

Opdrachtgever:

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat Generaal Water

## Toelichting aanvullend deskundigenoordeel noodoverloopgebieden

J.P.M. Dijkman, H.J.M. Ogink, F. Klijn, H. van der Most en anderen

augustus 2003

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1—1</b>
<b>2</b>	<b>Toelichting op het antwoord op vraag 1: adequate werking? .....</b>	<b>2—1</b>
2.1	Kernbegrippen en wijze van behandelen.....	2—1
2.2	Overstromingsramp.....	2—1
2.3	Het concept noodoverloopgebied .....	2—1
2.3.1	Wat gebeurt er als de maatgevende afvoer wordt overschreden? De nutsvraag .....	2—3
2.3.2	Hoe het overstromingsrisico (kans x gevolg) te verkleinen? .....	2—3
2.4	Het functioneren van noodoverloop: in voldoende mate? .....	2—6
2.4.1	Hydraulische werking .....	2—6
2.4.2	Kosten-baten van noodoverloopgebieden .....	2—8
<b>3</b>	<b>Toelichting op de beantwoording van vragen 2 en 3: ruimtelijke consequenties en consequenties voor bewoners .....</b>	<b>3—1</b>
3.1	Schadevergoeding en noodoverloopgebieden .....	3—1
3.1.1	Concrete schadeberekening .....	3—4
3.1.2	Schaduwshade.....	3—6
3.1.3	Conclusies .....	3—8
<b>4</b>	<b>Toelichting op het antwoord op vraag 4: invloed Duitsland .....</b>	<b>4—1</b>
4.1	Interpretatie vraag .....	4—1
4.2	Fysiek maximum Duitse Nederrijn op dit moment .....	4—1
4.3	Fysiek maximum na afronding dijkversterking.....	4—2
<b>5</b>	<b>Toelichting op het antwoord op vraag 5: wanneer en waar een Rijnoverstroming? .....</b>	<b>5—1</b>
5.1	Algemeen.....	5—1

5.2	Overstroming door bovenmaatgevende afvoeren: waarschijnlijke locaties .....	5—1
5.3	Alles overziende .....	5—4
<b>6</b>	<b>De afvoer van de Rijn bij Lobith .....</b>	<b>6—1</b>
6.1	Korte beschrijving van het stroomgebied .....	6—1
6.2	Neerslag en afvoer in het stroomgebied van de Rijn .....	6—3
6.3	Genese van extreem hoge afvoer .....	6—4
6.4	Afvoercapaciteit van de rivier .....	6—8
6.5	Andere factoren die de riviercapaciteit beïnvloeden .....	6—15
6.6	Hydrologisch/meteorologische beperkingen aan de afvoer .....	6—16
6.7	Klimaatsscenario's .....	6—17
6.8	Conclusies .....	6—18
<b>7</b>	<b>Omvang noodoverloopgebied en beschermingsniveau .....</b>	<b>7—1</b>
7.1	Woord vooraf .....	7—1
7.2	Volume benodigde noodoverloopgebieden .....	7—1
7.3	Gevoeligheid bergingsvolume voor de capaciteit van de Nederrijn ....	7—4
7.4	Andere omstandigheden waarbij noodoverloopgebieden kunnen worden ingezet .....	7—6
<b>8</b>	<b>Economische aspecten van noodoverloopgebieden .....</b>	<b>8—1</b>
8.1	Terminologie .....	8—1
8.2	Afwegen van kosten en baten .....	8—3
8.3	Economische schade door overstromingen .....	8—6
8.4	Inzet van noodoverloopgebieden .....	8—8
8.5	Conclusies .....	8—12
<b>9</b>	<b>Waterbouwkundige constructies .....</b>	<b>9—1</b>
9.1	Inleiding .....	9—1
9.2	Veiligheidsfilosofie .....	9—1

9.3	Mogelijkheden voor het afleiden / inlaten van water .....	9—3
9.4	Conclusies .....	9—7
<b>10</b>	<b>Ervaringen in het buitenland .....</b>	<b>10—1</b>
10.1	Inleiding.....	10—1
10.2	Ervaringen van betekenis voor de discussie in Nederland.....	10—2
10.3	Duitsland: Elbe .....	10—3
10.4	Zwitserland.....	10—5
10.5	België: Demer en Sigmaplan .....	10—11
10.6	Frankrijk: Loire .....	10—13
10.7	Italië: Po.....	10—15
10.8	Polen: Wisla en Oder.....	10—20
10.9	Hongarije .....	10—21
10.10	Verenigde Staten van Amerika: Mississippi River .....	10—23
<b>Bijlagen:</b>		
<b>A</b>	<b>Hoogwaterbeheer langs de Loire .....</b>	<b>A—1</b>
<b>B</b>	<b>Examples Switzerland.....</b>	<b>B—1</b>

# I Inleiding

## Algemeen

Het 'Aanvullend deskundigenoordeel noodoverloopgebieden' is opgesteld door WL | Delft Hydraulics in opdracht van het Directoraat Generaal Water van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Aan het opstellen van dit deskundigenoordeel is meegewerkt door een aantal deskundigen uit binnen- en buitenland. De resultaten van de werkzaamheden zijn vastgelegd in het rapport 'Aanvullend deskundigenoordeel noodoverloopgebieden'. Het voorliggende rapport vormt daar een toelichting op.

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van informatie van een groot aantal instanties in binnen- en buitenland. Zonder deze informatie was het ons onmogelijk geweest de werkzaamheden uit te voeren. Wij zijn vanzelfsprekend volledig verantwoordelijk voor de wijze waarop deze informatie is gebruikt bij het opstellen van het deskundigenoordeel. Wij menen dat het rapport antwoord geeft op de aan ons gestelde vragen en kan bijdragen aan de besluitvorming over noodoverloopgebieden langs Rijn en Maas.

## Vragen

Het deskundigenoordeel gaat in op de volgende vijf vragen, die ons expliciet door de opdrachtgever zijn gesteld:

1. Kan het concept noodoverloopgebieden in voldoende mate werken bij Rijn en Maas om een overstromingsramp te voorkomen? (staven met voorbeelden van recente overstromingsrampen zoals bij de Elbe en andere ervaringen uit het buitenland)
2. Wat zijn de ruimtelijke consequenties van noodoverloopgebieden?
3. Wat zijn de consequenties voor de bewoners van noodoverloopgebieden en welke zekerheden moeten aan hen worden geboden (met name ten aanzien van schadevergoedingen)?
4. Wat is de situatie in Duitsland bij de Rijn voor en na 2015 en op welke wijze beïnvloedt dit de situatie in Nederland?
5. In welke situaties kan een overstroming van de Rijn plaats vinden en op welke locaties, gegeven de huidige situatie en na realisatie van Ruimte voor de Rivier (16.000 m<sup>3</sup>/s veilig afvoeren) en in beide gevallen daarbij meenemend de situatie in Duitsland bij de Rijn?

Drie van deze vragen zijn algemeen, twee hebben specifiek betrekking op de Rijn.

## Leeswijzer en auteurs

Het voorliggende rapport geeft een toelichting op een aantal aspecten van de in het deskundigenoordeel beantwoorde vragen. Dit betreft de volgende onderwerpen:

- toelichting op het antwoord op vraag 1 (hoofdstuk 2);
- toelichting op de antwoorden op vragen 2 en 3 (hoofdstuk 3);
- toelichting op het antwoord op vraag 4 (hoofdstuk 4);

- toelichting op het antwoord op vraag 5 (hoofdstuk 5);
- afvoeren van de Rijn bij Lobith (hoofdstuk 6);
- relatie tussen omvang noodoverloopgebieden en beschermingsniveaus (hoofdstuk 7);
- economische en kosten-baten aspecten (hoofdstuk 8);
- waterbouwkundige constructies (hoofdstuk 9); en
- ervaringen in het buitenland (hoofdstuk 10).

Deze toelichting is geschreven door verscheidene auteurs. De eindredactie van dit rapport lag in handen van ir. Henk Ogink, dr. Frans Klijn, ir. Herman van der Most en ir. Jos Dijkman (projectleider).

Waar rechtstreeks gebruik is gemaakt van door deskundigen aangeleverde teksten, zijn deze integraal en met vermelding van de auteur in dit rapport opgenomen.

## Dankzegging

De opstellers van het deskundigenoordeel zijn dank verschuldigd aan drs. M.C.M. Hobbelen en ir. P.J. Vermeer voor de voortvarende wijze waarop zij de werkzaamheden begeleid hebben namens het Directoraat Generaal Water van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Daarnaast zijn de opstellers veel dank verschuldigd aan met name de deskundigen van buiten WL uit binnen- en buitenland, die ondanks de tijdsdruk, volle agenda's en de vakantieperiode toch tijd hebben vrijgemaakt om een bijdrage te leveren. Speciale dank gaat daarbij uit naar:

- Prof. Mr. P.J.J. van Buuren (Universiteit Utrecht);
- Ing. J. Heylen (Eredirecteur Dienst Hydrologisch Onderzoek, ministerie Vlaamse Gemeenschap);
- Mr. Joseph R. McCormick Jr. (tot 2001 hoofd van de Water Control Branch, U.S. Army Corps of Engineers, Mississippi Valley Division / Mississippi River Commission);
- Mr. Claude N. Strauser (Chief, Potamology Section, Hydrologic & Hydraulics Branch, U.S. Army Corps of Engineers, St. Louis District);
- Dipl. ing. H. Engel (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Duitsland, en intensief betrokken bij de werkzaamheden van de Internationale Commissie voor de Bescherming van de Rijn);
- Dr. A. Petrascheck (Bundesamt für Wasser und Geologie, Zwitserland);
- Dr. N.G. Camp'huis (Directeur Equipe pluridisciplinaire plan Loire grandeur nature, Orléans, Agence de Loire, Frankrijk).

Ook bedanken wij onze collega's van WL die uit hun specialisme belangrijke bijdragen hebben geleverd, met name drs. Paul Baan, ir. Henk Verheij, dr. ir. Ferdinand Diermanse, Engelbert Vennix, Linda Jonker en Truus Karlas.

Tenslotte spreken wij onze dank uit voor de voortvarende wijze waarop tal van inhoudelijke vragen onzerzijds zijn beantwoord door ir. E.H. van Velzen, ir. R. Slomp, mw. dr. ir. R.M. Lammersen, ing. R. van der Veen, drs. J.M. Kind (allen RWS-RIZA), ing. J.J.W. Seijffert (RWS-RIKZ) en ir. P. Huisman (RWS-RIZA en TU Delft).

## 2 Toelichting op het antwoord op vraag 1: adequate werking?

Vraag 1 luidt: *kan het concept noodoverloopgebieden in voldoende mate werken bij Rijn en Maas om een overstromingsramp te voorkomen?*

### 2.1 Kernbegrippen en wijze van behandelen

De trefwoorden in deze vraag zijn:

- Overstromingsramp,
- het *concept*, c.q. de *werking* om een ramp te voorkomen, en
- in *voldoende mate*.

Achtereenvolgens wordt op deze kernbegrippen ingegaan en worden, waar relevant, na een kort antwoord achtergronden gegeven.

### 2.2 Overstromingsramp

Het begrip overstromingsramp kan op veel manieren worden gedefinieerd en voor haast iedere definitie is iets te zeggen. Sommigen stellen dat mensenlevens verloren moeten gaan (maar in het rivierengebied kunnen we meestal tijds evacueren), anderen stellen dat een economische schade boven een bepaald minimum vereist is. Om niet in deze discussie te verzanden wordt hier een pragmatische keuze gedaan, zonder op verdere achtergronden in te gaan.

Hier wordt gesteld dat sprake is van een ramp als, door wat voor natuurlijke of antropogene oorzaak ook, een overstroming optreedt van gebieden die worden beschermd door dijkringen (zoals vastgelegd in de Wet op de Waterkering), waarvan de *plaats en omvang niet meer onder controle* zijn. Een situatie kortom, waarbij de waterbeheerder wordt geconfronteerd met *loss-of-control*.

Men zou nu kunnen stellen dat dit betekent dat overstroming van een gebied door een sluis te openen (beperkt instroomdebiet) of een dijk door te steken (bewuste keuze van een op-te-offeren dijkkring) dan niet meer als ramp moet worden beschouwd, omdat er nog enige vorm van beheersing is. Wij spreken dan echter bij voorkeur van een beheersbare ramp (in tegenstelling tot een onbeheersbare) en dat betekent dat we de vraag interpreteren als: “... *om een overstromingsramp beheersbaar te houden*” in plaats van: “*om een overstromingsramp te voorkomen*”.

### 2.3 Het concept noodoverloopgebied

Het doel van noodoverloopgebieden kan worden aangeduid als het beheersbaar houden van een overstromingsramp door de kans op *ongecontroleerde overstroming te minimaliseren*, door controle te verkrijgen over:

- de plaats van een overstroming (waar de schade relatief gering is);
- de omvang van het overstroomde gebied (zo klein mogelijk); en
- het tijdstip (zo laat mogelijk en van te voren bekend in verband met evacuatie).

In die zin zijn noodoverloopgebieden een specifieke vorm van calamiteitenvoorzieningen, waartoe ook aflatgebieden, grootschalige groene rivieren, een verdeelwerk op riviersplitsingspunten of noodberging behoren (Klijn & Van der Most, 2000). Ze zijn bedoeld voor bovenmaatgevende omstandigheden en dus beheersing van (een deel van) het zogenaamde restrisico. Er bestaat consensus over het feit dat er altijd een zeker risico op overstroming zal blijven bestaan, hoe goed we ons ook beschermen.

Calamiteitenvoorzieningen hebben tot doel te voorkomen dat de waterstand tussen de dijken (dat wil zeggen: in de rivier) uitstijgt boven de maatgevende waterstand. Specifiek voor de door de Commissie Luteijn voorgestelde noodoverloopgebieden geldt dat deze in hydraulische zin functioneren als retentiegebied. Dat wil zeggen dat ze de top van een hoogwatergolf afscheren tot een veilig af te voeren afvoerhoeveelheid en deze top tijdelijk bergen. Daardoor wordt de waterstand in de rivier weer verlaagd tot beneden-maatgevend (lees: een veilig af te voeren niveau).

In de Wet op de Waterkering is steeds sprake van een maatgevende waterstand. Daarop worden dijken gedimensioneerd. In het bovenriviereengebied worden dijken gebouwd voor een maatgevende waterstand met een kans van optreden van 1/1250 per jaar. De maatgevende waterstand is niet hetzelfde als een maatgevende afvoer, hoewel de discussie zich daar overwegend op toespitst, omdat de berekening van de maatgevende waterstand daar in de praktijk op is gebaseerd.

De maatgevende waterstand kan worden overschreden door:

- bovenmaatgevende rivierafvoeren;
- een verdeling van de afvoer over de riviertakken (Waal, Neder-Rijn, IJssel) die afwijkt van de vooraf vastgestelde;
- een hogere hydraulische ruwheid van de begroeiing in de uiterwaarden dan waarmee rekening is gehouden;
- wind, c.q. stormopzet en golven;
- plotselinge obstakels (ijsdammen, e.d.); en
- benedenstrooms door opstuwning bij beperkte afvoer naar zee, resp. IJsselmeer.

In de praktijk wordt de maatgevende waterstand bepaald met modelberekeningen voor een maatgevende afvoer, waarbij rekening wordt gehouden met wind. Andere oorzaken voor (hogere) waterstanden (hydraulische ruwheid begroeiing, ijsdammen, afvoerverdeling) zijn verdisconteerd in de waakhogte die door de waterschappen wordt aangehouden bij het feitelijke dijkontwerp.

Noodoverloopgebieden wijken af van retentiegebieden op de punten:

- frequentie van inzet (ongeveer 1/1250 per jaar versus vaker); en
- juridisch: voor bovenmaatgevende omstandigheden versus bedoeld als onderdeel van de structurele bescherming tegen hoogwater (tot maatgevende omstandigheden).

De Commissie Luteijn geeft aan dat noodoverloopgebieden zijn bedoeld voor bovenmaatgevende waterstanden *als gevolg van* bovenmaatgevende afvoeren, maar ook kunnen worden ingezet voor bovenmaatgevende waterstanden door andere oorzaken. Dat sluit aan bij de praktijk in Hongarije, waar hetzelfde geldt (zie paragraaf 10.9).

Noodoverloopgebieden kunnen door hun beoogde functie en locatie niet alle risico op overstroming wegnemen. Ten eerste kunnen de waterstanden benedenstrooms van de noodoverloopgebieden stijgen door wind of obstakels, ten tweede kunnen dijken instabiel worden door langdurige verzadiging of piping. Voor dergelijke oorzaken van overstroming kunnen noodoverloopgebieden geen rol van betekenis spelen.

