwerpregels en aanbevelingen opgesteld. De meest toegepaste noodmaatregelen zijn het afdekken van de wel met zanddicht waterdoorlatend doek en het verhogen van tegendruk door het opzetten van het waterpeil door het aanbrengen van een ring zandzakken of het afdammen van de sloot.



Piping of onderloopsheid ontstaat vanuit punten, waar de grondwaterstroming uittreedt. Dit is vaak een slootbodem. Als zo'n bodem slechts door een dunne kleilaag is gescheiden van een goed doorlatend watervoerend zandpakket, kan de slootbodem opbarsten door de waterdruk. Het uittredende kwelwater kan vervolgens zand meevoeren. Het afgevoerde zand wordt als een krater rond de wel gedeponeerd. Het volume van het meegevoerde zand kan aanzienlijk zijn, tot wel enkele kubieke meters aan toe.

Door de erosie kan het kwelwater naar een groter oppervlak afstromen, waardoor de plaatselijke grondwaterdruk afneemt. Neemt deze druk zodanig af dat het zand tot rust komt, dan voert de wel geen zand meer af en bestaat er een evenwicht. In die toestand wordt zand in de schacht van de krater door het kwelwater in beweging gehouden. Dit zogenaamde fluidisatieverval kan een belangrijke bijdrage leveren aan de sterkte van de waterkering ten aanzien van piping. Bij hogere rivierstanden echter zal de lengte van het erosiekanaal verder toenemen en is er een zekere kritieke waarde, waarboven de erosie niet meer zal stoppen. De erosie neemt dan progressief toe, waarna de dijk binnen korte tijd kan bezwijken.

Tijdens hoogwater ontstaan er door piping zandmeevoerende wellen op ongeveer 100 meter uit de dijk bij Opijnen, een dorp in een noordelijke bocht van de Waalbandijk. Op deze locatie is een nadere analyse uitgevoerd gericht op de toepassing van recent ontwikkelde rekentechnieken.
Ook het afgelopen hoogwater is er bij Opijnen een behoorlijke hoeveelheid zand afgevoerd en het is dan ook de vraag in hoeverre de dijk door het mechanisme piping is ondermijnd. Voor het antwoord op deze vraag wordt op basis van de ontwerpregel van Sellmeijer een model toegepast waarmee de erosielengte en dus de mate van ondermijning kan worden berekend. Hiertoe is grondonderzoek ter plaatse uitgevoerd om minimale onzekerheid over de toe te passen parameters te hebben.

De resultaten van het onderzoek geven aan dat bij het opgetreden verval van 4,60 meter de ontwikkelde erosielengte circa 17 meter bedraagt. Deze lengte verklaart de grote hoeveelheden zand die bij het optreden van het mechanisme piping worden afgezet. Tevens blijkt uit de berekeningen dat het bezwijkverval van de dijk bij Opijnen ten aanzien van het mechanisme piping ongeveer 5,30 meter bedraagt. Bij een dergelijk verval is de erosielengte circa 30 meter en zal de waterkering vervolgens worden ondermijnd. Er is dus nog een zekere marge aanwezig.

Specifieke situaties
Zandmeevoerende wellen zijn tijdens hoogwater een veelvoorkomend verschijnsel bij rivierdijken. Een eenmaal ontstane wel komt bij een volgend hoogwater vaak weer terug



De misschien wel gevaarlijkste situatie tijdens het hoogwater van begin 1995 deed zich voor bij Lexmond aan de Lek. Een meetbuis gaf aan dat de waterdruk aan de landzijde vrijwel gelijk was aan de waterdruk in de rivier. Dat duidde op een vrijwel open verbinding onder de dijk door tussen rivier en land. De situatie kon beheersbaar blijven door onmiddellijk een omvangrijke zandberm aan te leggen.

op dezelfde plek. De beheerder inspecteert daarom nauwlettend de lokaties waar wellen bij vorige hoogwaters zijn geconstateerd ('de bekende wellen') en neemt eventueel preventieve maatregelen op deze lokaties zoals het opzetten van het waterpeil. Sommige waterschappen hebben een wellenkaart of zijn bezig er een samen te stellen.
Naast de bekende wellen zijn er tijdens het hoogwater ook weer een aantal wellen ontdekt die voor het eerst zijn ontstaan, de zogeheten spontane wellen. In het polderdistrict Rijn en IJssel zijn vreemd genoeg twee wellen niet teruggekeerd die in 1993 tijdens het hoogwater wel opspeelden..





Een zandmeevoerende wel bij paal 126 in Heesselt langs de Waal in het polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden. Het water perst zich door een gat in de kleilaag omhoog en sleept zand mee. Zo'n situatie wordt onbeheersbaar wanneer de wel zoveel zand uitspoelt, dat het water ondergronds steeds minder weerstand ondervindt. De wel gaat dan werkelijk zand spuiten. Dit ondermijnt de dijk die vervolgens inzakt. De foto boven toont de situatie tijdens het hoogwater, de foto onder de situatie nadat het water gezakt is.

Tijdens de hoogwaterperiode van januari-februari 1995 zijn op ongeveer 180 plaatsen wellen geconstateerd. De meeste langs de Rijn in de polderdistricten Rijn en IJssel en De Betuwe. Ook langs De Waal en de Lek in het polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden deden zich veel wellen voor. In veel gevallen werden de wellen opgekist, of werd tegendruk opgebouwd door een watergang af te dammen. In de wijk De Hagen in Vianen werd bij de Lekdijk over een afstand van 250 meter een extra berm aangebracht van 7,5 meter breed en een dikte van 0,5 meter om het groeien van zandmeevoerende wellen te voorkomen.

Voor zover er bijzondere oorzaken van wellen bekend waren, hadden deze te maken met:
- een nieuw gegraven sloot tot dicht bij de dijk in combinatie met een diepe zandwinput aan de rivierzijde;
- het niet goed afdichten van boorgaten voor grondmechanisch onderzoek;
- het doorboren van de kleilaag door sondering, beschoeiingspalen, peilbuizen voor waterbemonstering, het uittrekken van een puntstuk uit de dijk en werkzaamheden aan de riolering;
- zandgeulen in de ondergrond;
- het doen van concessies aan de breedte van de berm bij de dijkversterking;
- afgraving van het binnentalud.

Kwel en verweking

Het verschijnsel kwel is water dat vanuit de rivier onder de dijk door in het achterland weer boven de grond komt. In tegenstelling tot de wellen treedt dit water niet geconcentreerd uit en evenmin wordt er zand door meegevoerd. De hoeveelheid kwel wordt onder andere bepaald door de grondsamenstelling van het dijklichaam en de ondergrond. Hoewel kwel op zich geen groot gevaar oplevert voor de stabiliteit van de dijk, kan het wel leiden tot wateroverlast en/of tot verweking van de binnenteen. Door kwel kunnen niet verharde onderhouds- en inspectiepaden aan de onderkant van de dijk onbegaanbaar worden. Kwel wordt tegengegaan door tegendruk te geven. Dit kan door het polderpeil te verhogen. Tevens kan het water opgezet worden door een aan de landzijde gelegen kleine kade van zo'n 50 centimeter hoog, een zogeheten kwelkade, af te sluiten. Een kwelkade heeft naast het vormen van tegendruk ook het voordeel dat het kwelwater opgevangen wordt en niet tot overlast leidt in het achterliggende gebied. Een andere maatregel die beheerders vaak nemen, is het snel en goed afvoeren van het kwelwater door het graven van greppeltjes zodat er geen verweking en/of wateroverlast ontstaat.



Rivierwater zoekt een weg door en onderdoor de dijk. Achter de dijk kwelt het dan op en de grond verweekt tot modder. In dit geval bij Heesselt heeft het polderdistrict geotextiel gelegd. Gronddeeltjes blijven zo op hun plaats, terwijl het water vrij kan doorstromen. Hierdoor wordt voorkomen dat hoge waterdruk wordt opgebouwd. De zandzakken verzwaren de grond om tegendruk te geven aan het dijktalud.

Verweking treedt op doordat water dat door de dijk stroomt, via de zandlagen onder en/of in het dijklichaam door de kleilaag achter de dijk wordt geperst. Omdat klei weinig doorlatend is, duurt het verweken enige dagen. Dit duurt langer naarmate de kleilaag dikker is. De binnendijkse kleilaag ondersteunt het binnentalud. Door verweking wordt de kleilaag minder sterk en hierdoor kan het binnentalud gaan afschuiven. De kans hierop is het grootst bij steile binnentaluds. Na een afschuiving kan het afgeschoven binnentalud werken als een soort steunberm, waardoor de stabiliteit van de dijk weer groter wordt. Indien na een afschuiving onvoldoende dijkbreedte overblijft op de kruin, bestaat een kans op dijkdoorbraak.

Specifieke situaties
In het polderdistrict Betuwe ontstond behoorlijk wat kwel waardoor onder andere het talud van een steunberm afschoof. Ook liep de kwelkade bij hmp (O) 192 van de Waalbandijk bij de Groenestraat over.

In het hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden werden met een F-16 van de Koninklijke Luchtmacht infraroodfoto's genomen om de kwelstromen in beeld te brengen. Evenals in 1993 blijkt de toegevoegde waarde van dergelijke opnames gering. Slechts het uittredende kwelwater is zichtbaar dankzij het temperatuursverschil met de omgeving. In de praktijk blijken de van oudsher bekende kwelplekken evengoed zichtbaar vanaf de dijk. De gedachte dat met behulp van de infraroodopnames meer informatie kan worden verkregen over kwelstromen in het dijklichaam en eventuele effecten daarvan op de stabiliteit van de dijk is (helaas) niet bewaarheid.

In het Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden tussen hectometerpaal 14.50-17.50 aan de Waal ontstond schade aan een kwelkade. Iets verderop trad op de plaats van een gesloopt pand verweking op. Ook tussen hectometerpaal 104.55-105.35 werd verweking in de teen van de dijk geconstateerd. Dit werd tijdelijk hersteld met zandzakken en doek. Bij Groenhof (hectometerpaal 140.25-140.80) ontstond verweking. Een berm van 65 m van zand vermengd met gebroken puin werd aangebracht.

In het Polderdistrict Groot Maas en Waal schoof aan de Waal bij dijkpost Leeuwen een kwelkade weg. In het hoogheemraadschap Alm en Biesbosch zakte een sloot in.



Geconcentreerde uitstroming van kwelwater kan gevaarlijk zijn. Komt het water over grote oppervlakken achter de dijk naar boven, dan heet het gewoon kwel. Kwel is ongevaarlijk voor de stabiliteit van de dijk, maar geeft wateroverlast. Achter de Grebbedijk bij Wageningen bevond zich een plek met veel kleine wellen. Uit voorzorg zijn groepen van welletjes afgedekt met gronddicht, waterdoorlatend doek. Dit is verzwaard met zandzakken.

Overlopen en golfoverslag

Door het plaatselijk overlopen van een dijk zal over het algemeen niet direct inundatie van het achterland plaatsvinden, maar kan wel erosie van het binnentalud optreden. Door deze erosie kan een bres in de dijk ontstaan waardoor zeer grote hoeveelheden water snel in de dijkring kunnen stromen waarop wel inundatie volgt. Golfoverslag ontstaat door een combinatie van een hoge waterstand en een grote golfhoogte als gevolg van wind of scheepvaart.
Bij dijkversterkingsplannen wordt de rivierdijk nu zo hoog gemaakt dat de kans op overlopen en/of golfoverslag beperkt is tot 1/1250 per jaar.

Specifieke situaties
Er is nergens sprake geweest van overlopen en golfoverslag van de rivierdijken. Dit geldt echter niet voor de zomerkaden. Bij extreme afvoeren is het overstromen hiervan een volkomen normaal verschijnsel. Zo stroomde de zomerkade over van de Wilpse Kleipolder ten noorden van de A-1 over een lengte van ongeveer 250 meter over. De bewaking werd hier opgeheven vanwege persoonlijk gevaar. De Hoenwaard liep geheel onder. Door het onderlopen van de Wilpse Klei stegen de waterstanden voor de dijken van het waterschap De Berkel niet verder.

Door het waterschap IJsselland-Baakse Beek werd op 30 januari een noodkade aangelegd bij Doesburg. De kade werd vanwege de verwachte zuidwestelijke wind aanzienlijk verbreed en tussentijds een aantal malen verhoogd. De uiteindelijke hoogte van de dijk kwam uit op NAP+11,60 m.
Op dezelfde dag werd aan de IJsseldijk vanaf "Hoog aan de Wind" tot het terrein Cramer in Kampen een nooddijk aangelegd vanwege het steeds naar boven bijstellen van de hoogwatervoorspellingen.
Op 31 januari werd gestart met het aanleggen van een noodkade om de polder "Kampen" tegen inundatie te beschermen.

Dierlijke activiteit

Dieren kunnen door hun graafwerkzaamheden de grasmat en de ondergrond van het binnen- of buitentalud van de dijk aantasten. De conditie van de grasmat gaat daardoor achteruit. Achteruitgang van de grasmat kan ook optreden doordat groot vee deze kapot trapt of doordat de grasmat ondiep wortelt als gevolg van (te)veel drijfmest.

Holen- en gangenmakers, zoals mollen, konijnen, muskus- en woelratten kunnen gangen graven waardoor het grondwater snel buiten het talud kan treden. In zomer- en kwelkaden komt het nog wel eens voor dat deze gangen de kade doorboren. In dat geval kan het water gemakkelijk door de kade van de rivierzijde naar de landzijde stromen. Tijdens het hoogwater hebben veel holbewoners de neiging met de waterstand mee omhoog te trekken. Ze nestelen zich dan op of in de dijk. Naast het bestrijden van deze dieren dienen de gegraven gangen dichtgestopt te worden. Dit biedt echter geen afdoende oplossing. De aanwezige gangen leveren een blijvende verzwakking van de dijk op. Interne erosie zal de waterkerende functie van de dijk langzaam doen afnemen en de kans op een calamiteit ten tijde van hoogwater vergroten.