Opgemerkt wordt dat ook meer benedenstrooms calamiteitenvoorzieningen mogelijk nuttig kunnen zijn, hoewel de kans dat deze daar gebruikt zullen worden veel kleiner is. De potentiële schade (Randstad) is daarentegen ook veel groter.

### **2.3.1 Wat gebeurt er als de maatgevende afvoer wordt overschreden? De nutsvraag**

Als de *afvoer* van Rijn en/of Maas uitstijgt boven de maatgevende afvoer is een reëel beeld dat er een ongecontroleerde overstroming optreedt waar de voor Nederland belangrijke bedijkingen (primaire waterkeringen) beginnen. Dat is bovenstrooms van of nabij Lobith (Rijn) en bij Mook/Cuijk (Maas). Zie ook hoofdstuk 5.

De verwachting is dat daarbij een groot gat in de dijk ontstaat (zie hoofdstuk 9), met als gevolg dat er een grote hoeveelheid water ongecontroleerd het gebied instroomt. Dat leidt tot hoge stroomsnelheden en groei van de bres, een onbeheersbare en grote waterdiepte in het achterliggend gebied, en aldus grote schade. De hoeveelheid water die het gebied zal instromen is in zo'n geval veel groter dan nodig om de afvoergolf af te toppen. In een studie over de Tieler- en Culemborgerwaard is uitgegaan van een instroom van  $4000 \text{ m}^3/\text{s}$  (WL, 2001).

Een dergelijke situatie onder controle krijgen door de plaats (en omvang) van te voren vast te leggen en door de instroom te beperken is op zich nuttig. Of dit ook maatschappelijk gewenst is, is mede afhankelijk van de maatschappelijke kosten en baten van beleid / maatregelen in deze.

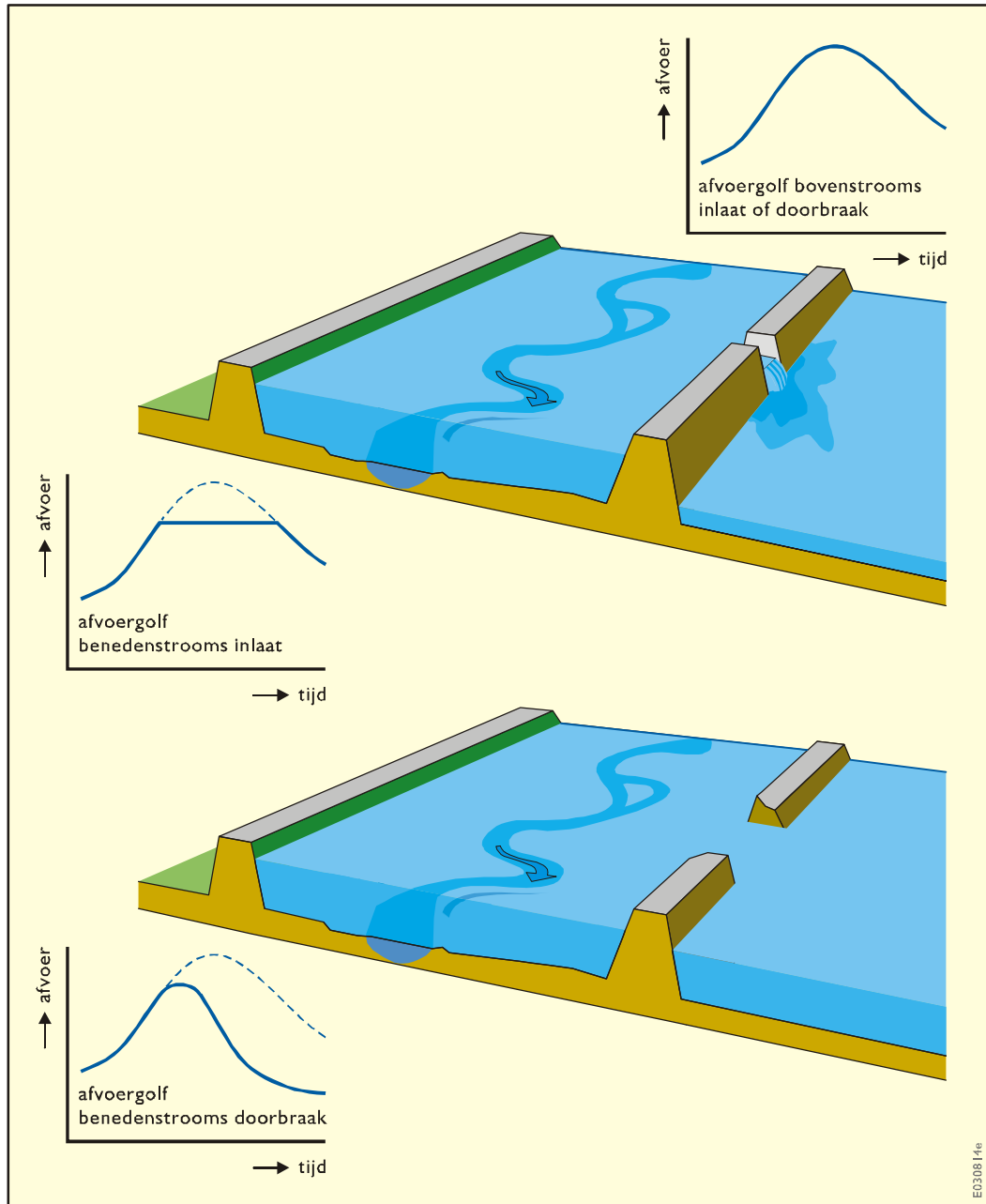
### **2.3.2 Hoe het overstromingsrisico (kans x gevolg) te verkleinen?**

Het overstromingsrisico kan worden verkleind door een combinatie van beheersing van de kans op overstroming (gewoonlijk met dijken en/of rivierverruiming) en het gevolg van overstroming, door (1) het oppervlak van het getroffen gebied te beperken en (2) de waterdiepte in het getroffen gebied te beperken door de inlaat te beheersen.

Het beperken van het getroffen gebied kan door verkleining van dijkringen, bijvoorbeeld door *compartimentering*. Ook noodoverloopgebieden zijn te beschouwen als compartimenten, en wel compartimenten die met voorrang zullen overstromen.

Het beperken van de waterdiepte vergt beperking van de hoeveelheid water die het gebied kan instromen. Daarvoor is een inlaatwerk nodig om te voorkomen dat een bres ontstaat die zich ongebreideld kan ontwikkelen (zie Figuur 2-1).

In de praktijk zal veelal gezocht worden naar een combinatie van *sturing op kans en op gevolg*, hetgeen uiteindelijk een gesofisticeerd zelfregelend systeem kan opleveren met gedifferentieerde overstromingsfrequenties met vaste dijk-/overlaathoogtes.



Figuur 2-1 Schematisch onderscheid tussen een gecontroleerde overstroming (bovenste plaatje) en een ongecontroleerde overstroming (onderste plaatje), met daarbij het effect op de benedenstroomse afvoergolf.

## Verkleinen kans op overstroming

Veelal wordt gepleit voor het verkleinen van de kans op overstroming door dijkverhoging of rivierverruiming, zonder dat er verschillen ontstaan in overstromingskans tussen de verschillende dijkkringen. Dat leidt ertoe dat het risico kleiner wordt, maar het zal altijd blijven bestaan. Russisch Roulette wordt niet voorkomen, noch overdijking.

Dijkverzwaring of rivierverruiming zijn ingrijpende maatregelen, waarvan nut en noodzaak met een kosten-batenanalyse moeten worden beoordeeld. Verhoging van het beschermingsniveau is op het moment niet aan de orde. De Commissie Commissie Boertien I heeft de veiligheidsnormen voor het riviereengebied nog in 1992 voldoende geacht.

## Beheersing omvang overstroomd gebied

De aanleg van alleen compartimenteringsdijken zonder verschillen in overstromingsfrequentie en zonder inlaatwerken betekent dat slechts relatief kleine gebieden zullen overstromen. Het blijft echter onzeker welk(e) compartiment(en) zal (zullen) volstromen. Er is nog steeds een grote kans op een ongecontroleerde bresgroei. Al met al blijft het een Russisch Roulette met de bijbehorende onzekerheid voor allen. Ook de hydraulische werking is bijgevolg onzeker, maar *schadebeperking is gegarandeerd: het overstroombare areaal wordt effectief beperkt*.

Volledige en fijnmazige compartimentering van grote dijkkringen kan duur zijn en tot aantasting van het landschap leiden. Dat betekent dat ideeën over compartimentering moeten worden vergezeld van een degelijke kosten-batenanalyse. In het recente verleden zijn enkele vingeroefeningen naar dit onderwerp uitgevoerd (WL&NEI&BCC, 2000; Klijn & De Bruijn, 2000), met als conclusie dat alleen bescheiden ingrijpen in zeer grote dijkkringen kosten-effectief lijkt, bijvoorbeeld het in drie of vier compartimenten verdelen van de Betuwe.

## Beheersing instroomdebiet

Het beheersen van de instroom is belangrijk om te voorkomen dat een oncontroleerbare bres ontstaat. Zo'n bres betekent op zichzelf al een aanzienlijke schade (herstel), maar leidt ook tot een zeer hoge instroom de dijkkring in, forse waterdiepten in de getroffen dijkkring en niet de hydraulische werking zoals die met retentie wordt beoogd, namelijk het afscheren van de golftop.

Als voorbeeld kan worden gerefereerd aan WL&NEI&BCC (2000), die het effect van een ongecontroleerde dijkdoorbraak en een gecontroleerde inlaat voor de Tieler- en Culemborgerwaard juist benedenstrooms Tiel hebben onderzocht. In vergelijking met een gecontroleerde inlaat, waarbij maximaal 1.000 m<sup>3</sup>/s de polder instroomt, ontstaat er bij een bres in de dijk een zó groot gat dat maximaal ongeveer 4.000 m<sup>3</sup>/s de polder instroomt bij dezelfde omstandigheden op de rivier. Zie hiervoor Figuur 8-1 in hoofdstuk 8.

Voor het beheersen van de instroom is een inlaatconstructie nodig, die hetzij heel eenvoudig kan worden uitgevoerd, hetzij heel geavanceerd en regelbaar. In grote lijnen gaat het om:

- een volledig gestuurd inlaatwerk;
- een regelbare kruinhoogte in een dijkvak (regelbare overlaat);

- een overstroombaar dijktraject (vaste overlaat); of
- een verborgen, simpel inlaatwerk (met aarden plug).

Elk van deze typen inlaatwerk heeft voor- en nadelen, waarvan de sterk verschillende kosten niet de minste zijn. Voor een bespreking wordt verwezen naar hoofdstuk 9.

In dit verband wijzen we op het feit dat in het advies van de Commissie Luteijn en de communicatie over dat advies onderbelicht is gebleven dat daadwerkelijk gebruik van een noodoverloopgebied – mits voorzien van een juist gedimensioneerd en regelbaar inlaatwerk – betekent dat het gebied niet altijd geheel vol komt te staan. Het beeld dat bijvoorbeeld eens per 1250 jaar de Ooijpolder 4 m onder water komt te staan is niet juist. Er hoeft bij een hoogwater dat net iets hoger is dan een 1/1250 afvoergolf slechts een zeer klein deel van de afvoertop te worden afgeschoren, waarbij een beperkte hoeveelheid water in het gebied moet worden ingelaten (enkeldiepte). Pas bij een grotere afvoergolf (met een kleinere kans van voorkomen) komt het gebied geheel vol te staan.

Als wordt overgegaan tot aanwijzing van prioritair te inunderen gebieden, wordt het *beheersen van het instroomdebiet* door ons beoordeeld als *altijd nuttig*.

## 2.4 Het functioneren van noodoverloop: in voldoende mate?

De vraag of noodoverloopgebieden *in voldoende mate* bijdragen aan het voorkomen van een overstromingsramp vergt een tweeledige beantwoording.

Ten eerste gaat het om de vraag of het systeem hydraulisch functioneert zoals beoogd: wordt de waterstand voldoende ver, voldoende langdurig en over een voldoende groot gebied (een fors deel van het riviereengebied nabij en benedenstrooms van de inlaat) verlaagd tot beneden-maatgevend? Ten tweede kan men stellen dat pas sprake is van voldoende als de schadebeperking opweegt tegen de gemaakte kosten (aanleg van werken en schade in het noodoverloopgebied). Dat is een kosten-batenafweging.

Bij de beantwoording van de vraag naar de hydraulische werking zal gerefereerd worden naar ervaringen in het buitenland. De vraag naar kosten en baten is dermate situatie-afhankelijk dat deze alleen voor de typisch Nederlandse situatie (met beschermingsniveaus die tot de hoogste ter wereld behoren) kan worden behandeld.

### 2.4.1 Hydraulische werking

Hiervoor is al aangegeven dat de door de Commissie Luteijn voorgestelde noodoverloopgebieden hydraulisch werken als retentiegebied. Ze beogen het afscheren van de top van de afvoergolf tot een hoeveelheid die veilig kan worden afgevoerd.

**Opmerking:** *Er kan ook worden gestreefd naar andere hydraulische werking dan als retentiegebied, bijvoorbeeld als brede groene rivier over een zeer bredere strook, c.q. een “stromende kom” (vergelijk Loire, paragraaf 10.6), of door de afvoer bewust af te wentelen op een riviertak. Vandaar dat Klijn & Van der Most (2000) spreken van calamiteitenvoorzieningen (en niet alleen van berging).*

Dit betekent dat zowel ex-ante onderzoek van retentie als praktijkervaringen met retentie in Nederland en het buitenland kunnen worden gebruikt voor een beoordeling van de vraag of men vertrouwen kan hebben in de hydraulische werking. Mits voldaan wordt aan een aantal eisen kan dat vertrouwen worden uitgesproken. Het is nodig dat:

- de noodoverloopgebieden voldoende groot en/of voldoende in aantal zijn (capaciteit);
- de gebieden op de juiste plaats liggen; en
- de instroom voldoende snel kan worden gerealiseerd en beheersbaar is (adequate inlaatwerken met voldoende regelbereik).

## Ervaringen in het buitenland

Er is een beperkte inventarisatie uitgevoerd van (ervaringen met) maatregelen voor extreme rivierafvoeren in een aantal Europese landen en de VS (zie hoofdstuk 10). In veel landen blijkt men nagedacht te hebben en voorbereid te zijn op – wat wij zouden noemen – bovenmaatgevende omstandigheden. In de meeste landen wordt echter met een glijdende schaal van beschermingsniveaus gewerkt voor alle denkbare hoogwaters en is er sprake van een differentiatie van normen. Alleen in Hongarije is de situatie zeer vergelijkbaar met die in ons land, namelijk waar onderscheid wordt gemaakt tussen enerzijds structurele maatregelen (dijken, maar ook retentie) om bescherming te bieden *tot* de maatgevende omstandigheden en anderzijds noodoverloopgebieden voor *boven*maatgevende omstandigheden.

De inventarisatie van buitenlandse ervaringen leverde de volgende bevindingen op die hier relevant zijn:

1. Er is geen glashelder beeld ontstaan hoe men in het buitenland zal handelen als rivierafvoeren uitstijgen boven de capaciteit van de hoogwaterbescherming. Er zijn voorbeelden waarbij de autoriteiten hebben besloten om bewust dijken door te steken om grotere schade elders te voorkomen. De indruk bestaat dat dit steeds *ad-hoc* beslissingen zijn geweest (Polen, Duitsland, België).
2. Ervaringen in het buitenland bevestigen dat bovenstroomse overstromingen, of die nu ontstaan door de inzet van retentiebekkens, door de inzet van noodoverloopgebieden, door het bewust doorsteken van een dijk of door ongewilde dijkdoorbraken, benedenstrooms tot een verlaging van de piekafvoer en daarmee een verlaging van de hoogste waterstanden kunnen leiden.
  - a) Elbe (Duitsland) 2002, citaat: *..., wären Schäden zum Beispiel in Bitterfeld oder Magdeburg sehr erheblich geworden, hätte es die ungewollten Rückhaltungen nicht gegeben. Darüber hinaus wären die eingetretenen Überflutungsschäden reduzierbar gewesen wenn neben der Flutung der Havelniederung noch andere – gering schadenträchtige – Gebiete gezielt hätten geflutet weren können.*
  - b) Demer (België) 1998: inzet van deze wachtbekkens heeft aantoonbaar geleid tot een reductie van de piekafvoer en daarmee tot een beperking van de hoogwaterstanden benedenstrooms.
  - c) Mississippi (USA) 1928, citaat: *The floodway accommodated about a quarter of the total flow past Cairo. Memphis District held the mainline levees successfully, with flooding only in the backwater areas and along tributary streams.*

3. Uit gevallen waarbij retentiebekkens en noodoverloopgebieden daadwerkelijk zijn ingezet blijken deze inderdaad het hydraulisch doel te bereiken.
4. Alleen in Hongarije bestaan 11 noodoverloopgebieden die direct vergelijkbaar zijn met de in Nederland voorgestelde noodoverloopgebieden. Deze zijn tot op heden 14 keer naar tevredenheid in het kader van de rampenbeheersing ingezet. Men overweegt de aanwijzing van nog meer noodoverloopgebieden.
5. In Frankrijk zijn alle weinig frequent te gebruiken *déversoirs* langs de Loire (vergelijkbaar met noodoverloopgebieden) meestromend, in verband met het forse verhang aldaar, en wel om te voorkomen dat de waterdiepte te groot wordt (het streven is niet veel dieper dan 2 m).

### **Werken de door de Commissie Luteijn voorgestelde gebieden?**

Van de door de Commissie Luteijn voorgestelde *gebieden* concluderen we:

1. De capaciteit van de voorgestelde noodoverloopgebieden voor de Rijn is krap tot onderbemeten (zie hoofdstuk 6). De Commissie Luteijn noemt voor de Rijn enerzijds 400 miljoen m<sup>3</sup> als gewenste bergingscapaciteit, maar werkt later met 200 miljoen m<sup>3</sup> zonder aanduiding van de waarschijnlijkheid dat dit volume nodig is. We zijn van mening dat bij de keuze van het benodigde bergingsvolume de gehele bandbreedte aan fysiek mogelijke hoogwaters in beschouwing moet worden genomen, waarbij een kosten-batenanalyse moet uitwijzen tot welke risico maatregelen maatschappelijk wenselijk zijn. Vanuit technisch-hydrologisch oogpunt kan worden gewerkt met een statistisch-fysisch verband tussen benodigd bergingsvolume en waarschijnlijkheid van optreden (zie hoofdstuk 7 en in het bijzonder Figuur 7-2). Opmerking: er is geen bovengrens aan de gepresenteerde volumina (de lijnen blijven stijgen), want er bestaat een (uiterst) kleine kans dat een bovenmaatgevende afvoer (kleiner of gelijk aan 18.000 m<sup>3</sup>/s) over een zeer lange periode aanhoudt.
2. De door de Commissie Luteijn voorgestelde plaatskeuze van de voorgestelde gebieden langs de Rijn is logisch, maar noodoverloopgebieden langs afzonderlijke takken kunnen nuttig zijn voor een eventueel afwijkende afvoerverdeling.
3. Er zijn uitsluitend locatievoorstellen gedaan die geen compartimentering van de Betuwe impliceren. Juist dat is de grootste dijkkring in het rivierengebied, waarvan compartimentering bij het huidige beschermingsniveau ons inziens gewenst is (zelfs als men aanneemt dat de feitelijke kans op een overstroming van de Betuwe in de praktijk geringer zal zijn dan 1/1250 per jaar omdat men door elders een dijk door te steken zal willen voorkomen dat deze grote dijkkring wordt getroffen).

#### **2.4.2 Kosten-baten van noodoverloopgebieden**

Investerings in de aanleg van noodoverloopgebieden zijn alleen economisch verantwoord wanneer de baten (verminderde overstromingsschade ter plaatse en/of elders in vergelijking met de situatie zonder noodoverloopgebieden) opwegen tegen de kosten van noodoverloop-

gebieden. Dit onderwerp wordt uitgebreid besproken in hoofdstuk 8. Hier worden alleen enkele hoofdpunten uitgelicht.

De kosten van noodoverloopgebieden bestaan uit:

- kosten voor aanleg van inlaatwerken en eventuele omringdijken;
- eventueel kosten voor beschermende maatregelen (dijken rond woonkernen);
- eventuele kosten van planschade; en
- kosten voor het (ruimhartig) afkopen of uitkeren van de overstromingsschade bij daadwerkelijk gebruik.

Dat betekent dat de totaalkosten afhangen van keuzen over hoe een noodoverloopgebied vorm te geven: wordt het alleen een inlaatwerk, of ook een omringdijk (en in hoeverre wordt daarbij gebruik gemaakt van bestaande hoogtes en dijken), of ook nog beschermende maatregelen? Wat in de praktijk mogelijk zal zijn is ook afhankelijk van de bestaande situatie (stroomt het water naar Duitsland, is de dijkring gesloten, helt het terrein, e.d.). De kosten kunnen aldus variëren van € 10 miljoen tot € 600 miljoen (zie hoofdstuk 8).

De baten bestaan uit een verminderde gemiddelde *overall* overstromingsschade. Om die te kunnen berekenen moeten aannames worden gedaan over:

- de kans dat een overstroming werkelijk dreigt;
- de effectiviteit van het noodoverloopgebied;
- het resulterend risico;
- de mogelijkheid een tweede gebied te kunnen inzetten (de systeemwerking);
- het daaruit resulterend risico;
- etc.

In dit verband zijn er twee zeer complicerende zaken:

1. Ten eerste is er van het begin af aan sprake van *zeer kleine kansen* die ook nog eens omgeven zijn met *zeer grote onzekerheden*. Een overstroming met kans 1/500 levert grof gesteld tweemaal zoveel schade op als met kans 1/1000 en 4 maal zoveel als met kans 1/2000. Met andere woorden: de baat (verminderde jaarlijks gemiddelde overstromingsschade) is direct en grofweg lineair afhankelijk van de overstromingskansen. En helaas geldt in geval van hoogwaters: hoe kleiner de kansen, hoe groter de statistische onzekerheid ervan.
2. Ten tweede is er sprake van systeemwerking, waarbij de kans op overstroming van een gebied (hetzij een noodoverloopgebied hetzij een bestaande dijkring) grote invloed heeft op de kans op overstroming van een andere dijkring. Dat betekent dat de kosten-batenverhouding van bijvoorbeeld “eerst Rijnstrangen, dan Ooijpolder” anders uitpakt dan die van “eerst Ooijpolder, dan Rijnstrangen” en ook weer anders dan die van “één van beide naar bevind van zaken”. *Alleen van totaaloplossingen mogen de kosten-batenverhoudingen worden vergeleken*, omdat de “restkansen” afhankelijk zijn van de totale systeemwerking, maar ook bijvoorbeeld alleen Rijnstrangen kan als totaaloplossing worden beschouwd.

Dit is vooral van betekenis tegen de achtergrond dat de Commissie Luteijn geen volgorde van inzet aangeeft, terwijl die wel de kosten-batenverhouding per afzonderlijk gebied mede

bepaalt, omdat de kans op daadwerkelijk gebruik voor een tweede gebied significant kleiner is dan voor het eerste. Een bijkomend argument is dat het vooraf vaststellen van een volgorde veel onrust bij de bewoners zou kunnen wegnemen, omdat het duidelijkheid schept.

Op grond van alle kosten-batenanalyses die al door anderen zijn uitgevoerd en mede op basis van enkele vingeroefeningen in deze (zie hoofdstuk 8) kunnen de volgende robuuste conclusies worden getrokken:

1. Op dit moment kan niet voldoende hard worden gemaakt dat het volledig inrichten van noodoverloopgebieden (inlaatwerk en begrenzen door een omringdijk) economisch rendabel is.
2. Een eenvoudig inlaatwerk ten behoeve van het prioritair inunderen van een relatief weinig kwetsbare dijkkring is wel economisch rendabel.
3. Het beschermen van woonkernen in noodoverloopgebieden is economisch niet rendabel als de overstromingskans ongeveer 1/1250 per jaar is. Als de kans op overstromen aanzienlijk groter zou zijn, zou dat wel economisch rendabel zijn.
4. Het rekening houden met niet-economische aspecten – in het bijzonder gevoelschade – leidt ertoe dat de balans verschuift. Dat maakt het eerder aantrekkelijk om te investeren in omringdijken en/of in het beschermen van woonkernen in deze gebieden.
5. Samenwerking met Duitsland inzake noodoverloopgebieden zou voordelig kunnen zijn, omdat een grotere bergingscapaciteit kan worden gerealiseerd en een dijk op de landsgrens kan vervallen. Dit heeft gevolgen voor de kosten-batenverhouding.

#### Referenties:

- Klijn, F. & H. van der Most (2000). Calamiteitenpolders een ruimteclaim in het rivierengebied? WL-rapport Q2760, Delft.
- WL, NEI & BCC, 2000. Case study naar de effecten en consequenties van noodoverloopgebieden. Studie uitgevoerd in opdracht van een aantal partijen in het rivierengebied, onder leiding van de Kamer van Koophandel Rivierenland. WL-project Q2902. Delft, augustus 2001.
- Klijn, F. & K.M. de Bruijn (2001). Leven met rivieren: meer veerkracht bij hoogwater door groene rivieren en/of calamiteitenpolders. *Aarde & Mens* 5(2001)/2: 14-18

### 3 Toelichting op de beantwoording van vragen 2 en 3: ruimtelijke consequenties en consequenties voor bewoners

Vraag 2 luidt: *wat zijn de ruimtelijke consequenties van noodoverloopgebieden?*

Vraag 3 luidt: *wat zijn de consequenties voor de bewoners van noodoverloopgebieden en welke zekerheden moeten aan hen worden geboden (m.n. t.a.v. schadevergoeding)?*

#### 3.1 Schadevergoeding en noodoverloopgebieden

*Onderstaande beschouwing over schadevergoeding en noodoverloopgebieden is opgesteld door prof. mr. P.J.J. van Buuren, hoogleraar bestuursrecht, in het bijzonder ruimtelijk bestuursrecht aan de Universiteit Utrecht naar aanleiding van de vragen 2 en 3 van het aanvullend deskundigenoordeel.*

*De Commissie adviseert om de vergoeding voor aanwijzingsschade te koppelen aan het aanwijzingsbesluit en overstromingsschade pas te vergoeden na inzet van het noodoverloopgebied. Op het moment van de aanwijzing moet bekend zijn welke regelingen van toepassing zijn, hoe ze functioneren en hoe hoog de vergoeding zal zijn. (Advies Commissie Luteijn, p. 28.)*

*Als vanaf het begin duidelijk aan wordt gegeven dat schade als gevolg van inundatie zal worden veergeoed, zal de waardedaling van goederen door de aanwijzing lager uitvallen. (Advies Commissie Luteijn, p. 28.)*

Uit het eerste citaat blijkt dat de Commissie onderscheid wil maken tussen vergoeding van schade die gevolg is van het aanwijzingsbesluit en vergoeding van inundatieschade. Dat uitgangspunt lijkt mij juist. De eerste schade duid ik hierna als aanwijzingsschade aan. Aanwijzingsschade kan dan worden omschreven als de schade die ontstaat als gevolg van waardedaling van onroerende zaken als direct gevolg van een besluit van de overheid om een gebied tot noodoverloopgebied aan te wijzen. Van aanwijzingsschade is dus bijvoorbeeld sprake als een agrariër na het van kracht worden van het aanwijzingsbesluit zou moeten constateren dat hij zijn bedrijf voor een minder goede prijs kan verkopen dan daarvoor het geval was.

Als een onderdeel van aanwijzingsschade kan inrichtingsschade worden beschouwd (en erkend). Bij de term inrichtingsschade heb ik het oog op schade als gevolg van inrichtingsmaatregelen. Hierbij valt te denken aan de eventuele aanleg van dijken rond bebouwingskernen die in noodoverloopgebieden komen te liggen. Voor zover de overheid daarvoor grond moet verwerven, biedt de Onteigeningswet daarvoor een kader. Voor zover derden uitzichtschade lijden, is de Onteigeningswet niet van toepassing en dient deze inrichtingsschade op andere wijze te worden vergoed. Dat kan op twee manieren. Indien de aanleg van bedoelde dijken geregeld zou worden in het aanwijzingsbesluit, zou schade als gevolg daarvan behandeld moeten worden op gelijke voet als de overige aanwijzingsschade. Zou voor de aanleg van dijken (om bij dit voorbeeld te blijven), de normale bestemmingsplanprocedure of een zelfstandige projectprocedure de planologische basis vormen, dan kan

de inrichtingsschade worden toegerekend aan die planologische besluitvorming. Ik kom hier nog op terug, maar vermeld vast dat de tweede wijze m.i. de voorkeur verdient.

Onder inundatieschade moet worden begrepen de schade die het gevolg is van het daadwerkelijk onderlopen van het als noodoverloopgebied aangewezen gebied. Te denken valt dan aan oogstschade, omzetschade, schade aan gebouwen en andere bouwwerken, opruimkosten, ontruimingsschade, letselschade en verlies van vee. Afgezien van letselschade zou het hierbij in beginsel alleen moeten gaan om materiële schade. Immateriële schade bestaande uit gederfde levensvreugd, emotionele pijn als gevolg van een ontruiming of het verlies van een zaak die vooral affectieve waarde heeft, zou in beginsel niet voor vergoeding in geval van inundatie in aanmerking komen. In beginsel, want het is niet ondenkbaar dat de wetgever een forfaitair bedrag zou toekennen. Ik ga er echter vanuit dat het dan toch meer om een soort tegemoetkoming dan om het werkelijk goed maken van immateriële schade zal gaan, omdat het vergoeden van dit soort *immateriële* schade per definitie moeilijk is en geen traditie in ons land is.

Ik merk op dat er wel een duidelijk verband bestaat tussen de regeling voor vergoeding van aanwijzingsschade en inundatieschade. Blijkens het tweede citaat erkent de Commissie dat ook. Het bedoelde verband is omgekeerd evenredig: naar de mate waarin de vergoeding van inundatieschade beter is geregeld, met meer waarborgen is omgeven en belanghebbenden er met meer zekerheid vanuit mogen gaan dat in een voorkomend geval alle inundatieschade volledig zal worden vergoed, mag verwacht worden dat er minder aanwijzingsschade zal ontstaan.

*De Commissie vindt dat alle materiële schade door inundatie – die vooral afhankelijk is van inrichtingsmaatregelen, zoals omdijking van woonkernen – volledig vergoed moet worden, inclusief vervolgschade en omzetschade.*

*Dat geldt ook voor goederen die na de aanwijzing in het gebied zijn gekomen en de planologische toetsing hebben doorstaan. (Advies Commissie Luteijn, p. 28.)*

Uit hetgeen de Commissie opmerkt, blijkt dat de Commissie uitgaat van een systeem waarin wettelijk wordt verzekerd dat materiële inundatieschade volledig wordt vergoed. *A contrario* mag worden gesteld dat de Commissie geen voorstander is van het vergoeden van immateriële schade die het gevolg zou zijn van inundatie. Dat zou ook mijn uitgangspunt zijn. De wet in formele zin dient dit uitdrukkelijk te bepalen (behoudens de mogelijkheid de getroffen bewoners aanspraak te geven op een forfaitaire vergoeding voor de immateriële schade).

De wet dient na een inundatie de aanwijzing van deskundigen mogelijk te maken die het bevoegd gezag (bijvoorbeeld de minister of gedeputeerde staten) zullen adviseren over de afhandeling van schadeclaims. Bezwaar tegen een (gedeeltelijke) afwijzing, beroep bij de rechtbank en hoger beroep bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de raad van State zijn volgens de hoofdregels van de Algemene wet bestuursrecht vervolgens mogelijk.

Uit de tweede hierboven geciteerde volzin blijkt dat de Commissie vergoeding van inundatieschade ook volledig mogelijk wil maken voor schade aan gebouwen of bouwwerken (de Commissie gebruikt de minder duidelijke term “goederen”), die na het aanwijzingsbesluit nog zullen mogen worden gebouwd (of veranderd). Het doet daarbij niet ter zake of een bewoner zich vóór of na het van kracht worden van een aanwijzingsbesluit in het noodoverloopgebied gevestigd heeft. Ik begrijp deze zin voorts zo dat de Commissie niet een regeling van inundatieschade zou willen waarin aan eventuele gelaedeerde (schade of

nadeel ondervindende partij) zou kunnen worden tegengeworpen dat hij het risico van inundatieschade genomen heeft door na het van kracht worden van het aanwijzingsbesluit nog nieuwe bouwwerken op te richten of bestaande uit te breiden, mits die bouwwerken maar overeenkomstig de van kracht zijnde planologische regels (vooral: bestemmingsplannen), dus met bouwvergunning zijn gebouwd. Deze keuze lijkt mij juist. Door op die wijze de vergoeding van inundatieschade ruim te nemen kan de schade als gevolg van de enkele aanwijzing van een gebied als noodoverloopgebied beperkt worden gehouden.