Erosie van het buitentalud in de Fraterwaard ten noorden van Doesburg. Drijfvuil heeft het dijktalud aan de rivierkant stukgeslagen, waardoor dierenholen voor het rivierwater bereikbaar worden. In het algemeen hebben deze situaties niet tot wezenlijk gevaar geleid. Dijkwachters zijn uitermate attent op de aanwezigheid van dergelijke verzwakkingen van de dijk.

Opgetreden verschijnselen

De meeste waterschappen hebben geen schade ondervonden van ondergravingsactiviteiten van dieren. In het waterschap de Maaskant ontstonden op de Maasdijk bij hmp 228 beschadigingen door dassen. De gaten werden gedicht met zandzakken en verder beschermd met reukstoffen tegen nieuwe graverij. In dit gebied komen regelmatig beschadigingen door dassen voor.

Kunstwerken en niet waterkerende objecten

Bij niet waterkerende objecten gaat het om al die objecten die op of in de dijk aanwezig zijn maar geen waterkerende functie hebben. Voorbeelden hiervan zijn leidingen, woningen, gemalen en bomen. Alhoewel ze geen waterkerende functie hebben, kunnen ze wel de waterkerende functie van de dijk beïnvloeden. Vandaar dat in de inventarisatie nagegaan is of dit verschijnsel ook is opgetreden. Op een aantal plaatsen in de waterkering zijn doorgangen gemaakt, bijvoorbeeld voor een weg naar de veerpont toe. Deze doorgangen (coupures) worden, indien nodig, bij hoogwater afgesloten. Dit gebeurt onder andere met schotbalken, maar tegenwoordig ook met schuif- of keerdeuren.

Specifieke situaties

De coupure van de Europakade in Lobith-Tolkamer bleek niet waterdicht te zijn. Dat was reeds tijdens het hoogwater van 1993 geconstateerd. Uit voorzorg werden er schotbalken achter de deur aangebracht. De traditionele wijze van opvullen, paardemest vermengd met stro, blijkt in de praktijk het best te voldoen. Het gebruik van plasticfolie leidde toch tot het enige waterdoorlaat. Het water is door middel van pompen afgevoerd.
De coupure bij Rode Molen aan de Waal (hmp 42.50) in het polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden moest worden hersteld. Deze werd vervangen door een overlaat.
Bij hmp 39.90 langs de Lek moest de schuifafwatering hersteld worden in verband met een sloot waarin zich enkele kleine wellen bevonden. De afstand tot de binnenteen bedroeg circa 40 meter.
Op 29 januari werd de schuifdeur in de Walmuur aan de Lek bij Wijk bij Duurstede gesloten.
De coupures in de Dalempoort (NAP+3,60 m) en de Buitenwaterpoort (NAP+4,70 m) te Gorinchem in het hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden werden afgesloten. De waterstanden kwam hier tot NAP+4,57 m.

Coupure in Lobith-Tolkamer. Tijdens het hoogwater van 1993 bleek dat de stalen coupuredeur van Tolkamer niet waterdicht was. Pompen hielden toen de straat achter de coupure min of meer droog. In 1995 heeft men deze moderne inrichting gezekerd op de traditionele manier met behulp van schotbalken en koemest. Ook in 1995 was echter enig pompen nodig.



De coupure in de Veerpoort (drempelhoogte NAP+2,80 m) te Schoonhoven aan de Lek in het hoogheemraadschap de Krimpenerwaard werd op 29 januari gesloten. De coupure heeft 70 cm water gekeerd. De coupures in de wallen van Woudrichem werden dichtgezet met schotbalken en gedicht met PUR-schuim.

Het zetten van een coupure vereist een goede organisatie. De vaak lang niet gebruikte schotbalken moeten beschikbaar zijn en precies op hun plaats komen. De balken zijn zo zwaar dat er een vrachtwagen en een kraan beschikbaar zijn in een tijd dat toch al veel noodmaatregelen moeten worden getroffen. Hier bij de Merwedesluis in Nieuwegein is duidelijk te zien dat opvullen met klei of ander afdichtend materiaal nodig is.



De coupure bij Heusden langs de Maas wordt gesloten met behulp van relatief grote schotbalken, die door een hydraulische kraan op de juiste positie moeten worden gebracht. Deze sluitingsoperatie is relatief omvangrijk. Vroegtijdige en eenduidige voorspellingen van de verwachte hoogwaterstand zijn een voorwaarde voor een optimaal beheer van deze coupure. Bij het afgelopen hoogwater bleken de waterstandsvoorspellingen voor Heusden uiteen te lopen. Afstemming van deze voorspellingen, waarbij onder andere het werkelijke beheer van de spuisluizen in het Haringvliet wordt meegenomen, is noodzakelijk.

Bewezen sterkte van dijken

Het hoogwater op de grote rivieren in 1993 en 1995 heeft de discussie weer losgemaakt over de vraag wat nu de bewezen sterkte van een dijk is. Daarbij gaat het vooral over de dijk als grondlichaam. De achterliggende vraag is: kan een dijk die in het verleden een bepaalde waterstandsbelasting heeft weerstaan in de toekomst dezelfde belasting aan. Een poging deze vraag te beantwoorden roept direct nieuwe vragen op:

- is de waterbelasting precies bekend, dat wil zeggen hoogte en duur van de waterstand;
- heeft de dijk de belasting zonder bijzondere maatregelen weerstaan;
- heeft de dijk de waterstand zonder onacceptabele consequenties - in technische, maar ook in bestuurlijke zin - weerstaan;
- zou een vervorming leiden tot een doorbraak, tot inundatie of zou er juist een stabielere dijk ontstaan door de vervorming;
- wat is de status van voorspellende berekeningen, wat zijn de onzekerheidsmarges en wat de veiligheidsmarges.



Een passage uit het hoogwaterverslag van 1926 : "Tusschen de dijkpalen 102 en 103 van den rechter Waaldijk bij Ochten ontstond langs de buitenkruinlijn een scheur ter lengte van 40 meter met een grootste wijdte van 2,5 centimeter op dezelfde plaats als tijdens den hoogen rivierstand in 1920." *Zonder verdere maatregelen heeft deze dijk het destijds verder gehouden. Bedenken wij ons dat de in 1926 opgetreden waterstanden bij Ochten vergelijkbaar waren met die van februari 1995, dan kan deze aanvullende informatie na analyse zeer relevant zijn.*

Historische belasting

In het algemeen blijkt dat bij het maken van sterkteberekeningen niet of nauwelijks gebruik wordt gemaakt van historische gegevens. Daarentegen worden bij het opstellen van voorspellingen van waterstanden wel naar waterstanden gekeken die in het verleden zijn opgetreden. Waterstands- en afvoergegevens van de laatste 100 jaar worden gebruikt voor een planperiode van 50 tot 100 jaar.

De vraag is nu of ook bij de berekening van de noodzakelijke grondsterkte van een dijk historische gegevens bruikbaar zijn. Grondmechanisch onderzoek geeft geen volledig beeld van de sterkte van een dijk als grondlichaam. Daarom zitten in de berekeningen nogal wat (voorzichtige) aannames. Dat betekent dat gewerkt wordt met hoge onzekerheidsmarges. Door gebruik te maken van historische gegevens zouden de onzekerheden in de berekeningen teruggebracht kunnen worden.
In tegenstelling tot de waterstandsbelasting is er over de vervorming van dijken en de gevolgen daarvan betrekkelijk weinig historisch materiaal. Vaak is niet bekend wat er tijdens een hoogwater precies met een dijk is gebeurd. Meestal worden in een hoogwaterrapportage alleen die plekken beschreven waar maatregelen nodig waren. Daar komt nog bij dat soms relatief grote dijkvervormingen niet worden waargenomen, omdat het plaatsen zijn waar geen asfaltweg op de dijk ligt. Door de hoge waterdruk tijdens een hoogwaterperiode is er bijna altijd sprake van vervorming van de dijk. Deze vervorming is met de huidige stand van de techniek wel meetbaar. Dit soort metingen wordt slechts sporadisch verricht en de meetinstrumenten behoren zeker niet tot de standaarduitrusting van de dijkbeheerder. Zou dat wel zo zijn dan zou het oordeel over de stabiliteit van een dijk beter onderbouwd kunnen worden dan nu op basis van berekeningen met voorzichtige aannames het geval is.

3. BUITENDIJKSE GEBIEDEN EN WATEROVERLAST

Het (economische) belang van buitendijkse gebieden is de laatste jaren vergroot. Tegelijkertijd is de acceptatie van (schade door) inundatie verkleind. Dit heeft een proces in gang gezet waarbij de kaden in een aantal gevallen versterkt en verhoogd worden. De kaden krijgen daardoor steeds meer een sterkte waarbij de kans op overstroming of doorbraak in de buurt komt van die van primaire waterkeringen. Daardoor loopt het buitendijkse gebied zelden tot nooit onder. De druk vanuit de maatschappij neemt daardoor toe om deze gebieden te beschermen als waren ze gelegen achter een primaire waterkering. Dit speelt onder andere bij Kampereiland (Waterschap IJsseldelta), Tuindorp (RWS, directie Gelderland) en Heerewaarden (Polderdistrict Groot Maas en Waal).



In de uiterwaarden staan veel veeteeltboerderijen. Vaak zijn zij gebouwd op terpen, zodat ze op een droog eiland staan, wanneer het hoge rivierwater de uiterwaarden instroomt. In de winterperiode staan de koeien op stal. Omdat de melkopslagcapaciteit op de boerderij veelal beperkt is, vervoeren de zuivelcoöperaties de dagproduktie van de koeien over het eerste traject per boot.

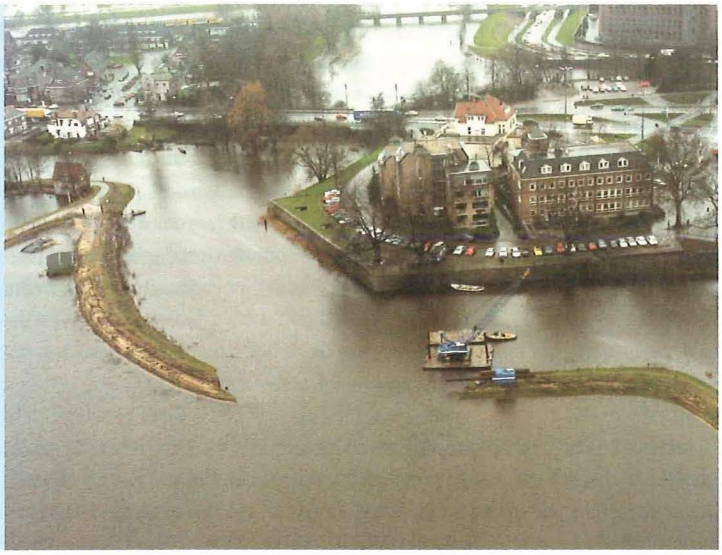
Overlast

In een aantal gevallen veroorzaken maatregelen in het ene gebied, wateroverlast in een ander gebied. Het is een kwestie van bestuurlijk overleg welke gevolgen aanvaardbaar zijn voor welk gebied. Zo is de Slaperdijk, ten westen van Veenendaal, in staat om het hoge water geruime tijd te keren, totdat het over de kruin van NAP+10 m loopt. Het is dan wel een voorwaarde dat de bestaande coupures in de dijk tijdig worden gesloten. Schotbalken zijn hiervoor aanwezig. Het afsluiten van de Slaperdijk heeft als voordeel dat hier het achterliggende gebied (Renswoude, Scherpenzeel, Woudenberg, Leusden en Amersfoort) langer of helemaal droog blijft. Een nadeel van het afsluiten is dat het water in Veenendaal aanmerkelijk hoger komt en langer blijft staan. Om die reden is dit veeleer een bestuurlijk probleem dan een technisch waterkeringsprobleem.

De Nieuwe Wolpherensedijk is een primaire waterkering die de Alblasserwaard beschermt tegen het hoge water op de Merwede. Net naast de dijk ligt het Kanaal van Steenenhoek. Via dit kanaal watert een groot deel van de Betuwe en de Vijfheerenlanden af op de Merwede.
Om de stabiliteit van deze dijk te kunnen garanderen was het nodig om het waterpeil in het kanaal omhoog te brengen. Zo werd tegendruk gegeven aan het hoge Merwedewater aan de andere zijde. Dit gaf bestuurlijk weer problemen, doordat de Vijfheerenlanden en de Betuwe niet meer konden afwateren. Daardoor ontstond wateroverlast in deze gebieden.

Per 1 januari 1995 is het waterschap De Maaskant verantwoordelijk geworden voor het waterbeheer van de stad en het watersysteem rondom 's-Hertogenbosch. Het water van

de Dommel, De Aa en de Zuid-Willemsvaart, komen in de stad samen in de Dieze. Onder normale omstandigheden wordt dit water geloosd op de Maas via de spuisluis Crèvecoeur. Bij hogere afvoeren, als de capaciteit bij de spuisluis terugloopt, wordt het



De ingang van het Drongelens Kanaal met op de voorgrond de doorgebroken Dommelkade en de ondergelopen Bossche Broek. In normale omstandigheden wordt het water van de Dieze via het gemaal Crèvecoeur in de Maas afgewaterd. Bij hoge waterstanden op de Maas wordt de afwatering belemmerd en is er een aflaat via het Drongelens Kanaal naar een lager gelegen punt op de Maas. Als ook deze afwatering stagneert, stijgt het water op de Dommel. De gevolgen daarvan zijn op de foto te zien.

surplus via het Drongelens Kanaal door de Bovenlandse Sluis geloosd op de Bergsche Maas. Als de volledige capaciteit van de beide aflaatwerken is benut, stijgt bij extreme afvoeren zoals in februari 1995, het water op De (Oude) Dieze, De Binnen Dieze, De Dommel, De Aa, de Zuid-Willemsvaart en het Drongelens kanaal.
In februari 1995 ontstonden hierdoor kritieke waterhoogten voor de kaden langs De Dommel. De Dommelkade nabij Chalet Royal aan de Vughterweg in 's-Hertogenbosch bezweek als gevolg van de voortdurende druk, waardoor het Bossche Broek, inclusief het laaggelegen gedeelte van de A-2, inundeerde. Dit zorgde voor een ontlasting van het watersysteem rondom 's-Hertogenbosch van circa twee dagen. Dat bleek, tezamen met extra waterafvoer via de Haringvlietsluizen en de windrichting, voldoende om de top van het hoge water te verwerken.