*Bij de aanwijzing van noodoverloopgebieden kan schade ontstaan doordat de bedrijfsvoering moet worden aangepast. De Commissie acht dit niet meer dan theorie omdat de inzet van het noodoverloopgebied maar heel zelden nodig is. Reëel zijn waardedalingen van eigendommen en nadelen als gevolg van inrichtingsmaatregelen. Voor de vergoeding van deze schadeposten voldoen de bestaande planschaderegelen. (Advies Commissie Luteijn, p. 28.)*

Bij dit citaat gaat het om *aanwijzingsschade*.

Allereerst moet worden opgemerkt dat de omvang van deze schade moeilijk vooraf te voorspellen is. Het gaat immers vooral om waardedalingen van eigendommen (agrarische gronden, hoeses, woonhuizen, bedrijfspanden) als gevolg van het feit dat de markt reageert op de aanwijzing. De veronderstelling is dat kopers ondanks de verzekering van volledige vergoeding van inundatieschade (ongeacht hetgeen zij op de gronden doen en ongeacht de wijze waarop zij hun gebouwen inrichten), zich toch liever elders vestigen ten einde meer zekerheid te hebben dat zij geen (over)last zullen ervaren van een eventuele inundatie. Van die (collectieve) voorkeur gaat een waardedrukkend effect uit. Dat die marktreactie er in meer of mindere mate zal zijn, mag, naar het mij voorkomt, verwacht worden. De omvang van die reactie (dus de schade) is echter onvoorspelbaar en kan in de loop van de tijd fluctueren afhankelijk van de inschatting van kopers van de kans dat het noodoverloopgebied zal worden ingezet en op eventuele ervaringen met die situatie. Bij een adequaat systeem van volledige vergoeding van inundatieschade zal de aanwijzingsschade mogelijkwijs relatief gering zijn.

De Commissie merkt allereerst op dat het maar zelden noodzakelijk zal zijn dat de bedrijfsvoering zal moeten worden aangepast. Ik deel die opvatting (mits de regeling van vergoeding van inundatieschade zo wordt opgezet dat een ondernemer geen risico-aanvaarding kan worden tegengeworpen). Voor de enkele gevallen waarin de overheid een bedrijf zou willen doen verplaatsen naar buiten het overloopgebied omdat de inundatieschade als er een inundatie komt, te groot zal zijn, zullen eventueel aparte regels gemaakt moeten worden waarbij de schade via aankoop of onteigening zal moeten worden vergoed.

Vervolgens maakt de Commissie impliciet een onderscheid tussen waardedalingen van eigendommen en schade als gevolg van inrichtingsmaatregelen (omdijkingen bijvoorbeeld) en stelt dat voor vergoeding van beide soorten schadeposten de bestaande planschaderegelen voldoen. Het lijkt mij dat bij “bestaande planschaderegelen” de Commissie het oog heeft op artikel 49 van de WRO. Het lijkt mij verder van belang het impliciete onderscheid dat de Commissie maakt tussen waardedalingen enkel als gevolg van het aanwijzingsbesluit en schade als gevolg van inrichtingsmaatregelen, in het oog te houden.

Belangrijk is de vraag of juist is de stelling van de Commissie dat de bestaande planschaderegelen wel voldoen. Ik acht dat zeer de vraag. Preliminaire is de opmerking dat artikel 49 WRO niet vanzelf van toepassing zou zijn. Dat zou alleen het geval zijn als de aanwijzing via een in artikel 49 van de WRO genoemd planologisch besluit tot stand zou komen. Ik laat in het midden of dat kan. Men zou kunnen denken aan toepassing van de rijksprojectenprocedure die in de WRO wordt opgenomen. Meer voor de hand lijkt te liggen dat er een speciale wet tot stand wordt gebracht waarin onder meer het aanwijzingsbesluit een grondslag zou vinden. Als een speciale wet in het leven geroepen wordt, zou artikel 49 WRO van overeenkomstige toepassing kunnen worden verklaard of gekozen kunnen worden voor een afzonderlijke regeling.

Een afzonderlijke regeling biedt het voordeel dat gekozen kan worden voor een oplossing waarbij de nadelen van de onzekerheden rond de pure aanwijzingsschade vermeden worden<sup>1</sup>. Hierboven werd al opgemerkt hoe de omvang van de aanwijzingsschade in de tijd kan fluctueren en dus tot (rechts)onzekerheden kan leiden. Dit nadeel is te ondervangen door in afwijking van hetgeen in ons rechtssysteem gebruikelijk is, hier te kiezen voor een systeem van vergoeding van *concrete schade*.

### 3.1.1 Concrete schadeberekening

Concrete schadeberekening staat tegenover de benadering via het abstracte schadebegrip. Dat laatste is ons civiele en bestuursrechtelijke schadevergoedingsrecht het gebruikelijke uitgangspunt. Bij een abstracte schadeberekening wordt geschat hoe groot een waardevermindering van een zaak is en wordt die waardevermindering vergoed, ongeacht de vraag of de eigenaar de schade wel in de portemonnee voelt. Bij de toepassing van artikel 49 WRO bijvoorbeeld kan een belanghebbende die als gevolg van een herziening van een bestemmingsplan schade lijdt, een vergoeding krijgen terwijl hij, zolang hij niet verkoopt, in feit de schade niet voelt. Bij concrete schadebenadering is de vraag welke schade de gelaedeerde concreet bij vervreemding in de beurs voelt. Toepassing op aanwijzingsschade zou betekenen dat pas tot schadevergoeding wordt overgegaan als een eigenaar verkoopt en op dat moment geconfronteerd wordt met een lagere opbrengst als gevolg van het aanwijzingsbesluit. Het spreekt vanzelf dat (net zo goed als bij abstracte schadevergoeding) de opgetreden waardedaling maar eenmaal vergoed wordt. Dat wil zeggen dat alleen bij een eerste vervreemding of boedelscheiding na het van kracht worden van een aanwijzingsbesluit een aanvraag om schadevergoeding kan worden gedaan. Bij elke volgende verkoop (of boedelscheiding) kan de schade immers niet opnieuw ontstaan. Eventuele fluctuaties van grondprijzen na die eerste vervreemding blijven voor rekening van de (nieuwe) eigenaar die dat risico bij de aankoop uitdrukkelijk heeft genomen.

Concrete schadeberekening heeft in het geval van pure aanwijzingsschade mijns inziens een aantal voordelen die vooral te maken hebben met het vermijden van aannames en onzekerheden. Voor deze situatie leidt het juist tot een rechtvaardig systeem omdat eigenaren gegarandeerd krijgen dat zij als zij bij vervreemding schade lijden, daarvoor een vergoeding zullen ontvangen.

De Commissie heeft het verschil tussen abstracte en concrete benadering van schade wel onder ogen gezien. Dit verschil is namelijk in het advies 'Schadevergoeding in noodoverloopgebieden' van de mrs. Van der Schans en Schueler onder ogen gezien. Zij hebben de Commissie geadviseerd uit te gaan van een abstracte schadebenadering en dat advies heeft de Commissie kennelijk overgenomen.

<sup>1</sup> *Pure aanwijzingsschade: aanwijzingsschade met uitzondering van inrichtingsschade.*

Van der Schans en Schueler noemen vijf mogelijke nadelen van concrete schadeberekening (p. 10). Sommige nadelen wegen echter niet zwaar en andere zijn mijns inziens te ondervangen.

Een eerste nadeel is volgens Van der Schans en Schueler dat de methode van concrete schadeberekening schijntransacties of constructies uitlokt. Met deze mogelijkheid moet volgens hen bij de besluitvorming doorlopend rekening worden gehouden. Welke schijntransacties of constructies de schrijvers van het deelrapport op het oog hebben, wordt uit het stuk niet duidelijk. Maar het gaat kennelijk om transacties waarbij verkoper en koper een te lage prijs afspreken en daarvan uitgaande (teveel) waardevermindering bij de overheid claimen.

Dit nadeel kan naar mijn oordeel ondervangen worden door de overheid het recht te geven gedurende een bepaalde periode (bijvoorbeeld vier weken) een hoger bod van tenminste enkele procenten uit te brengen dan de overeengekomen verkoopprijs. Door de overheid dit recht te geven kan de overheid meebieden in het geval zij de indruk heeft dat een lagere verkoopprijs wordt bedongen dan de markt toestaat. Dit recht zou wettelijk vastgelegd moeten worden. Voordeel van deze regeling kan bovendien zijn dat daarin kan worden opgenomen dat het niet in staat stellen van de overheid om mee te bieden, leidt tot verlies van het recht schadevergoeding te claimen.

Als tweede nadeel noemen zij dat taxaties in de loop der tijd een steeds historischer karakter krijgen. De taxaties zouden immers, zo stellen zij, moeten blijven uitgaan van de datum van onherroepelijk worden van het aanwijzingsbesluit.<sup>2</sup> Dit vermeende nadeel berust m.i. op een misverstand. De taxatie zou in geval van concrete schade berekening niet hoeven uit te gaan van dat historische moment, maar eenvoudig de vraag moeten stellen hoeveel het verschil is tussen de gerealiseerde verkoopprijs en de prijs die het zelfde object zou hebben opgebracht indien het buiten een noodoverloopgebied zou zijn gelegen. Dat verschil is de concrete schade.

Een derde nadeel zou volgens de auteurs zijn dat de overheid gedurende (zeer) lange tijd niet weet waar zij aan toe is en welke omvang de totale schadevergoedingsplicht zal hebben. Op zich lijkt mij deze opmerking wel juist. Maar de vraag is of dat nadeel wel zo zwaar moet wegen. Spreiding van kosten van vergoedingen kan juist als een voordeel worden gezien. De overheid weet beter dan bij abstracte schadevergoeding dat zij in ieder geval niet teveel betaalt.

Als vierde nadeel zien de auteurs dat de methode van concrete schadeberekening niet kan voorkomen dat in (bijna) alle gevallen uiteindelijk een verplichting tot schadeonderzoek zal ontstaan. Het moment waarop aanspraak wordt gemaakt op vergoeding van concrete schade zal in vrijwel alle gevallen vroeg of laat aanbreken, hetzij door vervreemding, hetzij door boedelscheiding, zo stellen zij. Dat bergt het risico van bestuurslasten met een onbepaalde duur in zich. Ook dit lijkt mij een nadeel van beperkt belang. Wanneer wordt overgegaan tot abstracte schadeberekening zullen, zo mag worden aangenomen ook alle belanghebbenden een verzoek om schadevergoeding doen. Ook dat zal leiden tot een verplichting van veel onderzoek en hoge bestuurslasten waarbij moet worden omgegaan met onzekere factoren. Onderzoek naar concrete schade kan gespreid gebeuren waarbij geprofiteerd wordt van leereffecten. De overheid kan schade voorkomen door eventueel mee te bieden. Niet

---

<sup>2</sup> *Thans zouden Van der Schans en Schueler als gevolg van gewijzigde jurisprudentie van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State ongetwijfeld schrijven dat moet worden uitgegaan van de datum van het van kracht worden van het aanwijzingsbesluit (en niet van het onherroepelijk worden daarvan). Dat is echter in dit verband verder niet van belang.*

uitgesloten is dat zal blijken dat de markt (na verloop) van tijd niet of nauwelijks meer onderscheid maakt tussen onroerende zaken binnen en buiten noodoverloopgebieden. Er is dan niet of nauwelijks meer sprake van aanwijzingsschade.

Als vijfde nadeel tenslotte noemen zij dat de methode van concrete schadeberekening fundamenteel afwijkt van het stelsel van artikel 49 WRO. Die opmerking is juist, maar de vraag moet zijn of een afwijken zo bezwaarlijk is als de voordelen evident zijn.

Mijn conclusie is dat het aanbeveling zou verdienen voor vergoeding van schade bestaande uit waardaling van eigendommen als gevolg van aanwijzingsschade een regeling in de speciale wet op te nemen die gebaseerd is op de benadering van schade via de concrete schadeberekening.

Daarbij passen nog twee opmerkingen. We hebben gezien dat de Commissie terecht een onderscheid maakt tussen (directe) waardedaling als aanwijzingsschade (pure aanwijzingsschade) en inrichtingsschade. Voor wat betreft de inrichtingsmaatregelen zijn twee juridische grondslagen denkbaar. De eerste is dat de speciale wet mogelijk maakt dat het aanwijzingsbesluit als planologische grondslag geldt. De tweede is dat daarvoor een bestemmingsplanherziening of een zelfstandige projectprocedure doorlopen moet worden. Nu lijkt mij wenselijk dat voor schade als gevolg van inrichtingsmaatregelen (denk aan omdijking van woonkernen) niet de methode van concrete schadeberekening wordt gevolgd omdat die daarvoor minder geschikt is en tot minder rechtvaardige uitkomsten leidt. Uitzichtschade wordt immers ook zonder verkoop van het desbetreffende woonhuis al geleden in de zin dat die door de bewoners onmiddellijk al ervaren wordt. Toepassing van artikel 49 WRO (abstracte schadeberekening) op inrichtingsschade lijkt daarom wel een goed idee. Als daarvoor eerst een planologisch besluit nodig is, volstaat het huidige artikel 49 WRO. Als een planologisch besluit niet nodig is omdat het aanwijzingsbesluit als grondslag voor de aanleg geldt (de wet kan dat bepalen), kan dit effect gemakkelijk bereikt worden door te stellen dat het aanwijzingsbesluit voor zover nodig voor inrichtingsmaatregelen geldt als een vrijstelling als bedoeld in artikel 19 WRO en dat artikel 49 WRO in dat geval van toepassing is.

Tenslotte maak ik nog een opmerking over immateriële schade. In het geval van aanwijzingsschade hoeft daarmee niet apart rekening te worden gehouden. Ik wil niet uitsluiten dat sommigen gekweld zullen worden door al dan niet tijdelijke gevoelens van onbehagen of zelfs angsten die samenhangen met de gedachte dat het toch maar mogelijk is, hoe gering de kans ook is, dat hun grond of gebouwen onder water zullen worden gezet. Die gevoelens zijn echter niet financieel te vergoeden. Voor zover de markt die gevoelens vertaalt in een waardedaling van gronden of opstallen, komen die wel voor vergoeding in aanmerking.

### 3.1.2 Schaduwschade

De Commissie maakt geen opmerkingen over het probleem van (planologische) schaduwschade. Toch is schaduwschade een reëel probleem en één van de redenen voor bewoners om zelfs maar tegen de mogelijkheid van een aanwijzing van een gebied tot noodoverloopgebied in het geweer te komen. Met de term schaduwschade bedoel ik de concrete schade die een eigenaar soms al lijdt voordat een aanwijzingsbesluit daadwerkelijk tot stand is gekomen. Het aanwijzingsbesluit werpt als het ware zijn schaduw al vooruit.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Zie uitgebreid over schaduwschade: B.P.M. van Ravels, Planologische schaduwschade. In: Van Hall. *Drupsteen, Havekes, De staat van water, Koninklijke Vermande, Den Haag 1999, p. 195 – 216.*

Het enkele feit dat bekend is dat de overheid bepaalde gebieden misschien wil aanwijzen als noodoverloopgebied kan (onder omstandigheden) al een waardedrukkend effect hebben. Dat waardedrukkend effect vindt zijn oorzaak in onzekerheid aan de kant van kopers en verkopers. Kopers weten niet wat eventuele gevolgen van een noodoverloopgebied zullen zijn en blijven dus weg of betalen alleen lagere prijzen. Verkopers hebben dezelfde onzekerheid en accepteren daarom lagere prijzen, vooral in een geval dat zij zich min of meer gedwongen voelen te verkopen (bedrijfsbeëindiging, verhuizing). Het genoeg (moeten) nemen met een lagere verkoopprijs is uiteraard een vorm van schade die voor een verkoper pijn doet. Deze vorm van aanwijingsschade kan echter niet door de overheid vergoed worden, omdat de schade niet het gevolg is van een aanwijzingsbesluit.