Door de hoge waterstanden op de Maas ontstonden bij Den Bosch problemen op de Dommel. Uiteindelijk brak een Dommelkade. Het resultaat was dat ook de Rijksweg A-2 onderliep. Deze hoofdverkeersader is vervolgens enkele weken afgesloten geweest voor alle verkeer.

4. WEERSOMSTANDIGHEDEN

Belang van neerslag

Neerslag in de bovenstroomse gebieden van Rijn en Maas en smeltwater vormen de belangrijkste oorzaken van het hoogwater van begin 1995. De neerslag in het stroomgebied zelf wordt met hoofdzakelijk westelijke winden aangevoerd. Een deel van de neerslag dringt in de bodem en draagt op die manier bij aan het verhogen van het grondwaterpeil. Een deel hiervan stroomt direct van de hellingen af naar lager gelegen gedeelten in het landschap. Het water verzamelt zich in beekjes die weer uitmonden in zijrivieren van de Rijn en Maas. Deze hebben zich in het laagste gedeelte van het stroomgebied ingesleten. Neerslag die buiten dit gebied valt, draagt niet bij tot afvoer in deze rivieren.
Het hoogwater is voornamelijk veroorzaakt door de neerslag die in het tijdvak 18 tot en met 30 januari is gevallen. De totale gemiddelde hoeveelheid neerslag bedraagt in dit tijdvak 165,9 mm. De meeste neerslag valt in het brongebied van de Ourthe en de Lesse in de aanloop naar de hoogste delen van de Ardennen. Overigens is ook de normale neerslag in deze gebieden het hoogst.

De voorgeschiedenis van het hoogwater van 1995 is van groot belang geweest voor de uiteindelijk opgetreden waterstanden. Door een combinatie van smeltende sneeuw en heftige regenval waren de mogelijkheden voor berging van de neerslag zeer beperkt.



Slot Loevestijn aan de Merwede heeft door de eeuwen heen weer en wind weten te doorstaan. Terwijl de zomerkade overstroomt, weet het slot zich beschermd door zijn verdedigingswallen.

Belang van wind

Windkracht en windrichting zijn belangrijk omdat de wind golfslag veroorzaakt. Door de golfaanval op dijken kan er schade aan het buitentalud (de waterzijde) optreden. Bij extreem hoge waterstanden bestaat er tevens de dreiging van golfoverslag. Overslag doet water over de kruin aan de landzijde van de waterkering terecht komen. Afhankelijk van de kwaliteit van het binnentalud (de landzijde) kan dit tot verweking leiden, waardoor de stabiliteit van de waterkering wordt bedreigd.

Tijdens de hoogwaterperiode is er langs de Rijn, Waal en Maas sprake geweest van windsnelheden uit zuidwestelijke richting met een sterkte van 5 tot 6 Beaufort. Hoewel deze windbelasting zeker niet gering is, waren de verwachte windsnelheden echter aanzienlijk ongunstiger. De weerberichten gaven een voorspelde noordwestelijke wind met een sterkte tot 8 Beaufort te zien. Voor de meer benedenstrooms gelegen gebieden, zoals Dordrecht en met name Kampen, zou een dergelijke windsnelheid tot zeer bedreigende situaties hebben geleid door de opstuwing van de watermassa van Noordzee en IJsselmeer.
Bij de opgetreden rivierafvoer is vanaf windkracht 6 uit het noordwesten de veiligheid van Kampen in het geding. Op basis van deze voorspelling is tot de aanleg van een nooddijk bij Kampen besloten. Door het uitblijven van de ongunstige windbelasting kon de waterstand op het IJsselmeer echter voldoende laag worden gehouden. Hierbij is overigens wel het Markermeer als bergboezem voor het IJsselmeerwater gebruikt. In tegenstelling tot in 1993 heeft dit langs de westkant van Noord-Holland niet tot bijzondere overlast geleid.

Weersverloop

Vlak voor Kerstmis 1994 verbinden zich twee gebieden van hoge luchtdruk met elkaar, één boven Schotland en één boven West-Rusland. Zo ontstaat een gordel van hoge luchtdruk boven het Europese continent. Deze verplaatst zich langzaam naar het zuiden en neemt in betekenis af. Tegelijkertijd breidt een depressie tussen IJsland en Noorwegen haar invloed naar onze omgeving uit en met een zuidwestelijke wind wordt zachte en vochtige lucht aangevoerd. In de namiddag van de 25e begint het te regenen. Vanaf tweede kerstdag neemt de neerslag drastisch toe. Er worden hoeveelheden gemeten tot 34 mm. Onder invloed van een zeer diepe depressie die van Schotland naar Zuid-Scandinavië trekt blijft er veel neerslag vallen, in het begin van het jaar vooral in vaste vorm.



Druk en drukte op de dijk ontstaan wanneer weer en waterhoogte samenspannen om een aanval te doen op de lager gelegen gebieden. Dan moet er met man en macht worden gewerkt om die aanval te weerstaan.

Op 6 en 7 januari valt er opnieuw sneeuw die het reeds aanwezige sneeuwdek verder doet toenemen.
In de loop van 8 januari krijgt het weer een onstuimig karakter en opnieuw worden hoge hoeveelheden neerslag gemeten. In de daaropvolgende dagen valt afwisselend veel regen en sneeuw en plaatselijk hagel.
Op 13 januari komt een gebied van hoge luchtdruk van de Azoren naderbij. De neerslag wordt nu minder en er wordt zachtere lucht aangevoerd. De temperatuur stijgt waardoor de aanwezige sneeuw smelt.
Op 22 januari trekt opnieuw een actieve depressie voorbij. Nu treedt hevige regenval op, vergezeld van onweer en windstoten. Gemiddeld valt over het stroomgebied bovenstrooms van Borgharen tussen 8 uur in de ochtend van de 21e en 8 uur in de ochtend van de 23e in totaal 53 mm neerslag.
Op 25 januari ligt er opnieuw een front boven de Ardennen en regent het langdurig. Dit front wordt snel opgevolgd door het frontensysteem van een depressie die op de 26e over de Waddeneilanden verder noordwaarts trekt. Achter dit front stroomt met een naar noord ruimende wind koude en onstabiele lucht over West-Europa, waarin winterse buien worden meegevoerd. In de periode van 25 tot 30 januari valt veel neerslag. Pas op de 30e treedt in dit weerbeeld verandering op. Op de 31e wordt nauwelijks neerslag gemeten. Dan passeert een warmtefront van een complexe depressie direct gevolgd op 1 februari door een koufront. Op 2 februari worden weer grote hoeveelheden neerslag gemeten. Pas op 4 februari komt aan deze periode een einde en daarmee aan het hoogwater.

5. ORGANISATIE EN COMMUNICATIE

Tijdens een periode van extreem hoogwater worden rivierdijkbeheerders geconfronteerd met een groot aantal vragen op het gebied van organisatie en communicatie. Welke preventieve maatregelen moeten er worden genomen? Hoeveel mensen moeten er ingeschakeld worden? Wat zullen de waterstanden worden in het beheersgebied? Hoe staat het met de stabiliteit van de waterkeringen? Wat moet er gebeuren wanneer er geëvacueerd moet worden? Hoe zit het met de verantwoordelijkheden in een crisissituatie?

Veel partijen betrokken
Gedurende een hoogwaterperiode zijn er veel partijen actief, zowel op controlerend en uitvoerend niveau als op bestuurlijk niveau en allemaal denkend en handelend vanuit hun eigen kennis en ervaring. Dat kan tot complexe overlegsituaties leiden. Zo is bijvoorbeeld de burgemeester van de inliggende gemeente verantwoordelijk voor de waterkering vanaf het moment dat het waterschap de standzekerheid van de dijk niet meer kan garanderen. Een technisch oordeel moet dan vertaald worden naar een bestuurlijke maatregel, bijvoorbeeld evacueren of niet. Een dergelijke situatie is nogal complex en vraagt zorgvuldig en deskundig overleg. Maar de tijd voor het overwegen van een beslissing is vaak zeer kort. Daarom zijn heldere afspraken, draaiboeken en korte communicatielijnen van het grootste belang. De meeste betrokkenen hebben op dit gebied veel geleerd van het hoogwater van 1993.

Bij hoogwaters eerder deze eeuw kon de minister van Verkeer en Waterstaat de Buitengewone Riviercorrespondentie instellen (BRC). Dat houdt in dat Rijkswaterstaat het toezicht en beheer van de waterkeringen overneemt. Net als in 1993 heeft de minister ook in 1995 de BRC niet in werking laten treden. Met dit besluit wordt vooruitgelopen op de Wet op de waterkering, die zegt dat de eerste verantwoordelijkheid voor de primaire waterkeringen bij de waterschappen ligt. De waterschappen hebben immers een grote kennis van het beheersgebied en ervaring met het nemen van maatregelen in een crisissituatie. Kennis en ervaring die bij vrijwilligers en mensen van buiten vaak ontbreekt.

De inventarisatie over organisatie en communicatie richtte zich op vier hoofdpunten:

- draaiboeken en rampenplannen;
- waterstands- en weerinformatie;
- beoordeling van de sterkte van de dijken;
- interne- en externe communicatie.

Draaiboeken en rampenplannen

Slechts enkele waterschappen beschikken over een hoogwaterdraaiboek. Sommige waterschappen hebben op het laatste moment het draaiboek van 1993 aangepast, bij andere waterschappen wordt aan een uitgebreid draaiboek gewerkt. Soms bestond het draaiboek uit een lijst met medewerkers en telefoonnummers. In enkele gevallen is een crisiswaterstand geformuleerd en wordt met een fasenplan gewerkt. Zo wordt bijvoorbeeld binnen het polderdistrict Groot Maas en Waal gebruik gemaakt van het Rampenbestrijdingsplan Overstromingen en Dijkdoorbraak voor de Waal- en Maasdijken. Vaak wordt ook gewerkt volgens vaste afspraken. Een aantal waterschappen informeert de gemeenten over het hoge water in verband met de buitendijkse gebieden. Om de communicatie tussen waterschappen,

gemeenten en bewoners van buitendijkse gebieden te stroomlijnen wordt gewerkt met vaste contactpersonen.



Niet alleen het water zorgde voor druk op de dijken. Ook de drukte van hoogwatertoeristen, en in dit geval hulpverleners bij Ochten, stelde hoge eisen aan beheerders en bestuurlijk verantwoordelijken. De coördinatie en communicatie heeft bij de afgelopen hoogwaterperiode een belangrijke rol gespeeld.

Bijna alle waterschappen onderkennen het belang van een integraal hoogwaterdraaiboek en zijn op een of andere manier op dit terrein bezig met het maken van plannen. Door de dijkbeheerders werd benadrukt dat afstemming van de eigen plannen op die van de inliggende gemeenten en collega-waterschappen van groot belang is. Ook werd geconstateerd dat in veel gemeentelijke rampenplannen een hoogwaterparagraaf ontbreekt. Bij een enkel waterschap is er regelmatig contact met gemeenten over hoogwaterplannen. Zo is het waterschap Salland in het bezit van een calamiteitenplan en heeft het waterschap nog in 1994 een oefening gehouden samen met de gemeente Deventer aan de hand van het gemeentelijk rampenplan. Afstemming van het eigen draaiboek op gemeentelijke en provinciale rampenplannen heeft in sommige gevallen geleid tot vertraging van de eigen plannen.

Evacuatieplannen

Evacuatieplannen vallen niet onder de verantwoordelijkheid van de waterschappen, maar zijn officieel een zaak van gemeentes en provincies. Dat neemt niet weg dat verschillende waterschappen bezig zijn met waterrampenplannen in samenwerking met collega-waterschappen, gemeentes en provincies op basis van hoogwaterevaluaties en inundatiescenario's. In dat verband werd door het polderdistrict Betuwe de zogenaamde dijkringbenadering genoemd. Dat wil zeggen samenwerking met waterschappen die binnen de dezelfde dijkring vallen en met de regionale coördinatiecentra waar de waterschappen onder vallen. Deze samenwerking vindt plaats in het kader van het Intergemeentelijk Overlegorgaan Rivierenplan.

Preventieve maatregelen

Alle waterschappen hebben preventieve maatregelen genomen. Deze liepen in aard en intensiteit sterk uiteen. Variërend van het vullen van zandzakken en het plaatsen van zwaar materieel op strategische plekken tot en met het installeren van en oefenen met communicatieapparatuur. In veel gevallen werden extra mensen ingehuurd en werden vooraf afspraken gemaakt met aannemers. De contacten met aannemers verliepen goed, ook als er vooraf geen afspraken waren gemaakt. Sommige aannemers konden hun

afspraken niet nakomen omdat er in hun gebied een evacuatieplicht gold, zoals in de Betuwe, De Tieler- en Culemborgerwaarden en Groot Maas en Waal. Hetzelfde probleem gold voor medewerkers van het waterschap of leden van de dijkwacht die in het beheersgebied wonen.



Opbouw van de nooddijk bij Kampen. Ondanks alle moderne technieken geeft in geval van noodmaatregelen de inzet van veel mensen met zandzakken en doeken de beste garantie op een flexibele en adequate ingreep.

Waterstands- en weerinformatie

De waterschappen hebben verschillende mogelijkheden om geïnformeerd te worden over te verwachten waterstanden voor het eigen beheersgebied. De belangrijkste informatiebron is het berichtencentrum van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (kortweg RIZA). RIZA - een specialistische dienst van Rijkswaterstaat - verzorgt de dagelijkse berichtgeving over de waterstanden aan radio en Teletekst en de scheepvaart. Verder is RIZA ook verantwoordelijk voor de hoog- en laagwaterberichtgeving. De berichtgeving van RIZA is gebaseerd op diverse informatiebronnen, vooral meetstations. De informatie voor Nederland komt bij RIZA binnen via het Monitoring Systeem Waterhoogten (MSW) en de Rijkswaterstaatdirecties Oost-Nederland, Limburg en IJsselmeergebied. Voor de dagelijkse voorspellingen maakt RIZA gebruik van de neerslaggegevens van het KNMI.