Voor een belangrijk deel is dit soort schade niet te vermijden. Geruchten en verwachtingen omtrent toekomstige gebeurtenissen hebben altijd invloed op het handelen van marktpartijen. De overheid kan wel op de omvang van het probleem invloed uitoefenen. Ik denk aan de volgende beïnvloedingsmogelijkheden.<sup>4</sup> In de eerste plaats is van belang dat bij het tot stand brengen van de schaderegeling voor aanwijingsschade duidelijk kan worden gemaakt dat bij het vergoeden van schade gedupeerden niet zal worden tegengeworpen dat zij gekocht hebben in een tijdvak waarin weliswaar een aanwijzingsbesluit nog niet van kracht was, maar al wel bekend was dat een aanwijzing overwogen werd.<sup>5</sup> Door gedupeerden geen risico-aanvaarding tegen te werpen, wordt een belangrijk deel van de redenen voor schaduwsschade weggenomen.<sup>6</sup> Voorts kan de overheid misschien als het beleid voeren (ook al) tijdens de schaduwfase zich enigszins actief op de grondmarkt in het betrokken gebied op te stellen. Door eventueel mee te bieden op gronden en/of opstellen die anders onder een bodemprijs zakken kan de overheid het optreden van schaduwsschade proberen tegen te gaan.

*Omdat noodoverloop maar heel zelden ingezet zal worden – iemand van honderd heeft een kans van ongeveer 8 % dat hij of zij dat heeft meegemaakt – is wijziging van het planologisch regime niet nodig. Ontwikkelingen die passen binnen de huidige streek- en bestemmingsplannen kunnen gewoon doorgang vinden. Bij ingrijpende ontwikkelingen zoals een woonwijk of een industrieterrein en bij wijziging van streek- en bestemmingsplannen is het aan de regionale en lokale bestuurders om te toetsen of de inzet als noodoverloopgebied wordt belemmerd (watertoets).  
(Advies Commissie Luteijn, p. 25.)*

<sup>4</sup> Van Ravels, a.w. in de vorige noot, p. 213 en 214, stelt onder de kopjes 'garantieverklaring' en 'aankoopregeling' vergelijkbare oplossingen voor.

<sup>5</sup> Bij planschadevergoeding op grond van artikel 49 WRO wordt een belanghebbende die vergoeding van planschade vraagt, juist wel (actieve) risicoaanvaarding tegengeworpen indien hij ten tijde van de aankoop van de gronden of opstellen wist of had kunnen weten dat de nadelige planologische wijziging er misschien zou komen. Deze (op zich juiste rechtspraak) bevordert het ontstaan van schaduwsschade.

<sup>6</sup> In deze richting gaat ook de volgende opmerking van de Commissie: 'De Commissie adviseert om de planschaderegeling voortvarend en adequaat toe te passen. Het Rijk moet dit voorafgaand aan de aanwijzing toezeggen, uit oogpunt van zorgvuldigheid en omwille van het draagvlak.' (Advies Commissie Luteijn, p. 28.) Ik teken hierbij aan dat m.i. niet de planschaderegeling (artikel 49 WRO) zou moeten worden toegepast, maar een aparte regeling in het leven zou moeten worden geroepen (zie hoofdstuk).

Van de stelling dat noodoverloopgebieden maar heel zelden onder water zullen worden gezet ben ik bij mijn voorgaande beschouwingen uitgegaan. Daarvan uitgaande lijkt mij de opvatting van de Commissie als uitgangspunt juist. Een aanwijzingsbesluit zal op zichzelf niet de planologische betekenis hebben dat grondgebruikers gebruiksbeperkingen opgelegd krijgen. Van mogelijkheden om nog te bouwen volgens van kracht zijn bestemmingsplannen kan in beginsel gewoon gebruik gemaakt worden. Bestemmingsplanherzieningen die nog nieuwe mogelijkheden openen, behoeven niet per definitie gelet op een totstandgekomen aanwijzingsbesluit planologisch onaanvaardbaar te zijn.

Wel zal van gemeenten en provincies gevraagd moeten worden in hun planologisch beleid met de aanwijzing als noodoverloopgebied rekening te houden. Dat kan betekenen, zoals de Commissie kennelijk ook voor mogelijk houdt, dat ingrijpende ontwikkelingen die nog omkeerbaar zijn, nog eens in het licht van het aanwijzingsbesluit worden heroverwogen. Streekplannen zullen eventueel aanpassing moeten ondergaan en bestemmingsplannen zullen misschien herzien moeten worden met als doel bestaande, maar niet gerealiseerde bouw mogelijkheden te herroepen of te beperken. Als dat laatste gebeurt, lijkt mij dat daarop artikel 49 WRO gewoon van toepassing is, omdat die schade niet rechtstreeks voortvloeit uit de aanwijzing tot noodoverloopgebied, maar het gevolg is van planologische besluitvorming als bedoeld in artikel 49 WRO.

Overigens kan nog wel een kanttekening geplaatst worden bij de stelling dat wijziging van het planologische regime niet nodig is. Men kan zich namelijk afvragen of alle betrokken gronden in een overloopgebied niet een medebestemming 'noodoverloopgebied' zouden behoren te krijgen. Ik ga ervan uit dat een speciale wet als bedoeling duidelijk zal maken dat zo een (mede)bestemming naast een aanwijzingsbesluit niet nodig is. De medebestemming in een bestemmingsplan zou ook weinig of niets toevoegen aan het aanwijzingsbesluit en de gevolgen daarvan.

### 3.1.3 Conclusies

De Commissie Luteijn adviseert op goede gronden onderscheid te maken tussen aanwijzingsschade en inundatieschade. Voor beide soorten schade dienen aparte regels in de wet te worden opgenomen.

Terecht signaleert de Commissie dat er verband tussen de regelingen voor beide zal bestaan in die zin dat een goede regeling van inundatieschade waarbij alle belanghebbenden alle materiële schade volledig vergoed krijgen, een belangrijke vermindering van de aanwijzingsschade zal betekenen. Aan een belanghebbende dient niet te kunnen worden tegengeworpen dat hij bij het doen van investeringen rekening had moeten houden met de kans op inundatie.

Het ontstaan van aanwijzingsschade zal met een goede regeling van inundatieschade waarschijnlijk echter niet volledig voorkomen kunnen worden.

Het vergoeden van immateriële schade in geval van een inzet van een overloopgebied is niet goed mogelijk. Wel is een forfaitaire tegemoetkoming denkbaar. Het vergoeden van immateriële aanwijzingsschade is niet goed denkbaar.

De Commissie gaat uit van het vergoeden van aanwijzingsschade op basis van abstracte schadeberekening. Aan die methode kleven in dit geval belangrijke bezwaren die samenhangen met de onzekerheden omtrent ernst en omvang van deze schade. Het verdient daarom overweging de regeling voor het vergoeden van aanwijzingsschade zodanig vorm te geven dat wordt uitgegaan van het systeem van concrete schadeberekening. Bij dit systeem wordt schade pas vergoed indien bij vervreemding concreet blijkt van schade als gevolg van de ligging van een object in een noodoverloopgebied. De bezwaren tegen concrete

schadeberekening die in een achtergrondstudie bij het Advies worden genoemd, overtuigen niet.

De Commissie rept niet over het probleem van schaduwshade, dat wil zeggen de schade die een eigenaar lijdt wanneer hij voordat het aanwijzingsbesluit er is, zijn eigendom vervreemdt. Schaduwschade is evenwel een reëel probleem. Er zijn mogelijkheden het probleem te verminderen door een adequate opzet van de schaderegeling, door het eventueel doen van grondaankopen door de overheid en uiteraard door een voortvarende besluitvorming. Schaduwschade kan wellicht niet volledig worden voorkomen, maar daarin hoeft geen beletsel voor het aanwijzen van noodoverloopgebieden te worden gezien.

De methode van concrete schadeberekening dient niet mede betrekking te hebben op schade die getypeerd kan worden als inrichtingsschade. Deze schade kan op de bekende grondslag van artikel 49 WRO worden behandeld en vergoed.

Er mag van worden uitgegaan dat de aanwijzing van een gebied tot noodoverloopgebied in beginsel geen gevolgen heeft voor bestaande activiteiten in dat gebied en evenmin voor nog niet gerealiseerde, maar wel op grond van bestemmingsplannen bestaande (bouw)mogelijkheden. Voor zover activiteiten dienen te wijken of bestaande planologische mogelijkheden dienen te worden herzien, bieden de Onteigeningswet en het bestaande artikel 49 van de WRO een voldoende basis voor vergoeding van schade.

## 4 Toelichting op het antwoord op vraag 4: invloed Duitsland

Vraag 4 luidt: *wat is de situatie in Duitsland bij de Rijn voor en na 2015 en op welke wijze beïnvloedt dit de situatie in Nederland?*

### 4.1 Interpretatie vraag

Deze vraag slaat op de maximale afvoer die Nederland kan bereiken en het benodigde volume aan noodberging dat (bij de voorstelde oplossing gericht op retentie) nodig is, alsmede op de urgentie tot aanwijzing langs de Rijn.

De maatgevende afvoer van de Rijn bij Lobith is door de Commissie Boertien I in 1992 vastgesteld op 15.000 m<sup>3</sup>/s. Na de hoogwaters van december 1993 en januari 1995 is deze bijgesteld tot 16.000 m<sup>3</sup>/s. Deze waarde is gebaseerd op statistische extrapolatie van waargenomen piekafvoeren vanaf 1901, waarin de hoogste waarde 12.300 m<sup>3</sup>/s bedroeg. Afvoerstatistiek houdt echter geen rekening met mogelijk fysische beperkingen in de aanvoer van water via de Rijn in Duitsland. Voor de Rijn is vastgesteld dat de hoeveelheid water die Nederland in theorie via de rivier kan bereiken vrijwel uitsluitend wordt bepaald door de dijkhoogten langs de Niederrhein tussen Düsseldorf en Lobith. De precieze afvoercapaciteit van de Rijn in dit traject is nog onderhevig aan studie. Ook is deze in de tijd niet constant, want in Duitsland worden ook rivierverruimende maatregelen genomen en dijkverhoging uitgevoerd. Voor een uitgebreide toelichting op de afvoercapaciteit van de Rijn wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

### 4.2 Fysiek maximum Duitse Niederrhein op dit moment

Vanaf zo'n 20 km benedenstrooms van Keulen tot de Nederlandse grens is langs de Niederrhein sprake van aaneengesloten bedijking. Het beschermingsniveau varieert hier van 1/250 tot 1/500 per jaar. Anno 2003 bedraagt de capaciteit van de rivier tot de maatgevende waterstand op het traject Ruhrort-Emmerich, juist bovenstrooms van de grens, ongeveer 14.100 m<sup>3</sup>/s, exclusief waakhoogte. Deze capaciteit wordt aangeduid als *Leistungsfähigkeit*. In Duitsland wordt een waakhoogte van 1,0 m toegepast voor de dijk en 0,5 m voor kademuren. De extra capaciteit van de rivier tussen de kruinen van de dijken bedraagt hier ongeveer 3.200 m<sup>3</sup>/s per meter waterstandstijging. Dit houdt in dat het traject Ruhrort-Emmerich tussen dijken nu  $14.100 + 3.200 = 17.300$  m<sup>3</sup>/s kan afvoeren. Ter plaatse van de kademuren van de steden bedraagt de maximale afvoercapaciteit echter maar  $14.100 + 1.600 = 15.700$  m<sup>3</sup>/s. Aangenomen mag worden dat bij dreigende overstroming van de kademuren zandzakken of wegneembare keringen zullen worden geplaatst, zodat de capaciteit daar in de praktijk groter zal zijn. Op basis hiervan is het redelijk te veronderstellen dat via de Niederrhein op dit moment tenminste ongeveer 16.000 m<sup>3</sup>/s kan worden getransporteerd (zie hoofdstuk 6).

De vraag is of zo'n hoge afvoer wel realistisch is (immers, de hoogst gemeten afvoer bij Lobith was maar 12.300 m<sup>3</sup>/s) is al eerder beantwoord: zie Silva et.al. (2000). Op basis van

een optelling van gemeten piekafvoeren op de zijrivieren komt men bij Lobith tot een afvoer van 18.000 m<sup>3</sup>/s (zie hoofdstuk 6). Hierbij is rekening gehouden met capaciteitsbeperkingen op de Oberrhein benedenstrooms van Iffezheim. De procedure betekent in feite een combinatie van een hoge (maar niet noodzakelijk zeer extreme) afvoer van de Oberrhein met zeer extreme afvoer van zijrivieren naar de Mittlerrhein en Niederrhein, die wordt veroorzaakt door langdurige intense neerslag. Dit is conform de observatie uit 1000 jaar in kronieken vastgelegde Rijnhoogwaters, waaruit blijkt dat nooit alle deelstroomgebieden tegelijk maximaal bijdragen. Hoewel op deze methode is af te dingen, bevestigen recente neerslag-afvoersimulaties in het stroomgebied van de Rijn bovenstrooms van Lobith dit beeld. Hierbij is gebruik gemaakt van zeer lange (1000 jaar) synthetische neerslagreeksen, die representatief zijn voor het huidige klimaat.

### 4.3 Fysiek maximum na afronding dijkversterking

Op dit moment is langs de Niederrhein een aantal hoogwaterbeschermingsmaatregelen in studie, in uitvoering, dan wel gereed. Deze maatregelen betreffen dijkversterking, dijkverhoging, dijkverlegging en de aanleg van retentiebekkens. Als deze plannen in 2020 volledig gerealiseerd zijn moet de rivier een afvoer met een kans van optreden van 1/500 per jaar kunnen verwerken, exclusief waakhogte. Voor het traject direct bovenstrooms van Lobith bedraagt deze 500-jaar afvoer 14.700 m<sup>3</sup>/s. Met een waakhogte van 1 m betekent dit dat in de toekomst 14.700 + 3.200 = 17.900 m<sup>3</sup>/s, zeg 18.000 m<sup>3</sup>/s kan worden afgevoerd. Verwacht mag worden dat in de toekomst bij kademuren (met een geringere waakhogte) door toepassing van wegneembare keringen eenzelfde afvoer kan passeren.

#### Referentie:

Silva, W., Klijn, F. en Dijkman, J.P.M. (2000). Ruimte voor Rijntakken, wat het onderzoek ons heeft geleerd.  
ISBN 9036953235

## 5 Toelichting op het antwoord op vraag 5: wanneer en waar een Rijnoverstroming?

Vraag 5 luidt: *wanneer en waar kan een overstroming van de Rijn plaats vinden, nu en na rivierverruiming?*

### 5.1 Algemeen

De vraag door welke oorzaak een overstroming kan plaatsvinden, is feitelijk al beantwoord in hoofdstuk 2 bij de toelichting op het antwoord op vraag 1. Hier wordt nogmaals gewezen op het feit dat dijken ook bij beneden-maatgevende waterstanden kunnen bezwijken, bijvoorbeeld door piping. En ten tweede wordt nogmaals met nadruk gewezen op het feit dat bovenmaatgevende waterstanden niet alleen door een bovenmaatgevende afvoer kunnen ontstaan, maar ook door andere oorzaken. De kans dat die optreden is echter erg ongewis, en naar ons gevoel nog onzekerder dan die op een bovenmaatgevende afvoer.

Dit alles neemt niet weg dat rivierwater wel van boven komt en dat een overstroming nabij de grens met Duitsland waarschijnlijker is dan meer benedenstrooms in het (boven-) rivierengebied.

### 5.2 Overstroming door bovenmaatgevende afvoeren: waarschijnlijke locaties

In het IRMA-SPONGE project “Living with floods”(Vis et al., 2001) zijn bij wijze van referentie voor de huidige situatie enkele overstromingsscenario's berekend. Daartoe zijn enkele mogelijke doorbraaklocaties gekozen die voor de hoogwaterrisicobeheersing van Nederland relevant zijn, en waarvan de plaats is berekend op grond van fysiografie, dijkringingen, dijkhoogtes en de loop van een afvoergolf door het riviersysteem (hydraulica). Zie hiervoor Figuur 5-1.



Figuur 5-1 Mogelijke doorbraaklocaties in geval van een bovenmaatgevende Rijnafvoer (1=Rees, 2=Kalkar, 3=Rijnstrangen, 4=Betuwe, 5=Land van Maas en Waal) (Vis et al., 2001).

Er zijn vijf scenario's doorerekend, waarbij geen doorbraaklocaties langs de IJssel en/of Neder-Rijn zijn beschouwd. Die worden wel voor mogelijk gehouden, indien de afvoerverdeling zou afwijken, maar langs de IJssel zijn ze – gezien het schadepotentieel aldaar en de bereikte waterdiepten – minder rampzalig dan langs de Waal.

Voor doorbraken op deze vijf plaatsen is de schade grof geraamd met gebruikmaking van de toenmalige DWW-schademodule (voorloper van het HIS). De berekende schade betreft *alleen het Nederlands grondgebied*.