Wanneer er op de grote rivieren zeer hoge waterstanden worden verwacht, treedt de zogenaamde hoogwaterberichtgeving in werking. RIZA waarschuwt dan de regionale waterbeheerders en maakt berekeningen voor de grenspunten Lobith (Rijn en zijtakken) en Borgharen (Maas) om het verloop van de hoogwatergolf te voorspellen.

Men spreekt van een hoogwater wanneer bij Lobith het peil van NAP+14,00 m wordt overschreden en een verdere was tot boven NAP+15,00 m wordt verwacht. Voor Borgharen wordt een ijkstand van NAP+44,10 m gehanteerd. De zogenaamde zichttijd verschilt voor beide rivieren. Vanwege het snel reagerende karakter van de Maas is deze 12 uur, voor de Rijn 48 uur. Als het water blijft stijgen, nemen de voorspellingen in aantal en belang toe. De weg waarlangs de hoogwaterinformatie de waterschappen bereikt, loopt nogal uiteen: telefonisch, met de fax via de regionale directies, via automatisch sprekende peilstations, via het MSW, via Teletekst of via de informatielijn binnenwateren van Rijkswaterstaat/RIZA te Lelystad.



De eigenaar van dit buitendijkse restaurant bij Dodewaard werd onaangenaam verrast door het hoogwater van 1993. Hij heeft vervolgens flink geïnvesteerd in een plankenkering rondom zijn bedrijf. De werkzaamheden waren in december 1994 afgerond, zodat hij het hoogwater van begin 1995 goed kon doorstaan.

Aan het begin van de hoogwaterperiode vond een aanzienlijk aantal waterschappen de voorspellingen van RIZA aan de lage kant. Er volgden nogal wat bijstellingen naar boven, wat door enkele waterschappen als storend werd ervaren. In het polderdistrict Betuwe werd door onbekende oorzaak het hoogwaterbericht 16 niet ontvangen. Hierin werd voor het eerst melding gemaakt van een daling van de waterstand. Bij andere waterschappen bleken de voorspellingen in het begin van het hoge water juist zeer adequaat, maar werd de berichtgeving voorzichtiger en bleven prognoses zelfs achterwege naarmate de hoogwatergolf het beheersgebied naderde. Een enkel waterschap vindt dat de berichtgeving van RIZA te laat op gang komt en dat er vanaf een bepaalde waterstand een continue berichtenstroom zou moeten zijn.

Verschillende waterschappen plaatsen vraagtekens bij de afvoermodellen die door RIZA en de regionale directies van Rijkswaterstaat worden gehanteerd. De verdeling tussen Waal, Rijn en IJssel bleek in de praktijk af te wijken. Zo kreeg het hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden te maken met een waterstandsafwijking op de Lek. Volgens de beheerder betekent dat, dat het splitsingspunt anders gedefinieerd moet worden of dat het MHW bijgesteld moet worden. Verder zit het hoogheemraadschap met een "informatiegat" in de waterstandsvoorspellingen. RIZA geeft slechts af tot aan de stuw Hagestein Boven. Het hoogheemraadschap mist dan het traject Vreeswijk-Schoonhoven. De beheerder vindt dat rivier- en zeestanden in de modellen geïntegreerd zouden moeten worden wil de berichtgeving optimaal zijn.

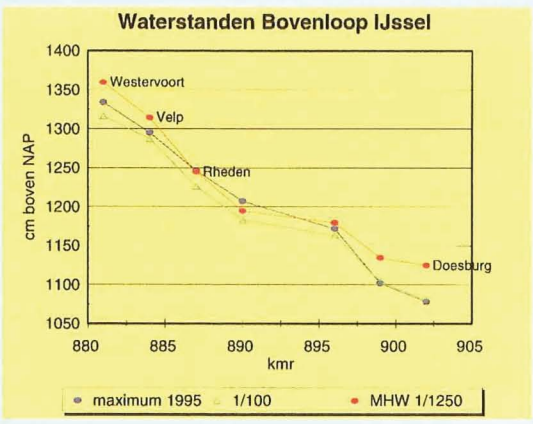
Waterstandsvoorspellingen

Uit de opgetreden waterstanden in Lobith of verder bovenstrooms kunnen beheerders afleiden welke waterstanden in hun beheersgebied te verwachten zijn. De jarenlange ervaring van beheerders is hierbij behulpzaam. Zo luidt een vuistregel voor de IJssel dat de was bij Doesburg gelijk is aan de helft van de was bij Lobith plus een derde van de was bij Keulen. Een vergelijkbare regel luidt: van elke 30 centimeter waterstandsverhoging bij Lobith komt circa 10 centimeter bij Velp terecht komt. Ook uit eerdere studies van Rijkswaterstaat zijn dergelijke gegevens te herleiden. Het voordeel van dergelijke vuistregels is dat op elk gewenst moment een eenvoudige schatting van de te verwachten waterstand kan worden gegeven.

In veel gevallen blijven de verschillen tussen de voorspelling van Rijkswaterstaat en dergelijke vuistregels beperkt. Wanneer verschillen optreden, kunnen deze vaak verklaard worden door de neerslagverdeling in het stroomgebied, lokale effecten tengevolge van opwaaiing en effecten tengevolge van veranderingen in de riviergeometrie.

Hoogwaterperioden zoals die van 1993 en die van 1995 zijn bij uitstek gelegenheden om de voorspelmodellen verder te verbeteren. Zo is het voorspelmodel voor de Maas naar aanleiding van het hoogwater van 1993 bijgesteld om dat bodemligging van de rivier in de loop der jaren behoorlijk was veranderd. Deze aanpassing heeft tot aanzienlijk betere voorspellingen geleid van de waterstand op het traject Grave-Lith. Een analyse van voorspelde en opgetreden waterstanden, gericht op het zoeken naar de oorzaken van verschillen tussen voorspelling en werkelijkheid, is gewenst na elk hoogwater van betekenis.

Op de bovenloop van de IJssel traden soms behoorlijke afwijkingen op. Zo bleek tussen Rheden en Giesbeek de waterstanden soms hoger dan MHW. Deze overschrijding van het verwachte niveau van 1/100 per jaar ontstond waarschijnlijk door een lokale vernauwing van het doorstroomprofiel van de rivier.



Zo toont een analyse van de situatie langs de IJssel tussen de IJsselkop en Doesburg dat over een deel van het traject de opgetreden waterstand aanzienlijk hoger was dan de 1/100-waterstand. Bij Rheden werd de huidige MHW-stand zelfs bereikt. Direct na Giesbeek nam de waterstand weer af tot het niveau van 1/100 per jaar. Mogelijke oorzaak voor een dergelijk waterstandsverloop is een vernauwing van het doorstroomprofiel ter plaatse van Giesbeek. Door dergelijke onevenredigheden na elk hoogwater systematisch te bestuderen kan de kwaliteit van voorspelling aanzienlijk worden verbeterd.

Beoordeling sterkte dijken

Vrijwel alle waterschappen hebben tijdens de hoogwaterperiode dijkwacht ingesteld. In de meeste gevallen werkten de waterschappen hiervoor met eigen mensen. In enkele gevallen werden ook medewerkers van plaatselijke aannemers ingeschakeld voor inspectie. Zij hadden eerder ervaring opgedaan met het hoge water van 1993. Vooral onversterkte dijkvakken en nooddijken werd zeer intensief gecontroleerd. In een enkel geval werd een ijkstand geformuleerd voor het eigen beheersgebied. Zo werkte het waterschap Gelderse Vallei en Eem met een ijkstand van NAP+11,50 m bij Lexkesveer. Deze waterstand ligt 15 cm onder MHW. Bij deze zogenaamde crisistand zijn serieuze stabiliteitsproblemen te verwachten. De topstand bleef overigens 47 cm onder de crisisstand.



Als de waterstand bij Lobith over een bepaald maximum komt, weten de mensen van het waterschap IJsselland-Baakse Beek dat bij Doesburg langs de IJssel een noodkade moet worden opgebouwd. Eerst wordt een breed folie over de kade uitgespreid. Hierop wordt een grondlichaam aangebracht. Dit wordt in de folie gepakt en vastgelegd met zandzakken. Het grondlichaam is zwaar genoeg om de waterdruk te weerstaan en het folie beschermt de grond tegen uitspoeling.

Zowel in het polderdistrict Betuwe, het polderdistrict de Tieler- en Culemborgerwaarden en het polderdistrict Maas en Waal is er een situatie ontstaan dat het waterschap de standzekerheid van de waterkering niet meer kon garanderen met als gevolg dat er in sommige gebieden tot evacuatie werd overgegaan. Het opgeven van de garantie voor de dijk was meestal het resultaat van een eigen beoordeling van het waterschap plus de inzichten van externe deskundigen. Het polderdistrict Betuwe liet de Heidemij een aantal representatieve dwarsprofielen doorrekenen. Daaruit bleek dat de profielen nauwelijks stabiel waren bij de waterstanden van dat moment. Om de stabiliteit te verhogen werd aan de binnenkant een steunberm aangebracht. In het polderdistrict Groot Maas en Waal werd prof. A. Verruijt ingeschakeld, hoogleraar Grondmechanica aan de TU Delft en tot voor kort lid van de TAW. Verruijt bevestigde het oordeel van het waterschap dat de onversterkte dijkvakken zeer kwetsbaar waren en dat de veiligheidsfactoren ruim overschreden zouden worden. In het hoogheemraadschap Alm en Biesbosch werden door de Heidemij bij Rijswijk en Sleewijk waterspanningsmeters geplaatst. De uitkomsten van de metingen wezen niet op stabiliteitsproblemen. Op 31 januari kwam bij het hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden het bericht van Grondmechanica Delft binnen dat de stabiliteit van de Nieuwe Wolpherensedijk bij de te verwachte waterstanden zwaar onvoldoende zou zijn. Om de standzekerheid van de dijk te vergroten werd het waterpeil van het achter de dijk gelegen Kanaal van Steenenhoek opgezet. Verder adviseerde Grondmechanica Delft het hoogheemraadschap Krimpenerwaard extra aandacht te besteden aan het dijkvak tussen Bergstoep en Hoekse Sluis.

Het werkorgaan van de TAW, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat, heeft tijdens het hoogwater op verschillende plaatsen de beheerders met advies terzijde gestaan. Zo zijn de maatregelen bij Ochten en op andere plaatsen in de Betuwe in overleg met de DWW uitgevoerd. Verder heeft de DWW geassisteerd bij de uitvoering van de maatregelen bij Lexmond. In een aantal gevallen is de DWW betrokken geweest bij de beoordeling van de stabiliteit van dijkvakken: Boven-Hardinxveld, Nieuwe Wolpherensedijk, Kanaal van Steenenhoek.

Gezien de grote (tijds)druk waaronder tijdens hoogwater moet worden gereageerd, is het verstandig om de advisering bij extreme hoogwaterstanden zoveel mogelijk te kanaliseren.

Als werkorgaan van de TAW is de DWW in elk geval beschikbaar om voorkomende vragen te beantwoorden al dan niet in samenwerking met de adviesbureaus.

Extreme waterstanden vragen de inzet van veel deskundigen. Er zijn mensen nodig langs de waterkeringen voor inspectie en noodversterkingen, op bureaus om actuele berekeningen te kunnen maken, bij een telefoon om voorlichting te geven en in vergaderingen om beslissingen te kunnen nemen. Een snelle en juiste gegevensuitwisseling is daarbij essentieel. Waterschappen gebruiken daarom steeds meer moderne telecommunicatiemiddelen.



Interne- en externe communicatie

Zodra duidelijk is dat er een hoogwatergolf op de Nederlandse rivieren wordt verwacht, worden op allerlei niveaus coördinatiecentra in het leven geroepen. Bij de waterschappen bestaan die meestal uit een crisisstaf waarin de dijkgraaf, het hoofd technische dienst en vaak ook de secretaris zitting hebben. De crisisstaf van de waterschappen zit tijdens de hoogwaterperiode op het scharnierpunt van uitvoering en bestuur. Binnen het waterschap was de crisisstaf verantwoordelijk voor preventieve maatregelen en communicatie met de dijkbewakers. In veel gevallen konden de ingelanden met hun vragen terecht bij het waterschap. Het merendeel van de waterschappen had een speciaal telefoonnummer dat het publiek kon bellen. Ook kon de pers terecht bij leden van de crisisstaf voor gebiedsgebonden vragen.

Alle waterschappen kregen te maken met regionale en provinciale coördinatiecentra (RCC's en PCC's) die fungeerden als crisiscentra. In de regionale coördinatiecentra waren vertegenwoordigd gemeenten, de regionale politie en brandweer en de waterschappen. Zowel de regionale als provinciale coördinatiecentra zijn voor hun informatie in hoge mate aangewezen op de waterschappen. Dat betekende dat er tijdens het hoogwater een zeer intensieve berichtenstroom op gang kwam tussen de verschillende crisis- en coördinatiecentra. Daarnaast werd er regelmatig overleg gevoerd tussen waterschappen, burgemeesters, politie, brandweer en in sommige gevallen de Commissaris van de Koningin. De waterschappen werden meestal door de dijkgraaf en/of het hoofd technische dienst vertegenwoordigd binnen de regionale en provinciale centra. De ervaringen opgedaan tijdens de diverse, vaak zeer intensieve, overlegsituaties lopen per waterschap nogal uiteen.

Het overleg tussen waterschappen en andere overheden is in verschillende gevallen sterk bepaald doordat op basis van berekeningen de waterkeringbeheerder de stabiliteit van de dijken niet meer kon garanderen.