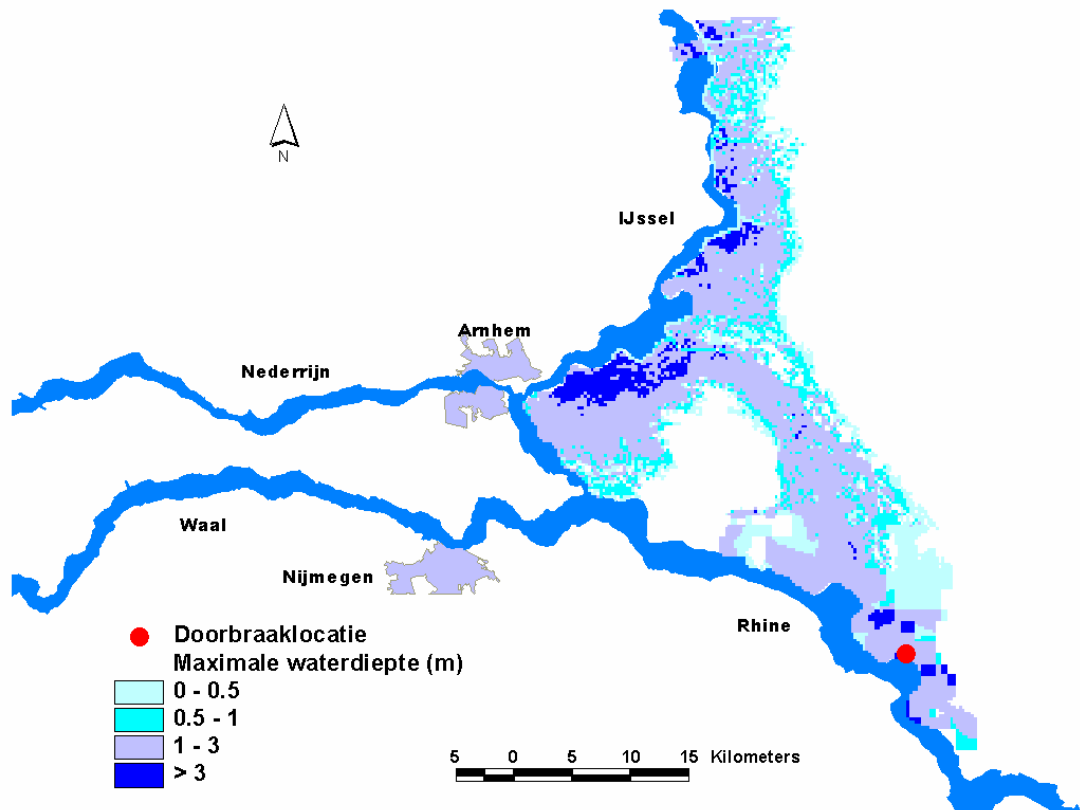
De les van deze studie is vooral dat een doorbraak op verschillende locaties (verschillende dijkringen) zeer verschillende overstromingsschade tot gevolg heeft (Tabel 5-1) en dat het dus veel uitmaakt welke dijkkring wordt getroffen. Een grote dijkkring, zoals de Betuwe, ondervindt veel meer schade dan een kleine, zoals Rijnstrangen of Ooijpolder (als gevolg van een dijkdoorbraak bij Kalkar). Tevens blijkt dat de overstromingsschade sterk afhankelijk is van de hoeveelheid water die in de hoogwatergolf aanwezig is, waarbij grote dijkringen met tussendijken die niet op de maatgevende afvoer zijn gedimensioneerd een cascade-effect vertonen en trapsgewijze toename van de schade (Betuwe). Zo is het Land van Maas en Waal bijvoorbeeld al snel bijna geheel vol en wordt het water alleen maar iets dieper, terwijl de Betuwe steeds verder onderloopt tot en met (bij 20.000 m<sup>3</sup>/s) de Alblasserwaard toe.

Tabel 5-1 Tabel met (zeer indicatieve !) schades en schadeverloop bij toenemend hogere bovenmaatgevende afvoeren (miljarden €, berekend met DWW schademodule in 2000 met toenmalige versie), aannemende het onderlopen van steeds slechts 1 dijkkring. Opmerking: schade in Duitsland is niet meebegroot, eventueel cascade-effect / systeemwerking is eveneens niet meebegroot.

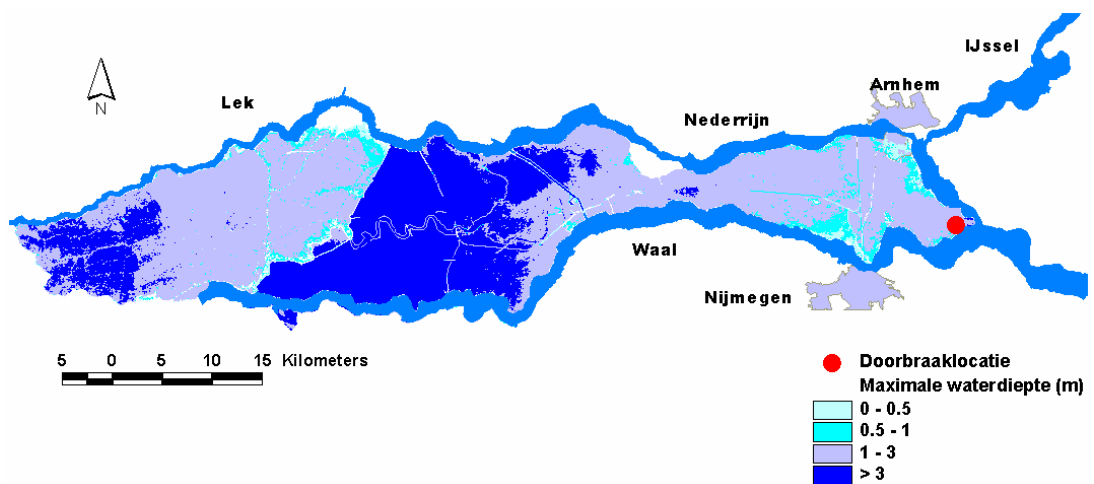
(bovenmaatgevende) afvoer	16.000 m <sup>3</sup> /s	18.000 m <sup>3</sup> /s	20.000 m <sup>3</sup> /s
Rees	8,8	9,5	10,1
Kalkar	4,4	4,5	4,5
Rijnstrangen	1,5	2,4	3,3
Betuwe	17,3	22,7	35,9
Land van Maas en Waal	4,4	4,7	5,0

Ook werd in deze studie nogmaals bevestigd dat een doorbraak van de rechter Rijndijk op Duits grondgebied ter hoogte van Rees leidt tot overstroming achter het Montferland langs naar de IJssel. Hoeveel water dan in de IJssel terecht komt valt moeilijk te schatten, dus ook niet of het daar bij overstroming van één dijkkring blijft of dat de IJssel echt heel veel meer water te verwerken krijgt dan via het Pannerdensch Kanaal het geval kan zijn en er meer dijkringen zullen overstromen. De schade van een dergelijke gebeurtenis is vooralsnog onbekend.

Ook een doorbraak van de linker Rijndijk leidt tot een overstroming die Nederland bereikt. Al lang geleden is door Lely gewezen op de betekenis van de dijken in Duitsland voor het Nederlandse grondgebied. Een doorbraak bij Kalkar leidt tot overstroming van de Duffelt-Ooijpolder. Nu loopt de Ooijpolder maar tot Nijmegen, waarna het water terug de rivier in moet omdat het tegen der stuwwal van Nijmegen stuit. Er is vaak geopperd dat het Rijnwater in zo'n geval zou kunnen overlopen naar de Maas, maar inmiddels is bevestigd dat dat bij de huidige dijkhoogtes rond de Ooijpolder niet kan. Daardoor blijven de consequenties voor Nederland overzienbaar en wordt loss-of-control hier niet echt een grote ramp (de maximale schade in Nederland is al bereikt bij een hoogwatergolf van 18.000 m<sup>3</sup>/s).



Figuur 5-2 Overstroming na een doorbraak van de rechter Rijndijk bij Rees (Duitland) door een hoogwatergolf van ongeveer  $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ : water loopt achter het Montferland langs via de Oude IJssel en verder door de dijkring aan de oostelijke IJsseloever (Vis et al., 2001).



Figuur 5-3 Overstroming van de Betuwe door een hoogwatergolf van ongeveer  $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , waarbij de dwarsdijken in de Betuwe en tussen Betuwe en Alblasserwaard (de Diefdijk) overlopen.

## Verschillende dijkhoogtes door bedijkingsgeschiedenis

In het verleden is de maatgevende afvoer enige malen gewijzigd. Doordat dijkversterking veel tijd vergt, zijn dijken uit verschillende perioden in de praktijk verschillend van hoogte geworden. Een kaartje met de maatgevende afvoer waarop de dijkhoogten zijn gedimensioneerd is weergegeven in Silva et al. (2000).

Er zijn overigens meer redenen voor verschillen in de feitelijke dijkhoogten, zoals verschillen in waakhoogte, het rekening houden met zetting, de leeftijd van dijken (duur van zetting), e.d. In het kader van de studie voor de PKB 'Ruimte voor de Rivier' wordt een inventarisatie gemaakt van de feitelijke dijkhoogten langs de rivieren. De resultaten van deze inventarisatie zijn nog onderhevig aan geregelde wijzigingen.

Het is moeilijk om hier met enige betrouwbaarheid uitspraken te doen over wat deze verschillen betekenen voor de waarschijnlijke plaats (en het moment) van overstroming. Wel bestaat de indruk dat de IJssel over een grote lengte relatief extra veilig lijkt, terwijl alle andere dijkeringen flinke verschillen vertonen. In verband met de onzekerheden hieromtrent wordt er in de studie voor de PKB 'Ruimte voor de Rivier' tot op heden geen rekening gehouden met deze zogenaamde overhoogtes. Ook wij menen dat deze gegevens te onzeker zijn om hierop uitspraken over 'meer waarschijnlijke' overloop-/doorbraaklocaties te baseren.

### 5.3 Alles overziende

We achten bovenmaatgevende *afvoeren*, al dan niet gepaard gaande met een afwijkende *afvoerverdeling*, de meest waarschijnlijke oorzaak van een bovenmaatgevende waterstand. Bovenmaatgevende waterstanden vormen de meest waarschijnlijke oorzaak van het falen van een dijk, het ontstaan van een bres en een daaruit voortvloeiende overstroming ergens in het rivierengebied.

De invloed van andere, bijkomende factoren is relevant, maar statistisch veel moeilijker te kwantificeren en fysisch niet of nauwelijks te beredeneren (in tegenstelling tot een fysisch maximale afvoer, zie hoofdstuk 6).

Het Advies van de Commissie Luteijn concludeert naar ons inzicht te snel dat noodoverloopgebieden alleen nuttig / nodig zijn in de omgeving van Lobith / Pannerdensch Kop. Noodoverloopgebieden (compartimentering met gedifferentieerde normen) meer benedenstrooms verdienen vanuit hydraulisch oogpunt ook overweging, al was het maar om nabij een plaats waar gevaar dreigt de situatie beheersbaar te houden.

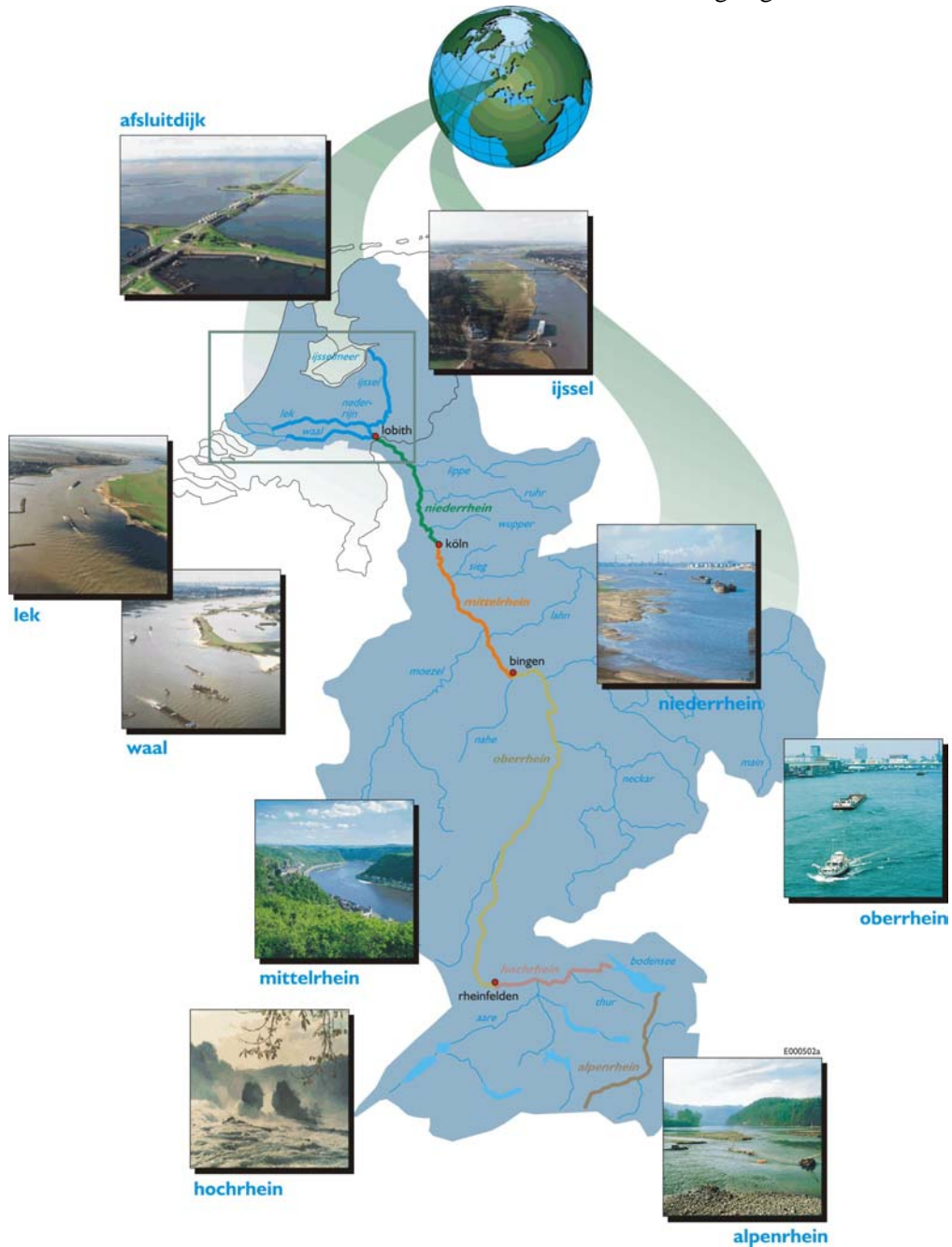
#### Referenties:

- Vis, M., Klijn, F. and van Buuren M. (eds.), 2001. Living with Floods, Resilience Strategies for Flood Risk Management and Multiple Land Use in the Lower Rhine River Basin. NCR Publication 10, Delft.
- Silva, W., Klijn, F. en Dijkman, J.P.M. (2000). Ruimte voor Rijntakken, wat het onderzoek ons heeft geleerd. ISBN 9036953235

## 6 De afvoer van de Rijn bij Lobith

### 6.1 Korte beschrijving van het stroomgebied

De Rijn strekt zich uit van de Zwitserse Alpen tot Nederlandse Noordzeekust over een totale lengte van 1320 km, zie Figuur 6-1. Het oppervlak van het stroomgebied bedraagt in totaal 185.000 km<sup>2</sup> waarvan 160.800 km<sup>2</sup> bovenstrooms van Lobith is gelegen.