Dit betekent echter niet dat de dijken dan ook direct bezwijken. Afhankelijk van de aard van de belasting en het type dijk zal er eerst sprake zijn van vervormingen, die in veel gevallen het waterkerend vermogen niet aantasten. Op basis van eigen ervaring, bewezen sterkte of adviezen van deskundigen op het gebied van de grondmechanica maakt de beheerder een afweging of men nog voor de standzekerheid van dijken kan instaan. Het is duidelijk dat hierbij de grenzen van techniek en maatschappelijke acceptatie worden genaderd. In een dergelijke situatie is het moeilijk om met onzekerheden om te gaan. Voor verschillende waterschappen is de beschreven situatie reden geweest om te pleiten voor de ontwikkeling van een systeem, waarmee snel de stabiliteit van een dijkvak kan worden berekend.
Enkele waterschappen kregen te maken met verschillende regionale coördinatiecentra wat de communicatie vaak nogal complex maakte en een grote druk betekende voor de dijkgraaf en het hoofd technische dienst. In een enkel geval bleek het moeilijk om de gemeenten te overtuigen van de kwaliteit van de bandijken. Mede door de beelden over evacuaties in andere delen van het land werd de kijk van gemeentelijke bestuurders over de situatie in het eigen gebied beïnvloed. Binnen enkele RCC's werd het oordeel van het waterschap over de standzekerheid van de dijken in twijfel getrokken en werden zonder overleg derden ingeschakeld voor een "second opinion". Dat leidde soms tot spanningen en irritaties binnen het overleg. Reden voor enkele waterschappen om te pleiten voor een systeem waardoor snel de stabiliteit van een dijkvak kan worden berekend.



Beelden van overstromende kades zijn voor het publiek verontrustend. Een overstromende zomerkade is echter een normaal en volledig beheersbaar verschijnsel. De rivier vult haar uiterwaarden.

Bij veel waterschappen bestond de indruk dat de publieke opinie nogal wordt bepaald door televisiebeelden en kranteberichten. Vaak worden deze berichten vertaald naar het eigen gebied waardoor vragen over evacuaties werden gesteld in gebieden waar dat in het geheel niet aan de orde was. Dat neemt niet weg dat de meeste waterschappen rekening hebben gehouden met de ongerustheid onder de bevolking. Door middel van hoogwaterberichten via fax en kabelkrant werd het publiek op de hoogte gehouden van de meest actuele stand van zaken in een gebied.

6. IDEEËN UIT DE SAMENLEVING

De dreiging van het water en het meeleven met de gedupeerden heeft zowel in het binnen- als buitenland veel emoties losgemaakt. De samenleving reageerde door het aanbieden van daadwerkelijke hulp, giften en bijstand. Daarnaast heeft de spanning van het hoogwater velen geïnspireerd tot het meedenken in oplossingen voor dijkversterking of het treffen van noodmaatregelen. Zeer veel bedrijven en particulieren uit de hele wereld hebben hun ideeën daarover doen toekomen aan Rijkswaterstaat.
Ideeën van leken kunnen buitengewoon interessant zijn. Omdat daar suggesties en concepten bij kunnen zitten die leiden tot vernieuwde inzichten en bruikbare constructies. Onder de nu ingestuurde ideeën zijn echter geen waterkerende principes aangetroffen die niet reeds lang bekend zijn. Toch geven ze een indicatie van de wijze waarop tegen de problematiek wordt aangekeken en zijn uit dien hoofde interessant voor de analyse van de genomen en te nemen maatregelen. In hoofdlijnen zijn de binnengekomen suggesties onder te verdelen in vier soorten benaderingswijzen.

1. Hoogwaterkeringen.
Men kan er voor kiezen om een stabiele waterkering te maken, die te laag is voor een hoogwatersituatie. In een hoogwatersituatie worden tijdelijke voorzieningen aangebracht die het hoogwater moeten keren. Dit soort keringen bestaat reeds, maar veelal slechts voor zeer korte stukken dijk. Daar waar om een of andere reden een uitsparing in de waterkering moet zitten vanwege een weg of een sluis is dit een geschikte oplossing. Indien dit soort oplossingen echter over grote lengten wordt toegepast, rijst altijd het probleem van de betrouwbaarheid. In Zeeland heeft dat in 1953 tot desastreuze gevolgen



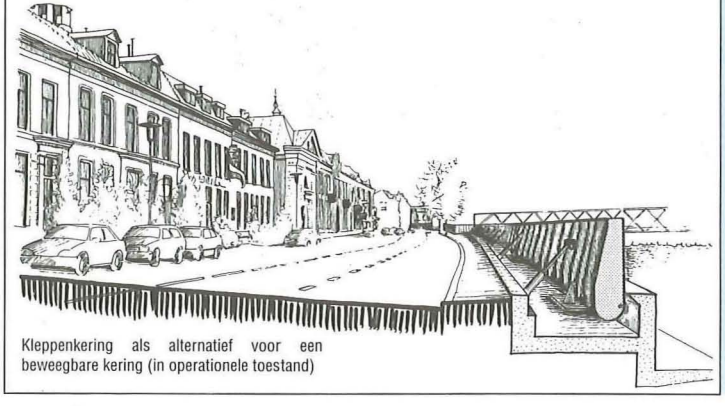
Het water steeg in Kampen tot aan de rand van de kade. Voor de toekomst houdt men rekening met waterstanden die zeker een meter hoger kunnen worden. Vanwege de bestaande weg en de bebouwing lukt het niet de kade te verhogen. .

geleid. Er bestaat altijd het risico dat de tijdelijke kering niet bijtijds beschikbaar is, dat mensen die ze moeten bedienen afwezig zijn, of dat de schotten om de een of andere reden niet meer functioneren.
Om de vereiste betrouwbaarheid te kunnen garanderen, voldoen simpele systemen niet meer en moeten de bedenkers kunnen aantonen dat het systeem juist in het toch niet zó vaak voorkomende geval van hoogwater feilloos werkt.
In het algemeen is dit soort oplossingen voor grotere lengten dus niet acceptabel, alleen voor de stad Kampen onderzoekt men verschillende ideeën van dit genre, zoals een kleppenkering, een met water opvulbare slang van kunststofdoek en een opdrijvende schottenkering.

2. Noodkeringen
De meeste ideeën voor noodkeringen richten zich op de hoogte van de dijk. De hoogte is inderdaad veruit het belangrijkste beoordelingscriterium voor een waterkering. Toch was bij eigenlijk alle hoogwaters van de Rijn sinds 1926, de hoogte van de dijken niet de doorslaggevende factor, ook niet in 1995. Immers men vreesde alleen voor de stabiliteit van de dijken en dan is het in kritieke gevallen juist zaak om zo min mogelijk gewicht boven op de dijk en zijn taluds te laten rusten.
Langs de Maas en in buitendijkse gebieden ging het voor de noodgevallen juist wel om de hoogte. Dit is in de praktijk veelal op te lossen door het aanbrengen zandzakken, tenzij de noodzaak bestaat voor het bouwen van een nooddijk.



Kleppenkering als alternatief voor een beweegbare kering (onder dagelijkse omstandigheden)



Kleppenkering als alternatief voor een beweegbare kering (in operationele toestand)

Het idee bestaat om in de kade in Kampen een constructie te maken die alleen in geval van extreem hoog water omhoog komt om het water te keren. Een dergelijke constructie is vanzelfsprekend duurder dan een dijk van zand, klei en gras.

De nieuwe ontwikkelingen die zich in de praktijk hebben bewezen betreft het gebruik van de zogenaamde big bags in Limburg en het gebruik van strobalen in Heerewaarden langs de Maas en bij Lathum langs de IJssel.



Ter bescherming van de vestiging van Akzo Nobel aan de Westvoortse Dijk in Arnhem werden 'big bags' toegepast. De zo gecreëerde noodkade bleek in de praktijk het water te kunnen keren.

Ten behoeve van noodmaatregelen moet de geschiktheid van de zandzak niet worden onderschat. Waterschappen kunnen zandzakken vrij gemakkelijk in grote hoeveelheden beschikbaar stellen; elke aannemer kan aan behoorlijke hoeveelheden zand komen; iedereen kan wel een zandzak vullen; een zandzak past altijd en sluit vanzelf goed aan, zodat waterdichtheid wordt verkregen. Zoals uit de foto blijkt gaan sommige zandzakken al jaren mee.

3. Schermen

Veruit de meeste suggesties betroffen schermen, meestal in enigerlei vorm in de dijk aan te brengen en ten behoeve van de hoogte er zonodig bovenuit liet steken. Het scherm zou de waterdichtheid tijdens hoogwater kunnen garanderen en de stabiliteit van het grondlichaam kunnen verzekeren. Suggesties voor het te gebruiken materiaal liepen uiteen van staal, beton, waterdichte folies tot andere kunststoffen.

Het principe van het scherm is bekend bij Rijkswaterstaat, de ingenieursbureaus en de dijkbeheerders. In een aantal gevallen worden schermen ook inderdaad al toegepast, een stalen kistdam in Sliedrecht, een betonnen diepwand in Hardinxveld, een stalen erosiescherm in Voorst. Men past echter liever geen harde constructies toe in de dijken die alleen uit grond bestaan en voortdurend vervormen. Immers de vervormingen leiden tot scheuren in deze rigide constructies en vervanging ervan is vaak buiten proporties duur. Grond behoudt door de eeuwen heen zijn sterkte.

4. Grondstabilisatie

Een aanmerkelijk geringer aantal suggesties betrof de behandeling van de grond om te zorgen voor weerstand tegen afschuiven en tegen waterdoorstroming. Feitelijk komen veel van deze ideeën erop neer dat de grond wordt ingespoten met een mengsel waar cement in zit, zodat er eigenlijk beton wordt gemaakt. Een opmerkelijk idee in dit genre betrof het aanbrengen van buizen in de grond om tijdens hoogwater de grond te bevriezen.

Voor elk van deze systemen geldt dat ze vaak veel duurder, minder duurzaam en minder betrouwbaar zijn dan een traditionele grondversterking. Alleen op plaatsen waar de ruimte beperkt is en de kosten te verantwoorden zijn, komen dergelijke oplossingen eventueel in aanmerking.



Een telkens weer terugkerende zandmeevoerende wel bij paal 239 in Lathum langs de IJssel. Het grote witte doek dient ervoor dat er geen zand uit de ondergrond kan wegspoelen. Onder het doek kan enorme druk ontstaan wanneer water en lucht niet worden doorgelaten. Er wordt dus doek gebruikt waarvan de mazen klein genoeg zijn om het zand tegen te houden en het water door te laten.

7. BESCHOUWINGEN EN AANBEVELINGEN

Voorzorgsmaatregelen

Omdat er altijd perioden met hoge waterstanden zullen blijven, en omdat de mens een aanzienlijk deel van de oorspronkelijke ruimte voor de rivier in gebruik heeft genomen, zullen altijd voorzorgsmaatregelen noodzakelijk blijven. Deze zullen vooral gericht moeten zijn op het beperken van de (kans op) schade door wateroverlast. Voorbeelden van dergelijke voorzorgsmaatregelen zijn: effectieve voorspellings- en waarschuwingssystemen, bouwvoorschriften en -voorzieningen en een systeem van verzekering tegen hoogwaterschade. Daarnaast zal veel aandacht moeten worden besteed aan voorlichting en het bewustmaken van de bewoners van het rivierengebied.
Duidelijk is dat absolute veiligheid niet bestaat. Voorkomen moet echter worden dat in periodes waarin geen hoge waterstanden optreden, ongewenste ontwikkelingen (die de ruimte voor de rivier aantasten en/of het schadepotentieel doen toenemen) worden toegestaan. In de praktijk is nu gebleken dat voorzorgsmaatregelen zeer effectief zijn om de kans op schade terug te brengen. In zowel Limburg als Keulen bedroeg de totale schadesom tijdens het hoogwater van 1995 ongeveer de helft van de schade van 1993.

Wel of niet in de noodwet?

Het hoogwater van 1993 en 1995 is voor de regering aanleiding geweest om het dijkverzwaringsproces in een aantal gevallen te versnellen. Daartoe heeft de regering de Deltawet grote rivieren, kortweg de noodwet, ontworpen. Deze wet biedt de mogelijkheid om de periode voor inspraak, beroep en afhandeling van bezwaren te beperken tot slechts enkele maanden.

Om een dijkvak in de noodwet te krijgen moest aan één van de volgende technische criteria worden voldaan:

1. het dijkvak komt voor op de zogenaamde LCCD-lijst (de planningslijst voor de dijkversterkingen) en heeft een berekende veiligheid die slechter is dan 1/100 jaar. De dijkvakken met een berekende faalkans van precies 1/100 per jaar komen niet in aanmerking;
2. de veiligheid van het dijkvak bleek, in tegenstelling tot de vermelding in de LCCD-lijst, slechter dan 1/100 per jaar.

De beide criteria zijn gebaseerd op een technische beoordeling van de dijk. Bij die beoordeling moeten de volgende twee vragen worden beantwoord:

1. is de dijk hoog genoeg om veilig een combinatie van rivierwaterstand en windgolven te keren die met een kans van 1% per jaar optreedt;
2. is de standzekerheid (stabiliteit) van de dijk verzekerd tijdens een hoogwater met een kans van 1% per jaar.

De veiligheid van de dijk is in hoge mate een theoretisch bepaald gegeven. Het is het resultaat van voorspellende berekeningen waarin een bepaalde onzekerheidsmarge is verwerkt. Na een hoogwatersituatie kan blijken dat de berekeningen te voorzichtig waren. Het omgekeerde kan vanzelfsprekend ook het geval zijn: de dijk blijkt zwakker dan op basis van de berekeningen verondersteld mocht worden. In het laatste geval kunnen de afwijkingen worden verklaard uit het feit dat de in de LCCD-lijst genoemde veiligheden zijn gegrond op dijkhoogte en niet op stabiliteitsberekeningen.



Niet alle oude dijken zijn kronkelende slingers in het landschap. De rechteroever van de Waal bij Oosterhout wordt begrensd door een 19e-eeuwse omlegging na een doorbraak.

Dijken alléén niet genoeg

De hoge waterstanden van de Rijn en de Maas in twee opeenvolgende winterseizoenen hebben in Nederland een forse impact gehad: wateroverlast, schade en een massale evacuatie. De preventieve evacuatie had voorkómen kunnen worden als de dijken op de vereiste sterkte waren geweest. Het is dan ook te begrijpen dat regering en parlement met grote daadkracht hebben besloten tot een zo snel mogelijke uitvoering van het dijkversterkingsprogramma.

De vraag dringt zich nu op of met het versterken van de rivierdijken een blijvende bescherming tegen overstroming kan worden geboden. De geschiedenis toont aan dat dit niet het geval is. Overstromingen van de grote rivieren zijn er altijd geweest, maar enkele eeuwen geleden waren de gevolgen daarvan nog te overzien. In vroeger tijden hadden de rivieren meer ruimte en konden bredere gebieden - waarin geen of nauwelijks bebouwing was - onderstromen. Door die grotere breedte waren de gemiddelde waterstanden lager, waardoor de druk op de bestaande dijken ook geringer was.

Met de voortschrijdende bedijking werd weliswaar een zekere beveiliging tegen overstromingen geboden, maar hierdoor werd ook de bewegingsruimte van de rivier beperkt. Door het "opsluiten" van de rivier tussen bandijken werden echter de voorwaarden voor een verdere economische ontwikkeling van het rivierengebied geschapen.
Verdere ontwatering van de komgebieden achter de dijken was hiervoor noodzakelijk. Tegelijkertijd werd het gebied tussen de dijken tijdens perioden van hoogwater langzaam maar zeker opgehoogd met afzettingen van zand en vooral klei. Zo ontstond een situatie van een maaivelddaling áchter de dijken en een geleidelijke stijging van het maaiveld tússen de rivierdijken. Om het gevaar voor overstroming tegen te gaan, moesten de dijken steeds verder worden versterkt en verhoogd.

Het dijkversterkingsprogramma maakt de káns op hoogwater niet geringer, wel worden de gevolgen van hoge waterstanden beter beheersbaar. Hoge waterstanden op Rijn en Maas zullen er altijd blijven. Soms een aantal jaren achter elkaar, dan weer lange tijd niet. Het (opnieuw) verhogen van de rivierdijken is slechts een tijdelijke oplossing voor het hoogwatervraagstuk. Er kan echter geen twijfel over bestaan dat deze ronde van dijkversterkingen noodzakelijk is. Achter de dijken wonen miljoenen mensen en is een gigantisch vermogen geïnvesteerd. Maar naast het versterken van de dijken zullen andersoortige maatregelen noodzakelijk zijn, al was het maar om nieuwe dijkversterkingen in de toekomst zoveel mogelijk te voorkómen. De te nemen maatregelen in het rivierengebied zullen gericht moeten zijn op het vergroten van de ruimte voor de rivier en op het beperken van de (kans op) schade tijdens perioden met hoge waterstanden.

Ruimte voor de rivier en beperken schadepotentieel

Terugkijkend op de historie van het rivierengebied kunnen op vier verschillende niveaus maatregelen voor de beveiliging tegen overstroming worden onderscheiden:

1. ruimtelijke ordening
2. landrichting
3. rivierbeheer
4. aanleg en versterking van dijken

Ruimtelijke ordening

De ruimte die nog voor de rivier beschikbaar is, tussen de bandijken, moet door de mens worden vrijgehouden voor de hoofdfuncties van de grote rivieren: afvoer van water, natuur en scheepvaart. Ontwikkelingen die de hoofdfuncties negatief beïnvloeden moeten actief worden tegengegaan, bijvoorbeeld door het instellen van een bouwverbod. Wellicht is het in de toekomst zelfs mogelijk ongewenste ontwikkelingen uit het verleden ongedaan te maken.

De rivier, hier de Lek in de buurt van Wijk bij Duurstede, heeft in de winter ruimte nodig om het water te kunnen afvoeren. Zomerkaden dienen om overstroming van het buitendijkse gebied zoveel mogelijk tegen te gaan. In geval van topafvoeren is het echter normaal dat deze overstromen. Het water staat dan tegen de primaire waterkering, de bandijk. Eventuele bebouwing in het winterbed vermindert de afvoercapaciteit van de rivier.



Landinrichting
Door het bergen van regen- en smeltwater kan de topafvoer van de grote rivieren worden afgevlakt. Gezien de lengte van de Rijn en Maas hebben dergelijke maatregelen in Nederland waarschijnlijk relatief weinig effect. Bovendien zijn de praktische mogelijkheden voor het uitvoeren van dergelijke maatregelen beperkt, waardoor de nadruk voor dit type maatregelen vooral bovenstrooms ligt. Wel is het van belang te constateren dat een ander 'waterprobleem' namelijk verdroging hierdoor kan worden aangepakt. Elders in Nederland kunnen landinrichtingsmaatregelen wel degelijk belangrijk zijn voor efficiënt waterbeheer van kleine rivieren en beken.

Rivierbeheer
Rivieren zijn hoog-dynamische systemen door ondermeer variaties in stroming en afvoer. De mogelijkheden voor regeneratie zijn groot, ondanks de soms ingrijpende veranderingen. Een duurzaam rivierbeheer dient gericht te zijn op het structureel handhaven en waar mogelijk vergroten van de mogelijkheden voor afvoer van water en op herstel en ontwikkeling van het het natuurlijke karakter van de rivier. Dit kan bijvoorbeeld worden bereikt door ondiepe ontgronding van de rivierbedding in combinatie met natuurontwikkeling, zoals is voorgesteld in het plan "Levende Rivieren" van het Wereldnatuurfonds. Hierbij zal erop moeten worden toegezien dat natuurontwikkeling niet tot een afname van afvoercapaciteit van de rivier leidt. In de praktijk betekent dit dat natuurgebieden in de rivierbedding goed moeten worden beheerd.

Aanleg en versterking van dijken
Waar maatregelen op het gebied van ruimtelijke ordening, landinrichting en rivierbeheer onvoldoende bescherming tegen overstroming bieden, kunnen (aanvullende) technische maatregelen worden doorgevoerd. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan retentiebekkens en waterkeringen (dijken en kades). Dergelijke maatregelen zijn over het algemeen duur qua aanleg en onderhoud. In Nederland is in het verleden gekozen voor dijken als dé methode van bescherming tegen overstroming door de grote rivieren. Een weg terug bestaat niet meer, maar door de nadruk op andersoortige maatregelen te leggen kunnen nieuwe rondes van dijkversterkingen in de toekomst wellicht worden vermeden.

Vanzelfsprekend is de effectiviteit van de bovengenoemde vier niveaus van maatregelen niet altijd en overal gelijk. In veel gevallen zullen internationale afspraken noodzakelijk zijn. Ook de termijn waarop de verschillende soorten maatregelen effect sorteren verschilt. Veelal zal moeten worden gekozen voor combinaties van verschillende typen maatregelen.

Aanbevelingen

Voorspellingen
Voor beheerders van waterkeringen, maar ook voor gemeentelijke en provinciale bestuurders is het van groot belang te beschikken over voorspellingen van de waterstanden over een langere periode dan 48 uur. Rijkswaterstaat dient deze voorspellingen te geven en regulier aan te passen.
Veel preventieve maatregelen worden op basis van dergelijke voorspellingen getroffen. Hierbij dient wel de geringere nauwkeurigheid van dergelijke lange-termijnvoorspelling te worden betrokken. Dit staat op gespannen voet met het hanteren van strikte waterstandscriteria voor het treffen van de verschillende preventieve maatregelen.

Afstemming
Het verdient verder aanbeveling de voorspelde waterstanden langs de rivieren nog nadrukkelijker af te stemmen. Verschillende voorspellingen van verschillende Rijkswaterstaats-diensten zorgen voor verwarring over de juistheid ervan. Afstemming van de voorspellingen langs de verschillende riviertakken is noodzakelijk.

Ontwerprandvoorwaarden
Bij de gehanteerde statistische methoden bij de bepaling van ontwerpafvoeren spelen de opgetreden afvoeren een belangrijke rol. Dit geldt in belangrijke mate voor de recente hoogwaters op de Rijn en de Maas. Een regelmatige toetsing en bijstelling van de ontwerprandvoorwaarden is daarom noodzakelijk. Dit geldt overigens niet alleen voor de ontwerpafvoeren, maar ook voor de andere relevante factoren zoals windsnelheden en golfbelastingen.
Vooruitlopend op mogelijke bijstellingen van de ontwerpafvoeren wordt een integrale analyse van alle relevante factoren aanbevolen. Het werkorgaan van de TAW, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat, zal in samenwerking met het RIZA een gevoeligheidsanalyse uitvoeren naar de effecten van de verwachte ontwikkelingen en nieuwe inzichten in de verschillende ontwerprandvoorwaarden.

Ontwerpen met onzekerheden
Gezien het geringe aantal waarnemingen zal de inschatting van de ontwerpafvoer altijd met onzekerheden gepaard gaan. Deze onzekerheden kunnen worden gereduceerd door het vergroten van het inzicht in het fysische afvoergedrag. Gecombineerde hydrologische en hydraulische modellen voor het gehele stroomgebied van Rijn en Maas kunnen hier een bijdrage aan leveren. Desalniettemin zullen er onzekerheden aan de ontwerprandvoorwaarden verbonden blijven. Het verdient aanbeveling bij het ontwerpen van waterkeringen met deze onzekerheden rekeningen te houden.

Beslissingsondersteunend systeem
Het uitblijven van dijkdoorbraken terwijl de theoretische modellen anders aangaven dient aanleiding te zijn om de stabiliteit van waterkeringen tijdens hoogwater scherper te kunnen voorspellen. Hiervoor bestaan verschillende mogelijkheden. Ten eerste is het verstandig de meest relevante grondparameters direct ter beschikking te hebben om de berekeningen zonder voorzichtige aannames te kunnen uitvoeren. Dit kan overigens inhouden dat bepaalde ontwikkelingen daadwerkelijk tijdens het hoogwater moeten worden gemeten, zoals het stijghoogteverloop in de dijk. Ten tweede verdient het aanbeveling meer gebruik te maken van 'bewezen' sterkte. Uit reeds gekeerde hoogwaters kunnen aanvullende gegevens worden gedestilleerd als aanvulling op de voorspelde stabiliteit. Tenslotte dient de beoordeling van de stabiliteit van de waterkering voor beheerders en bestuurders in een beslissingsondersteunend systeem te worden geïntegreerd. Het werkorgaan van de TAW, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat, zal in samenwerking met Grondmechanica Delft en adviesbureaus de ontwikkeling van een dergelijk systeem bevorderen, zo mogelijk in Europees kader.

Afstemming adviezen
Bij het afgelopen hoogwater is veel gebruik gemaakt van deskundige vooral grondmechanische advisering. De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat en Grondmechanica Delft speelden hierbij een belangrijke rol. Teneinde de waarde van

dergelijke adviezen voor bestuurder te vergroten verdient het aanbeveling tot een betere afstemming tussen de verschillende adviezen te komen. Een centrale registratie van vragen en antwoorden kan behulp zijn bij het opbouwen van een consistent beeld over bijvoorbeeld de macro-stabiliteit van dijken.

Beveiliging buitendijkse gebieden
Evenals in 1993 is er een roep om buitendijkse gebieden beter te beveiligen tegen hoogwater. De Technische Adviescommissie acht dit vanuit het waterkeringsbelang ongewenst gezien de effecten van dergelijke ingrepen op de afvoercapaciteit van het winterbed en de beperkingen, die aan het uitvoeren van dijkversterkingsplannen het gevolg kunnen zijn.

Duurzame benadering
In aansluiting hierop dient het aanleggen van nieuwe waterkeringen pas in laatste instantie overwogen te worden als de te treffen maatregelen bij de bescherming tegen hoogwater. De voorkeur gaat uit naar maatregelen gericht op een duurzame benadering van de rivier als een dynamisch systeem. Deze kunnen worden gezocht in de sfeer van de ruimtelijke ordening, de landinrichting en het rivierbeheer.

Omgaan met technische en bestuurlijke onzekerheden
Bij het overleg tussen waterschappen en andere overheden heeft twijfel over de stabiliteit van de dijken een cruciale rol gespeeld. Theoretisch gezien was de stabiliteit soms onvoldoende. Op basis van eigen ervaring, bewezen sterkte of adviezen van deskundigen op het gebied van de grondmechanica maakt de beheerder een afweging of men nog voor de standzekerheid van dijken kan instaan. Het is duidelijk dat hierbij de grenzen van techniek en maatschappelijke acceptatie worden genaderd. In een dergelijke situatie is het moeilijk om met onzekerheden om te gaan. Toch kunnen garanties niet worden gegeven en is het zaak alle verschillende mogelijkheden af te wegen. De ontwikkeling van een beslissingsondersteunend systeem voor de beoordeling van de standzekerheid van dijken kan hierbij behulpzaam zijn.

8. LITERATUUR

Commissie Toetsing Uitgangspunten Rivierdijkversterkingen (1993). Eindrapport, WL/RAND, Delft.

Commissie Watersnood Maas (1994) De Maas Terug! Eindrapport van de Commissie, WL, Delft.

De Maas meester ! Onderzoeksrapport Watersnood Maas, Waterloopkundig Laboratorium, 12 december 1994.
Verkrijgbaar bij het Waterloopkundig Laboratorium (niet kosteloos).

De Maas slaat weer toe... (1995). Verslag hoogwater Maas januari/februari 1995, Rijkswaterstaat - Directie Limburg, Maastricht.

Een zee van rivieren (1995), Rijkswaterstaat - Directie Oost, Arnhem.

Jorissen, R.E. Voorlopige analyse hoogwaterperiode januari-februari 1995, DWW-rapport AK-R-95.048, Rijkswaterstaat - Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.

Pipingproblematiek bij de rivierdijk te Opijnen, Rapport CO-359650/14, Grondmechanica Delft, juli 1995.

Syllabus hoogwater 1995 (1995), CUR en Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Gouda.

Tienjarig overzicht der waterhoogten en afvoeren 1951-1960, Rijkswaterstaat, 1964.

Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen, Waterloopkundig Laboratorium e.a., januari 1993.
Verkrijgbaar bij het werkorgaan van de TAW, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat

Verslag Hoogwater 1995, Evaluatie van de berichtgeving door het RIZA.

Verslag van het voorgevallene tijdens het hooge opperwater op de Nederlandsche rivieren in den winter van 1925 op 1926, Departement van Waterstaat, 1926.

Waterstanden langs de Rijn en zijn takken bij vijf herhalingstijden, Rijkswaterstaat RIZA, Notanr. 94.012, 14 december 1994.