Figuur 6-1 Stroomgebied van de Rijn

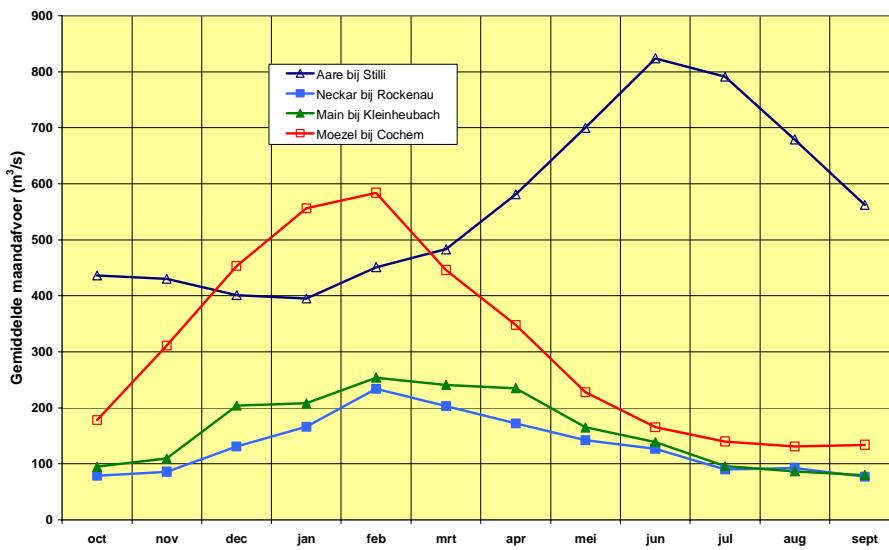
De Rijn wordt op basis van landschap en verhang onderverdeeld in een zestal trajecten. De eerste twee trajecten, de *Alpenrhein* (die zich uitstrekt van de bron tot de Bodensee) en de *Hochrhein*, (Bodensee-Basel) worden gevoed door steile berghellingen in de Zwitserse Alpen, waarbij de Zwitserse meren een sterke dempende en vertragende werking hebben op de afstroming. De belangrijkste zijrivier is hier de Aare. De *Oberrhein* (Basel-Bingen) stroomt door de brede Bovensrijnse Laagvlakte die begrensd wordt door de Vogezen in Frankrijk en het Zwarte Woud in Baden-Württemberg. In de benedenloop van de Oberrhein, bij Mannheim en Mainz, voegen zich respectievelijk de Neckar en de Main bij de Rijn. De *Mittelrhein* (Bingen-Keulen) doorsnijdt het Rheinisches Schiefergebirge via een nauwe vallei. Bij Koblenz wateren de Moezel en de Lahn af op de Rijn. Vanaf Bonn stroomt de Rijn als *Niederrhein* (Keulen-Lobith) door de Duitse deelstaat Nordrhein-Westfalen. De Rijn wordt hier een typische laaglandrivier, waarbij het stroomdal steeds breder wordt. Belangrijke zijrivieren hier zijn de Ruhr en de Lippe. Het laatste traject omvat de *Rijndelta* van Lobith tot de Noordzee, met de Boven-Rijn, de Waal, het Pannerdensch Kanaal, de Neder-Rijn en Lek en de IJssel. De belangrijkste locaties langs en zijrivieren van de Rijn zijn samengevat in Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Locatie van stations en oppervlakte van zijrivieren langs de Rijn tot Lobith

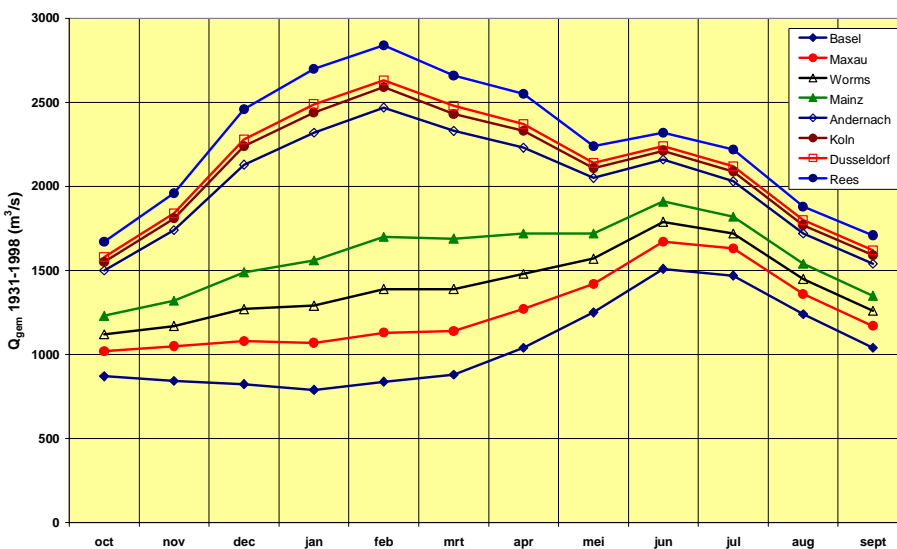
station	zijrivier	Rijn-km (km)	afstand tot Lobith (km)	oppervlak zijrivier (km <sup>2</sup> )	gesommeerd oppervlak (km <sup>2</sup> )
Disentis Konstanz	Aare	-188,00	1050		158
		0,00	862		10.922
Basel Straatsburg	Ill	102,50	760	17.800	32.695
		167,30	695		35.925
Maxau Speyer	Neckar	294,90	567		39.649
		305,00	557	4.800	46.066
Worms	Main	362,30	500		50.343
		400,60	462		53.235
Mainz Bingen	Nahe	428,20	434	14.000	68.486
		443,40	419		68.936
Kaub	Lahn	496,60	366	27.200	98.488
		498,30	364		98.488
Koblenz	Moezel Nette & Wied	528,40	334		99.277
		530,00	332	4.100	103.407
Andernach	Ahr	546,20	316		103.729
		588,00	274	5.900	109.994
Bonn	Sieg	591,50	271		110.131
		592,00	270	28.100	138.231
Keulen	Wupper	610,00	252	1.100	139.586
		613,80	248		139.795
Düsseldorf	Ruhr	629,00	233	850	140.837
		654,70	208		141.162
Emmerich	Lippe	660,00	202	2.900	144.217
		688,00	174		144.612
Lobith		702,00	160	800	145.618
		738,00	124	1.800	147.948
Wesel		744,20	118		148.040
		779,00	83	4.500	153.143
Rees		780,80	81		153.176
		814,00	48		154.528
Emmerich		815,00	47	4.900	159.428
		837,40	25		159.683
Lobith		851,90	10		159.784
		862,22	0		160.800

## 6.2 Neerslag en afvoer in het stroomgebied van de Rijn

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in het stroomgebied van de Rijn bedraagt circa 900 mm, met uitschieters ver naar boven in de Alpen, de Vogezen, het Zwarte Woud en Sauerland, en naar beneden langs de Oberrhein en Mittelrhein. Het regime van de rivier wordt bepaald door de vorm waarin de neerslag valt. In Zwitserland en Zuid-Duitsland wordt de Rijn hoofdzakelijk gevoed door smeltwater, terwijl verder stroomafwaarts de Rijn vooral een regenrivier is. Dit wordt duidelijk uit een vergelijking van maandafoeren van de grootste zijrivieren, zie Figuur 6-2; de Aare piekt gemiddeld genomen in juni/juli en is in tegenfase met de afvoer van de Neckar, Main en Moezel, die in februari hun maximum hebben. Ten gevolge hiervan is langs de Oberrhein (Basel) de gemiddelde maandafoer in de zomer het hoogst; dit maximum verschuift richting Niederrhein met name onder invloed van de Moezel naar februari (zie Figuur 6-3).



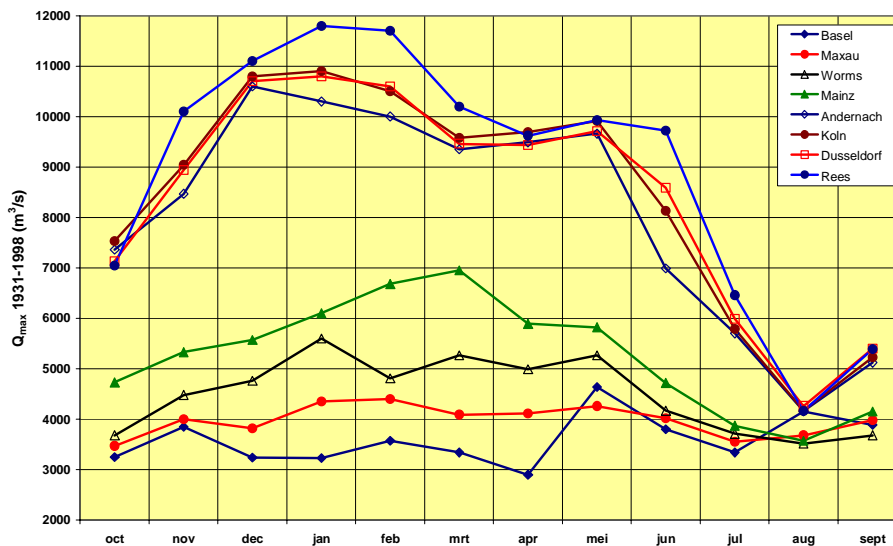
Figuur 6-2 Gemiddelde maandafoer van de Aare, Neckar, Main en Moezel (bron: KHR, 1986)



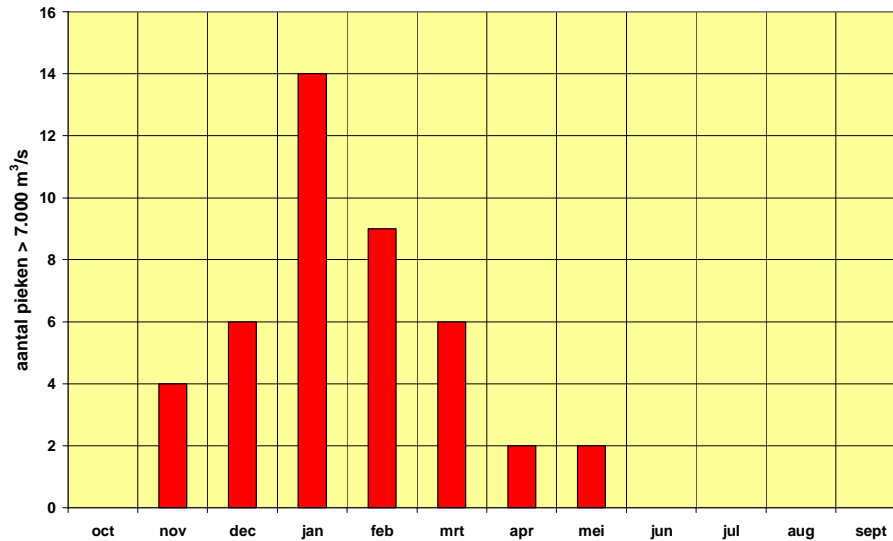
Figuur 6-3 Gemiddelde maandafoer van de Rijn van Basel tot Rees, periode 1931-1998 (bron: BfG-database, 2003)

### 6.3 Genese van extreem hoge afvoer

Ten aanzien van de extreme afvoeren is het beeld t.o.v. de gemiddelde maandaafvoer enigszins verschoven, met name langs de Oberrhein. In Figuur 6-4 is voor elke maand de hoogste afvoer uit de periode 1931-1998 weergegeven voor een aantal locaties langs de Rijn in Duitsland. Bij Basel is in die periode de hoogste afvoer in mei opgetreden, op de benedenloop van de Oberrhein (Mainz) in maart en op de Niederrhein in december tot februari. Figuur 6-4 zegt overigens niets over de frequentie van voorkomen. Beschouwt men alle afvoerpieken groter dan  $7.000 \text{ m}^3/\text{s}$  bij Lobith uit de vorige eeuw, dan blijkt dat 29 van de 43 pieken (67%) in de maanden december tot en met februari zijn voorgekomen (zie Figuur 6-5) en dat de vier hoogste pieken (1920, 1926, 1993 en 1995) of in december of in januari zijn opgetreden. Door afwezigheid van verdamping in die periode is het bodemvochtgehalte hoog en raakt de bodem bij voldoende neerslag snel verzadigd, waardoor een groot percentage van de neerslag tot afstroming komt. Afvoerpieken van enige importantie hebben zich in de vorige eeuw niet in de zomermaanden gemanifesteerd, enerzijds omdat de opnamecapaciteit van de bodem dan veel groter is, maar ook is de uitgestrektheid van het neerslagveld dan in het algemeen kleiner (convectieve neerslag). Op de Niederrhein hebben zich echter wel zeer hoge afvoeren voorgedaan in het late voorjaar, zoals in april en mei/juni 1983, zie Figuur 6-4. Dit geeft aan dat in de toekomst bij doorgaande temperatuurstijging de afvoerpiek van de Hoehrhain door aanvoer van smeltwater zich zal vervroegen en versterken. De kans dat deze dan samenvalt met de afvoer van extreme regenval bij nog verzadigde bodemcondities in het stroomgebied benedenstrooms van Basel neemt toe, zodat verwacht mag worden dat de periode in het jaar waarin extreme afvoeren bij Lobith zich zullen voordoen vergroot wordt.



Figuur 6-4 Hoogst gemeten afvoer per maand in de periode 1931-1998 langs de Rijn (bron: BfG database, 2003)



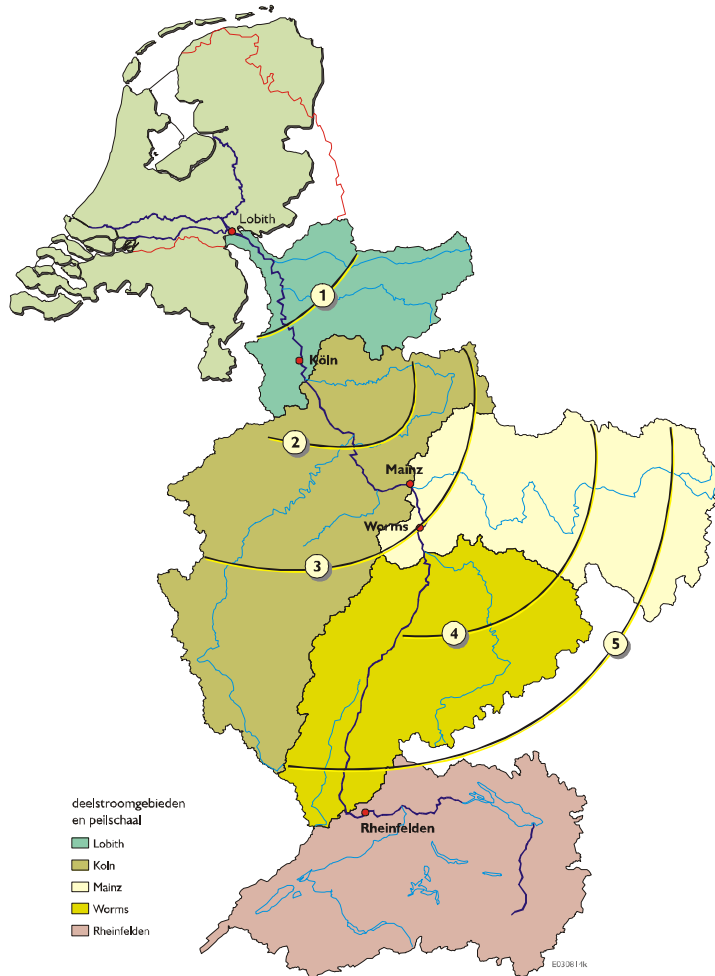
Figuur 6-5 Aantal keren dat een afvoerpiek groter dan 7.000 m<sup>3</sup>/s op de Rijn bij Lobith in de periode 1901-1999 in een bepaalde maand is opgetreden (bron: Diermanse et al, 2001) (Merk op dat een nul-score voor bijvoorbeeld juni niet betekent dat in die maand de afvoer niet groter dan 7.000 m<sup>3</sup>/s geweest kan zijn, wel dat het golfmaximum niet in juni optrad, vergelijk met Figuur 6-4)

Extreme Rijnafoeren zijn sterk gerelateerd aan hoge afvoeren op de Moezel. Zo rapporteert de KHR (1999) dat de acht hoogste afvoerpieken op de Moezel ook de acht meest extreme afvoeren bij Keulen zijn geweest. De Oberrhein, bovenstrooms van de Neckarmonding, draagt meestal echter nog meer bij aan de afvoerpiek bij Lobith. In Tabel 6-2 zijn voor enkele hoge afvoergolven de piekwaarden van de Oberrhein en de grootste zijrivieren aangeven als percentage van de piekafvoer bij Lobith.

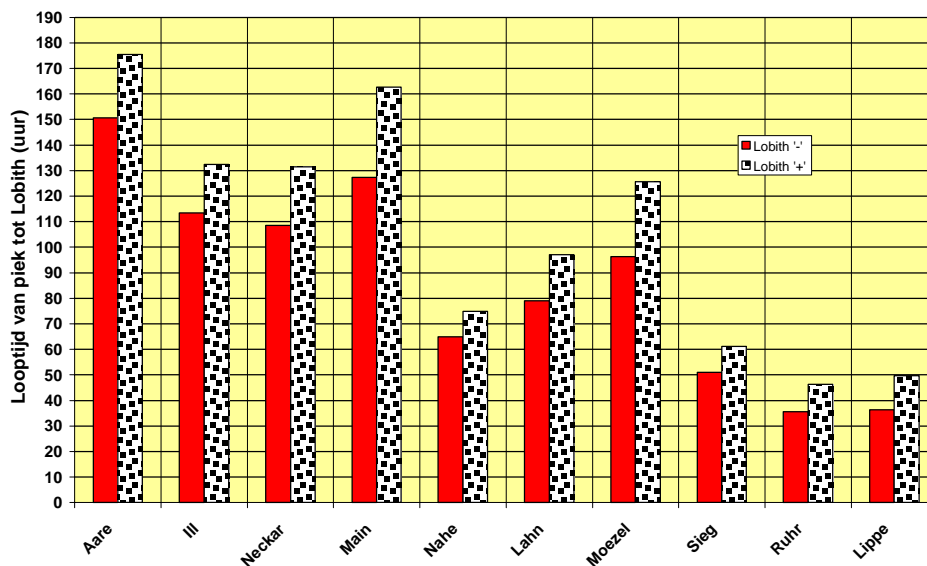
Tabel 6-2 Piekafvoer op de Oberrhein en enkele zijrivieren als percentage van de piekafvoer bij Lobith.

Locatie/zijrivier	jan 1926	feb 1970	mrt 1988	dec 1993	jan-feb 1995
Rijn b/s Neckar	28	41	43	28	33
Neckar	-	18	14	19	10
Main	-	18	18	11	17
Lahn	-	5	4	5	4
Moezel	-	28	23	37	28

De tabel laat zien dat de bijdragen van afvoergolf tot afvoergolf sterk verschillen. Extreem wordt de afvoer bij Lobith alleen indien een aantal zijrivieren tegelijkertijd een extreme afvoer produceren. De Rijngegevens vanaf ongeveer 1000 AD tonen evenwel aan dat het nooit is voorgekomen dat alle deelgebieden tegelijk extreem hebben bijgedragen aan de afvoerpiek op de Niederrhein (Engel, 1997). In de tabel valt ook op dat de bijdrage van de Oberrhein toeneemt naarmate de piek later in het jaar valt. De percentages, die in Tabel 6-2 gegeven zijn, vertekenen enigszins het beeld over de bijdrage in de piekafvoer bij Lobith; door looptijdverschillen zullen ze niet allemaal maximaal bijdragen aan de piek bij Lobith. In Figuur 6-6 is een overzicht gegeven van de looptijden tot Lobith in het stroomgebied. Voor de deelgebieden afzonderlijk is in Figuur 6-7 een indicatie gegeven van de tijd tussen het optreden van de neerslag (ten gevolge van een frontpassage uit het westen) en de passage van de piek van het deelstroomgebied bij Lobith.



Figuur 6-6 Looptijden (dagen) van hoogwatergolf tot Lobith

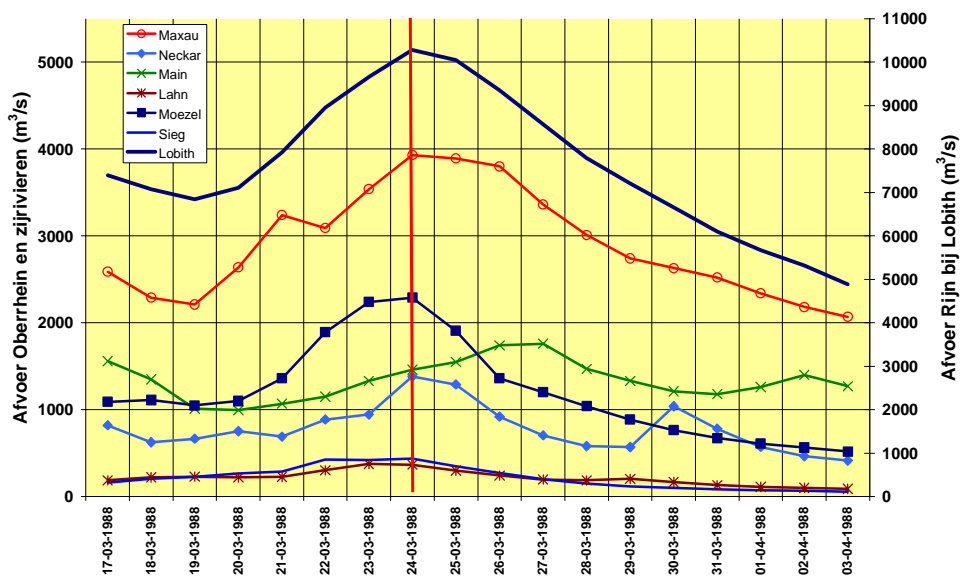


Figuur 6-7 Tijdsduur tussen het vallen van neerslag en het moment waarop de piek van de afvoer van een deelgebied bij Lobith passeert (Lobith “-“ is daarbij een lage schatting; Lobith “+” een hoge) (bron: Diermanse et al, 2001)

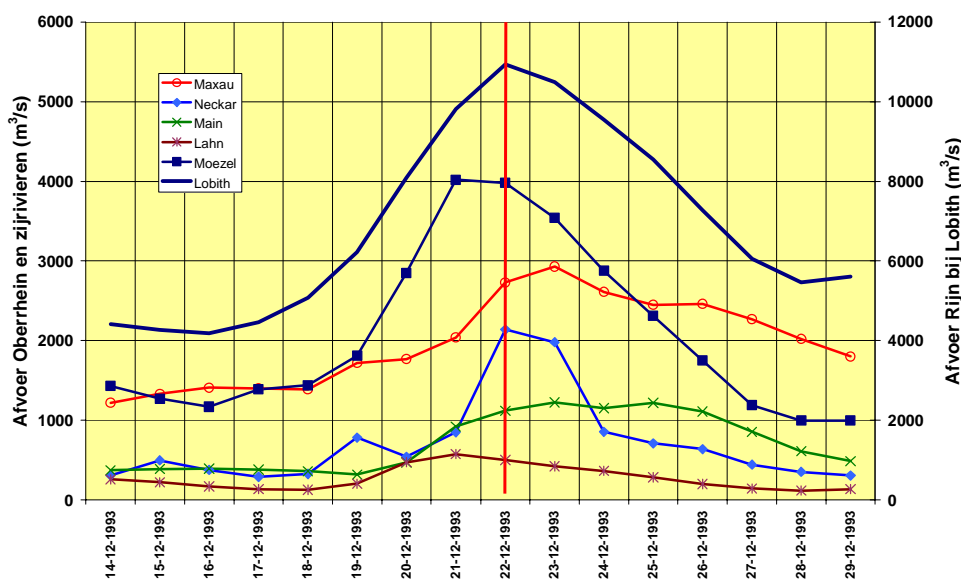
Figuur 6-7 geeft aan dat aangaande de looptijd van bijdragen van de zijrivieren globaal een viertal groepen kan worden onderscheiden:

1. Lippe Ruhr en Sieg,
2. Nahe en Lahn,
3. Moezel, Neckar en Ill, en
4. Main en Aare.

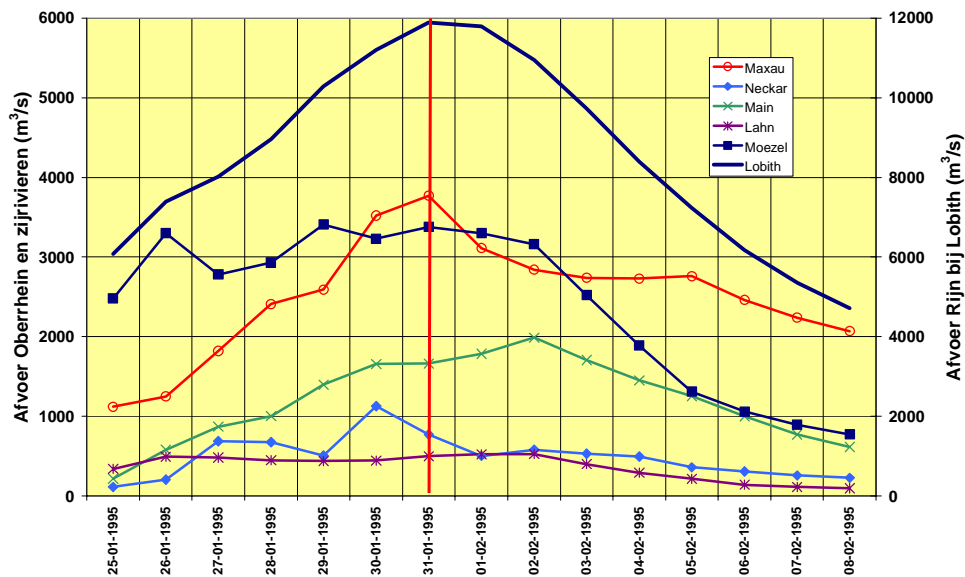
De bijdrage van twee belangrijke contribuanten aan de piek in Lobith, de Moezel en de Neckar, zullen dus naar verwachting vaak samenvallen. Dit wordt bevestigd door een analyse van historische hoogwaters. In Figuur 6-8 t/m Figuur 6-10 zijn voor de hoogwaters van 1988, 1993 en 1995 de bijdragen van de Oberrhein (inclusief de Ill) en de belangrijkste zijrivieren weergegeven, gecorrigeerd voor de looptijd vanaf het meetpunt op de (zij)rivier tot Lobith.



Figuur 6-8 Hoogwater maart 1988 (bijdragen gecorrigeerd voor looptijd naar Lobith)



Figuur 6-9 Hoogwater december 1993 (bijdragen gecorrigeerd voor looptijd naar Lobith)



Figuur 6-10 Hoogwater januari-februari 1995 (bijdragen gecorrigeerd voor looptijd)

Uit de figuren blijkt dat weliswaar de zwaartepunten van de diverse hoogwatergolven enigszins verschoven liggen ten opzichte van elkaar, maar dat de golftoppen van de bijdragen van de Neckar en Moezel inderdaad ongeveer gelijktijdig in Lobith arriveren. Deze vallen bovendien samen met die van de Oberrhein, hetgeen deels wordt veroorzaakt door de bijdrage van de Ill. De piek van de Main loopt duidelijk bij genoemde drie achter. Aangaande de Oberrhein moet worden bedacht dat door de riviernormalisatie en kanalisatie uit de 19<sup>de</sup> en 20<sup>ste</sup> eeuw de looptijd van de hoogwatergolf met zo'n 2 dagen is afgenomen (WL&EAC, 1992). Een eenvoudige analyse van de hoogwatergolven leert dat daardoor de bijdrage van de Oberrhein aan de piekwaarde in Lobith met ongeveer 1.000 m<sup>3</sup>/s is toegenomen, nog afgezien van het verlies aan demping als gevolg van de afname van het overstroomingsoppervlak, die door de rivierwerken is veroorzaakt. Dit betekent dat een 30 cm hogere piekwaterstand bij de grens gecreëerd. Uit de geschetste genese van de afvoerpiek bij Lobith volgt ook de beperkte geldigheid van het credo: "vasthouden, bergen en afvoeren", waar waterhuishoudkundige nota's tegenwoordig van *doordrenkt* zijn om hoge afvoeren te bestrijden. Immers, afvoervertragende maatregelen in stroomgebieden die nu vóórlopen op de piek bij Lobith – hoewel lokaal effectief – hebben een averechts effect op de verlaging van de piek op de Rijn in de benedenloop omdat daardoor hun bijdrage nu meer samenvalt met de bijdragen uit de bovenloop van de Rijn.

## 6.4 Afvoercapaciteit van de rivier

Op basis van de reeks van - voor rivieringrepen gehomogeniseerde - afvoeren sinds 1901 is de maatgevende afvoer van de Rijn bij Lobith door de Commissie Boertien I in 1992 vastgesteld op 15.000 m<sup>3</sup>/s. Na de extreme hoogwaters van december 1993 en januari 1995 is de maatgevende afvoer verhoogd tot 16.000 m<sup>3</sup>/s. Deze waarde is gebaseerd op statistische extrapolatie van waargenomen piekafvoeren vanaf 1901, waarin de hoogste waarde 12.300 m<sup>3</sup>/s bedroeg. Deze afvoerstatistiek houdt echter geen rekening met mogelijk

fysische beperkingen in de aanvoer van water via de Rijn in Duitsland. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen:

- hydrologische beperkingen, d.w.z. grenzen aan de omvang en intensiteit van neerslag en sneeuwmelt, en
- hydraulische beperkingen, d.w.z. grenzen aan de afvoercapaciteit van de hydraulische infrastructuur.

Alvorens in te gaan op eventuele hydrologische beperkingen wordt eerst aandacht gegeven aan de afvoercapaciteit van de diverse Rijntrajecten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een inventarisatie die de BfG (Engel, et al, 1994) heeft gemaakt van de *Leistungsfähigkeit* van de diverse riviervakken, zie Figuur 6-11. Onder *Leistungsfähigkeit* moet worden verstaan de hoeveelheid water die de rivier kan afvoeren bij een waterstand die 1 m onder de kruin van de dijk ligt. Het kan worden gezien als een ontwerpafvoer, waarop een waakhoogte bij de dijken wordt toegepast van 1 m. Bij kademuuren wordt een lagere waakhoogte van 0,5 m toegepast. Deze waakhoogte moet dus ook effecten van windopzet en golfoploop opvangen. De maximale afvoercapaciteit van een riviertraject wordt bepaald door de *Leistungsfähigkeit* te vermeerderen met de hoeveelheid afvoer die past tussen de ontwerpwaterstand en de kruinhoogte van de dijk, respectievelijk kademuur.

## Hochrhein

De Hochrhein is vrijwel geheel gestuwd. De dijken in het gestuwde deel geven een hoog beschermingsniveau, namelijk van 1/1.000 per jaar. Op de enkele vrij stromende trajecten geldt een lager beschermingsniveau (ongeveer 1/200), maar de ruimte achter de dijken is te gering om bij overstroming enige beperking te geven aan de afvoercapaciteit van de rivier.

In de 19<sup>de</sup> en 20<sup>ste</sup> eeuw zijn in het kader van de eerste en tweede Juracorrectie rivieren door meren omgeleid. Dit heeft geleid tot een aanzienlijke reductie van piekafvoeren (tot ongeveer 1.000 m<sup>3</sup>/s).

Op de Hochrhein zijn geen werken gepland die een merkbare invloed hebben op het hoogwater op de rivier (IKSR, 1997). De Bodensee biedt in beginsel grote mogelijkheden om water vast te houden (1 cm waterstandsstijging levert 5 miljoen m<sup>3</sup> extra berging op). Echter, de looptijd van Konstanz naar de Niederrhein is te groot om hiervan effectief gebruik te maken.

## Oberrhein

Na de regulering van de Oberrhein in de 19<sup>de</sup> eeuw volgens de plannen van Tulla, waarbij circa 70% van het overstromingsgebied ter plaatse verloren ging en de rivierlengte met circa 80 km afnam, volgde in de vorige eeuw de Oberrheinkanaliserings met de bouw van het Rheinseitenkanal en een aantal stuwen in en langs de rivier tussen Basel en Iffezheim. De bouw van de stuwen maakte nieuwe dijken direct langs de hoofdgeul tussen Breisach en Iffezheim noodzakelijk, waardoor de omvang van de overstromingsvlakte langs de rivier verder met 130 km<sup>2</sup> afnam; van de oorspronkelijke 1.000 km<sup>2</sup> overstromingsvlakte is nu nog maar 140 km<sup>2</sup> beschikbaar is. De dijken langs het gestuwde traject Basel-Iffezheim bieden een beschermingsniveau tegen afvoeren met een frequentie van voorkomen van 1/1.000 per jaar, terwijl op het traject Iffezheim-Bingen de dijken voor de bouw van de stuwen een



In 1982 zijn Frankrijk en de deelstaten Baden-Württemberg en Rheinland-Pfalz overeengekomen om langs de Oberrhein maatregelen te treffen om de negatieve effecten van de Oberrheinkanalisisatie, die ook bij Lobith voelbaar zijn, ongedaan te maken. De maatregelen bestaan uit speciaal beheer van stuwpanden bij hoge afvoer, dijkverleggingen en de aanleg van polders met een retentievolume van bijna 290 miljoen m<sup>3</sup>, zie Tabel 6-3 en Figuur 6-12. Hiervan is op dit moment 32% gerealiseerd. De Oberrheindijken tussen Iffezheim en Bingen bieden nu een beschermingsniveau van 1/110 per jaar (Engel, persoonlijke mededeling, 2003). Het oude beschermingsniveau van 1/200 zal pas weer beschikbaar zijn als alle beoogde werken zijn voltooid. Dat zal niet voor 2010 het geval zijn.

Tabel 6-3 Overzicht van maatregelen langs de Oberrhein en de Niederrhein

riviertraject	land	naam	soort	volume miljoen m <sup>3</sup>	uitgevoerd
Oberrhein	Frankrijk	Waterkrachtwerken	