Water tegen de dijk - 1993, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, maart 1993.
Verkrijgbaar bij het werkorgaan van de TAW, de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat

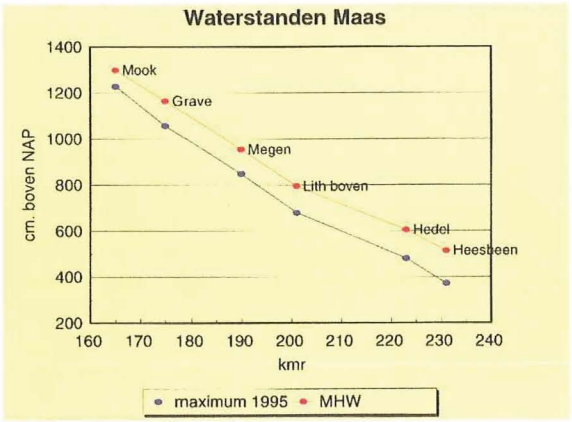
BIJLAGEN

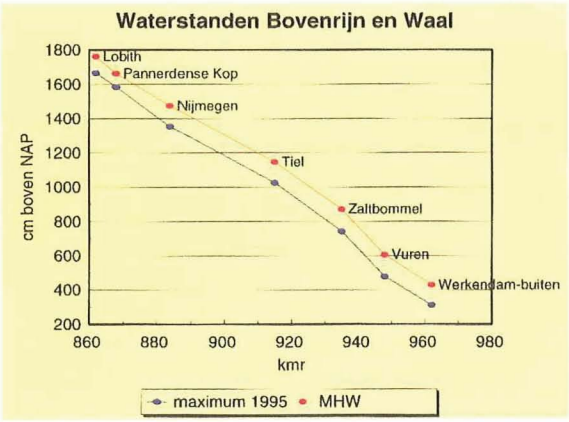
BIJLAGE 1 OPGETREDEN WATERSTANDEN

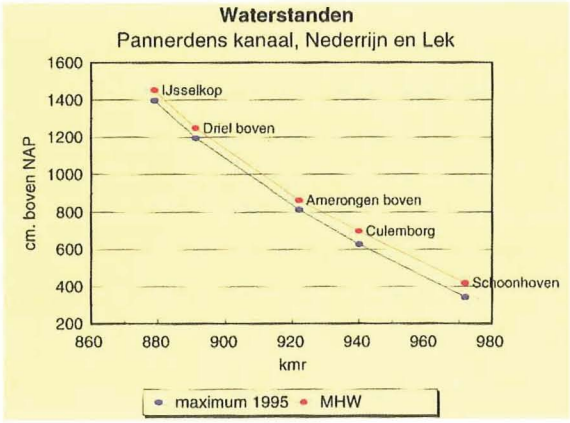
Datum	Waterafvoer in m^3/s	Waterstanden*) in meters boven NAP	
Meetpunt Borgharen (Maas)			
15-01-1920	2086	45,12	
1/2-01-1926	3000	45,85	(46,05 toen gemeten)
29-11-1939	2060	45,10	(46,00 toen gemeten)
22-12-1952	2010	45,05	(45,42 toen gemeten)
01-02-1961	2125	45,15	
22-02-1970	2165	45,18	
22-07-1980	2120	45,19	
08-02-1984	2550	45,40	
13-01-1993	2388	45,35	
22-12-1993	3120	45,90	
31-01-1995	2861	45,71	
Meetpunt Lobith (Rijn) **)			
02-01-1920	10000	15,96	
18-01-1920	11365	16,48	
07-11-1924	9430	15,63	
3/4-01-1926	12600	16,83	
27-11-1930	9105	15,52	
12-02-1946	9890	15,86	
21-01-1955	9545	15,73	
01-03-1958	9270	15,63	
27-02-1970	9850	15,89	
09-02-1980	8839	15,64	
10-01-1982	7960	15,25	
31-05-1983	9707	15,90	
30-03-1988	10475	16,08	
25-12-1993	11100	16,39	
31-01-1995	12060	16,68	

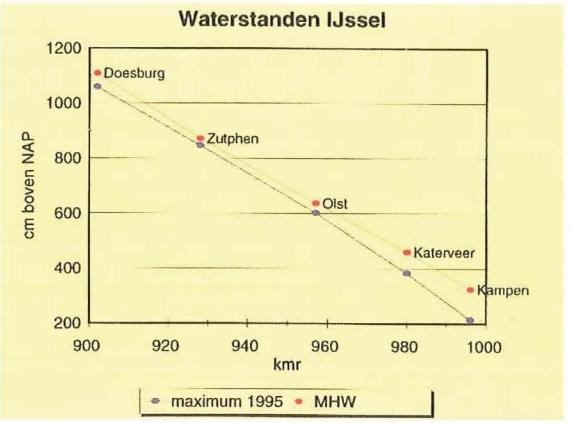
*) waterstanden als de afvoer behorend bij de vermelde datum nu weer zou optreden.
**) waterafvoeren van de Rijn boven 9000 m^3/s (sinds 1980 boven de 7500 m^3/s).

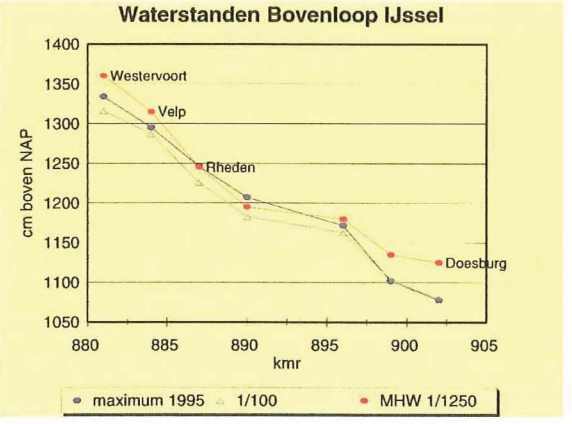
Bron: Berichtencentrum Lelystad, Rijkswaterstaat/RIZA


Waterstanden Maas
cm. boven NAP
1400
1200
1000
800
600
400
200
160 170 180 190 200 210 220 230 240
kmr
Mook
Grave
Megen
Lith boven
Hedel
Heesbeen
maximum 1995
MHW


Waterstanden Bovenrijn en Waal
cm boven NAP
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
860 880 900 920 940 960 980
kmr
Lobith
Pannerdense Kop
Nijmegen
Tiel
Zaltbommel
Vuren
Werkendam-buiten
maximum 1995
MHW


Waterstanden
Pannerdens kanaal, Nederrijn en Lek
cm. boven NAP
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
860 880 900 920 940 960 980
kmr
IJsselkop
Driel boven
Amerongen boven
Culemborg
Schoonhoven
maximum 1995
MHW





In het bedijkte deel van de Maas waren de verschillen tussen opgetreden en ontwerpwaterstanden relatief groot, tot 150 centimeter maximaal.

Op de Boven-Rijn en Waal liepen de verschillen tussen opgetreden waterstanden en MHW's uiteen van 70 tot 130 centimeter. Langs de Neder-Rijn en de IJssel lagen de verschillen globaal tussen de 40 en 80 centimeter.

Op de bovenloop van de IJssel traden soms behoorlijke afwijkingen op. Zo bleek tussen Rheden en Giesbeek de waterstanden soms hoger dan MHW. Deze overschrijding van het verwachte niveau van 1/100 per jaar ontstond waarschijnlijk door een lokale vernauwing van het doorstroomprofiel van de rivier.

BIJLAGE 2 WEERSOMSTANDIGHEDEN

Datum	Wind				Neerslag	Temperatuur	
	Wgem in m/s	Wmax in m/s	Wvec in m/s	Wricht	N24 in mm	Tgem in 0 C	Tmin in 0 C
Meetstation De Kooy							
19-01-1995	8,7	14,4	8,7	Z	2,1	4,8	2,7
20-01-1995	12,3	16,5	11,8	ZZW	1,6	7,4	5,4
21-01-1995	11,3	17,0	10,8	Z	6,4	5,8	4,5
22-01-1995	7,7	11,8	6,2	WZW	20,7	5,5	3,1
23-01-1995	14,4	17,0	14,4	W	1,8	6,2	4,3
24-01-1995	11,3	13,9	11,3	W	0,1	6,3	5,2
25-01-1995	4,1	12,3	3,1	ZZW	9,5	4,8	3,5
26-01-1995	11,3	15,4	4,6	W	14,4	6,4	2,0
27-01-1995	8,7	11,3	4,1	W	5,4	3,4	0,4
28-01-1995	10,3	12,9	9,8	WZW	4,3	7,7	2,4
29-01-1995	6,7	8,7	6,2	W	3,4	6,9	5,5
30-01-1995	4,1	7,7	4,1	N	0,6	3,3	-1,2
31-01-1995	10,8	15,9	10,3	ZZW	1,4	4,2	-0,9
01-02-1995	7,7	15,9	7,2	WZW	8,4	7,4	6,0
02-02-1995	4,6	6,7	3,1	NW	0,0	5,0	1,1
03-02-1995	9,3	12,9	8,7	ZZW	0,0	5,8	2,7
04-02-1995	7,2	9,3	6,2	W	0,0	7,1	4,6
05-02-1995	6,7	9,3	6,7	WZW	0,0	6,6	3,8
Meetstation Herwijnen							
19-01-1995	7,2	11,3	6,7	Z	1,9	5,4	2,2
20-01-1995	7,7	10,3	7,2	Z	0,0	8,1	4,8
21-01-1995	8,2	12,3	8,2	Z	4,8	6,1	4,4
22-01-1995	8,7	17,5	7,2	ZW	15,7	7,4	4,8
23-01-1995	10,3	14,4	10,3	WZW	2,9	6,2	3,4
24-01-1995	9,3	12,3	9,3	ZW	1,0	5,9	4,7
25-01-1995	3,6	11,3	2,1	Z	5,1	5,2	3,3
26-01-1995	9,8	13,4	5,7	WZW	12,8	7,6	2,2
27-01-1995	6,7	8,7	4,6	ZW	12,1	2,5	0,1
28-01-1995	9,8	12,9	9,8	WZW	7,5	8,6	5,3
29-01-1995	7,2	9,3	6,7	WZW	14,5	8,1	6,7
30-01-1995	4,1	8,7	3,1	NW	0,0	2,9	-1,6
31-01-1995	6,2	8,7	6,2	Z	0,5	3,5	-1,2
01-02-1995	8,2	11,8	7,7	ZW	5,1	10,1	7,0
02-02-1995	3,1	6,2	2,1	WNW	0,0	4,5	0,6
03-02-1995	5,7	7,7	5,1	ZZW	0,0	5,2	1,7
04-02-1995	5,1	6,7	4,6	WZW	0,0	7,7	3,5
05-02-1995	4,1	6,2	4,1	ZW	0,1	6,5	2,3

Datum	Wind				Neerslag	Temperatuur	
	Wgem	Wmax	Wvec	Wricht	N24	Tgem	Tmin
	in m/s	in m/s	in m/s		in mm	in 0 C	in 0 C
Meetstation Rotterdam							
19-01-1995	7,7	11,3	7,7	Z	2,2	5,4	2,7
20-01-1995	8,7	11,3	8,7	Z	0,1	8,3	5,6
21-01-1995	8,7	12,3	8,2	Z	5,8	6,2	3,8
22-01-1995	8,2	15,9	7,2	ZW	19,4	7,3	4,1
23-01-1995	10,8	12,9	10,8	WZW	3,2	6,7	4,2
24-01-1995	9,8	12,3	9,3	WZW	0,9	6,4	5,4
25-01-1995	4,1	12,3	3,1	Z	4,9	5,7	3,5
26-01-1995	10,8	13,9	5,1	W	12,5	7,7	2,5
27-01-1995	7,2	10,3	4,6	ZW	12,2	3,1	0,4
28-01-1995	9,8	11,8	9,8	WZW	3,3	9,0	6,9
29-01-1995	6,7	10,3	6,2	WZW	15,2	8,2	6,3
30-01-1995	3,6	8,2	3,1	NNW	0,0	2,9	-1,6
31-01-1995	7,7	10,8	7,7	Z	1,0	4,3	-2,5
01-02-1995	8,2	11,3	7,2	ZW	11,8	10,0	7,5
02-02-1995	3,6	6,2	2,6	NW	0,0	5,3	0,9
03-02-1995	6,7	8,7	6,7	ZZW	0,0	6,3	3,5
04-02-1995	5,7	6,7	5,1	WZW	0,0	8,2	3,5
05-02-1995	4,6	7,2	4,6	ZW	0,0	7,0	3,3

Wgem	Etmaalgemiddelde windsnelheid in meters per seconden 0-0,2 m/s is windstil, windkracht <1 (Beaufortschaal) 0,3-1,5 m/s is zwakke wind, windkracht 1 (Beaufortschaal) 1,6-3,3 m/s is zwakke wind, windkracht 2 (Beaufortschaal)
Wmax	Maximale uurgemiddelde windsnelheid in meters per seconde
Wvec	Windsnelheid van de overheersende Windrichting (vectorwind)
Wricht	Richting van de overheersende windrichting
N24	Etmaalsom van de neerslag in millimeter per seconde
Tgem	Etmaalgemiddelde temperatuur in graden Celsius
Tmin	Minimumtemperatuur van het etmaal in graden Celsius
Bron:	KNMI in De Bilt

Nederland

DIJKRINGGEBIEDEN

Schaal 1:1.000.000

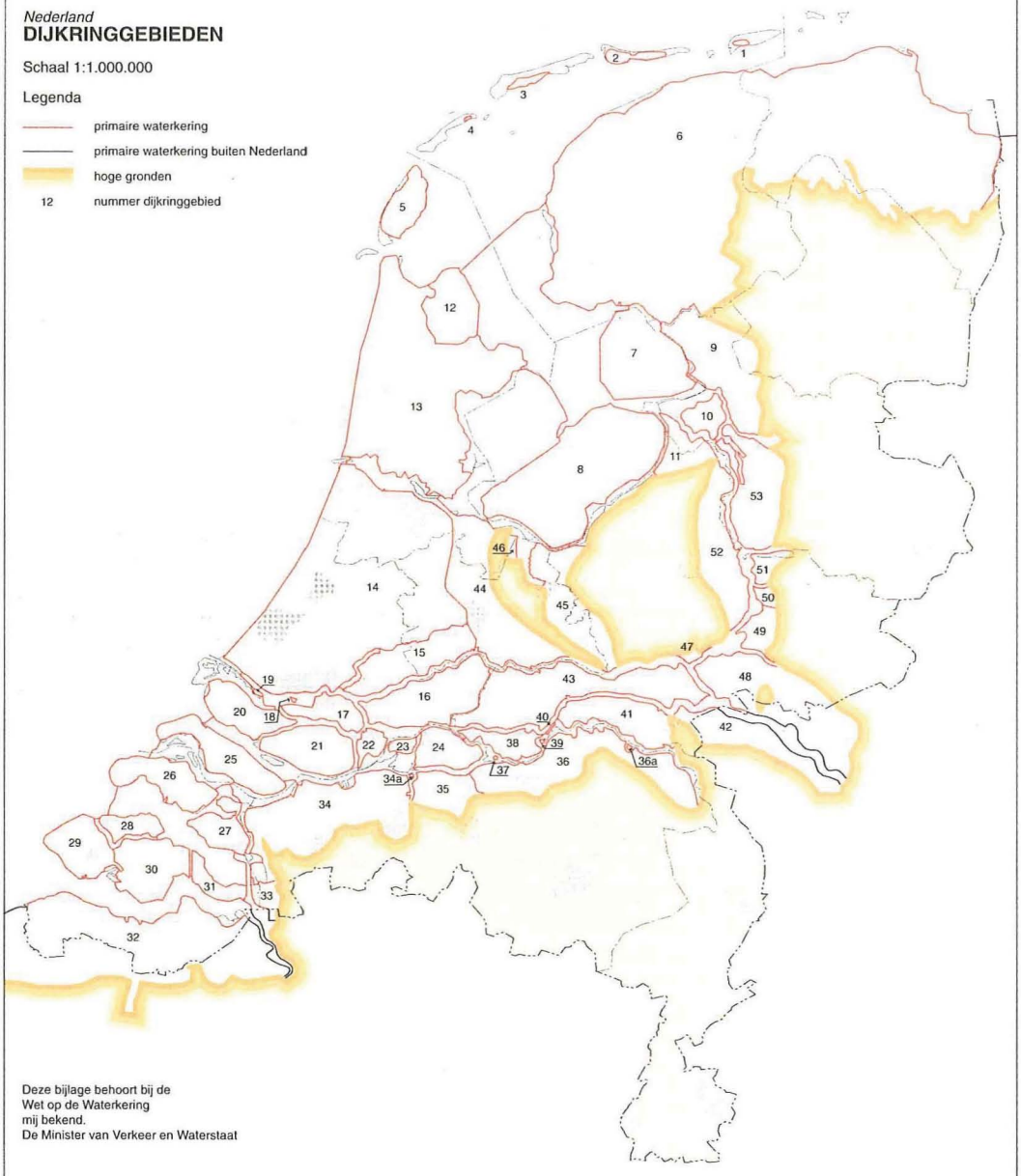
Legenda

primaire waterkering

primaire waterkering buiten Nederland

hoge gronden

12 nummer dijkringgebied



Deze bijlage behoort bij de
Wet op de Waterkering
mij bekend.
De Minister van Verkeer en Waterstaat

Kaartvervaardiging: Meetkundige Dienst, Thematische Kartografie, Delft. ©1994

Uitgave april 1994

BIJLAGE 3 OVERZICHT GEÏNTERVIEWDE RIVIERDIJKBEHEERDERS

Dijkringgebieden 10 en 11
Waterschap IJsseldelta
C.D. Hartog
Postbus 366
8260 AJ KAMPEN

Dijkringgebied 15
Hoogheemraadschap Krimpenerwaard
ing. W. Giljamse
D. van Schie
Postbus 150
2920 AD KRIMPEN A/D IJSSEL

Dijkringgebied 15
Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden
H. Boer
Postbus 1054
3430 BB NIEUWEGEIN

Dijkringgebied 16
Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard
en de Vijfheerenlanden
ing. E.J. Steenbergen
Postbus 102
4200 AC GORINCHEM

Dijkringgebied 17
Waterschap IJsselmonde
ing. A. de Koning
Postbus 3
2990 AA BARENDRECHT

Dijkringgebieden 21 en 22
Waterschap De Groote Waard
A.A.J. Vester
Postbus 7010
3286 ZG KLAASWAAL

Dijkringgebieden 23 en 24
Hoogheemraadschap Alm en Biesbosch
A.G. Vlaander
Postbus 5
4285 ZG WOUDRICHEM

Dijkringgebieden 36 en 36a
Waterschap De Maaskant
G.G. Rouhof
mw H. Nollekens
Postbus 309
5340 AH OSS

Dijkringgebieden 37, 38, 39, 40 en 41
Polderdistrict Groot Maas en Waal
ing. G.G.E.M. Termont
Postbus 89
6650 AB DRUTEN

Dijkringgebied 43
Polderdistrict Tieler- en
Culemborgerwaarden
ing. J.H. Boer
ing. J.J.Th. Gianotten
Postbus 247
4190 CE GELDERMALSEN

Dijkringgebied 43
Polderdistrict Betuwe
ing. J.W.Th.M. van Meegen
ing. C.G. de Vrieze
Postbus 25
6660 AA ELST

Dijkringgebied 45
Waterschap Gelderse Vallei en Eem
P.J. Walrave
Postbus 220
3870 CE HOEVELAKEN

Dijkringgebied 47
Dijkschap Arnhemse en Velpse Broek
p/a Gemeente Rheden
ing. H. Friso
Postbus 9110
6994 ZJ DE STEEG

Dijkringgebied 48
Polderdistrict Rijn en IJssel
J.W. Hoekstra
Postbus 380
6900 AJ ZEVENAAR

Dijkringgebieden 49 en 50
Waterschap IJsselland-Baakse Beek
A. Koster
Kerkplein 8
7261 AZ RUURLO

Dijkringgebied 51
Waterschap van de Berkel
S. van Dijk
Postbus 26
7240 AA LOCHEM

Dijkringgebied 52
Waterschap Oost-Veluwe
P. Spaan
Postbus 8
7390 AA TWELLO

Dijkringgebied 53
Waterschap Salland
J.A. Tijs
Postbus 42
8100 AA RAALTE

Rijkswaterstaat
Directie Gelderland
J.H. Spapens
Postbus 9070
6800 ED ARNHEM

Rijkswaterstaat
Directie Noord-Brabant
ing. H.G.A. de Ru
Postbus 90157
5200 MJ 's-HERTOGENBOSCH

BIJLAGE 4 STAND VAN ZAKEN RIVIERDIJKVERSTERKING

STAND VAN ZAKEN VERSTERKING PRIMAIRE WATERKERINGEN
Per 1 december 1994



categorie	globale lengte primaire waterkeringen (km)*	lengte resterende werken(km)	kosten resterende werken (mf)**
Deltagebied:			
-kust	700	20	134
-benedenrivieren***	600	129	648
Bovenrivieren	900	538	1606
IJsselmeer c.a.	300	109	413
Totaal	2500	796	2801

* primaire waterkeringen die direkt buitenwater keren (als in zwart/rood aangegeven op de kaart)

** betreft kosten van Rijk, Provincies en Waterschappen

***inclusief Europoortkering en stormvloedkering Nieuwe Waterweg

Kaartvervaardiging: MD - Afdeling TM K. ©1994

BIJLAGE 5 BEGRIPPENLIJST

Dijk

Ban-, winter- of rivierdijk — de rivierdijk die het winterbed omsluit.

(Binnen)berm — extra verbreding aan de landzijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden en/of om zandmeevoerende wellen te voorkomen.

Binnentalud — hellend vlak van het dijklichaam aan de landzijde van de dijk.

Binnenteen — de onderrand van het dijklichaam aan de landzijde van de dijk (de overgang van dijk en naar maaiveld).

Buitentalud — hellend vlak van het dijklichaam aan de rivierzijde.

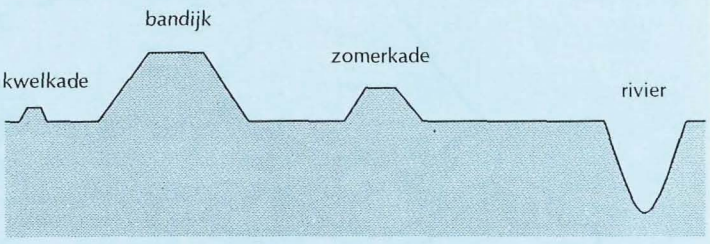
Coupure — onderbreking in de waterkering, bijvoorbeeld voor een doorgang naar de stad of een veerpont, die bij hoogwater afgesloten dient te worden.

Kade — kleine dijk.

Kruin — het hoogste punt van het dijklichaam.

Kwelkade — een achter de bandijk gelegen ongeveer 50 centimeter hoge kade die het kwelwater opvangt.

Een dwarsprofiel geeft aan welke elementen een rol spelen bij de bescherming tegen hoogwater langs de rivieren. Bij lage rivierwaterstanden stroomt de rivier in het zomerbed tussen beide zomerkaden. De uiterwaarden tussen de bandijk en de zomerkade zijn dan beschikbaar voor natuur, landbouw of recreatie. Bij hoge afvoeren stijgt de rivierwaterstand en komen de uiterwaarden ook onder water. Dan komt er water tegen de (ban)dijk. Bij langdurige hoogwaterstanden kan veel kwelwater aan de binnenkant van de dijk overlast veroorzaken. Om overmatige kwel tegen te gaan en de overlast te beperken dienen de kwelkaden aan de binnenkant van de dijk.



Niet waterkerend object — objecten op of in de dijk die geen waterkerende functie hebben, zoals leidingen, woningen, gemalen en bomen.

Primaire waterkering — een waterkering die beveiliging biedt tegen overstroming, doordat deze ofwel behoort tot het stelsel dat een dijkringgebied - al dan niet met hoge gronden - omsluit, ofwel voor een dijkringgebied is gelegen.

Schaardijk — rivierdijk die onmiddellijk aan het zomerbed grenst.

Uitgekiend ontwerp — afwijkende dijkprofielen en technische constructies in de dijk waardoor het ontwerp afwijkt van het gewone ruime dijkprofiel bestaande uit zand en klei.

Winterbed — rivierbed inclusief de uiterwaarden ofwel het totale gebied waar de rivier in geval van hoogwater stroomt.

Zomerbed	(rivier)bed waar de rivier onder normale omstandigheden stroomt, vaak begrensd door de zomerkaden.
Zomerkade of -dijk	langs het zomerbed van de rivier liggen vaak kleine dijkjes die ervoor zorgen dat de uiterwaarden niet te vaak overstromen.

Verschijnselen

Golfoverslag	het verschijnsel waarbij water over de kruin van de dijk het achterland in loopt waarbij de waterstand lager is dan de kruin, maar het water opgezwiept wordt door golven ten gevolge van wind of scheepvaart.
Kwel	water dat vanuit de rivier onder de dijk door in het achterland weer boven de grond komt. In tegenstelling tot wellen treedt dit water niet geconcentreerd uit en wordt evenmin zand meegevoerd.
Overlopen	het verschijnsel waarbij water over de kruin van de dijk het achterland in loopt omdat de waterstand in de rivier hoger is dan de kruin.
Piping	het ontstaan van een doorgaande ondergrondse verbinding (pipe of pijp) als gevolg van een zandmeevoerende wel onder de dijk door. Dit leidt onherroepelijk tot ondermijning van de dijk.
Verweking	water dat onder de dijk stroomt via de zandlagen en door de afdekkende slecht waterdoorlatende kleilaag wordt geperst, leidt tot verweking van deze afdekkende kleilaag.
Wel	geconcentreerde uitstroming van kwelwater door een gat of langs een paal in de afdekkende kleilaag.
Zandmeevoerende wel	wel die zand meevoert uit de ondergrond en die zo onbeheersbaar kan worden dat dit leidt tot piping.

Algemene waterstaatkundige begrippen

Benedenrivierengebied	het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten westen van de lijn Schoonhoven - Werkendam - Dongemond, inclusief Hollands Diep en Haringvliet, zonder de Hollandse IJssel.
Bovenrivierengebied	het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten oosten van de lijn Schoonhoven - Werkendam - Dongemond. De waterstanden worden daar niet beïnvloed door het getij van de Noordzee.
Dijkringgebied	een gebied dat door een gesloten stelsel van waterkeringen beveiligd is tegen overstroming.
Maatgevende hoogwaterstand	de waterstand die als uitgangspunt wordt genomen voor het ontwerpen van de versterking van primaire waterkeringen. Het begrip wordt afgekort als MHW.
NAP	Normaal Amsterdams Peil. Hoogte ten opzichte van het 'Amsterdams Peil', de gemiddelde zomervloedstand van het IJ voor Amsterdam toen dit nog in vrije verbinding stond met de Zuiderzee.
Waakhoogte	de hoogte van de kruin boven de optredende waterstand.
Werklijn	de werklijn is de grafiek die de Minister van Verkeer en Waterstaat hanteert voor het bepalen van de ontwerpafvoer voor de versterking van dijken.
Wiel, kolk of waai	ontgrondingskuil direct achter of voor een dijk die is ontstaan bij een oude dijkdoorbraak, waar nu vaak de dijk in een kronkel omheen ligt. Het wiel is dan een klein meertje geworden.

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen werd door de minister van Verkeer en Waterstaat ingesteld. De commissie adviseert de minister omtrent alle technisch-wetenschappelijke aspecten die van belang kunnen zijn voor een doelmatige constructie en het onderhoud van waterkeringen en voor de veiligheid van door waterkeringen beschermde gebieden.

Met vragen omtrent het werk van de TAW kan men zich wenden tot het secretariaat van de TAW, ondergebracht bij de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat,
postbus 5044, 2600 GA Delft, Tel. 015-2699440.

Meer exemplaren van deze publikatie zijn gratis te bestellen bij 015-2699436 met vermelding van 'Druk op de dijken 1995'.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde

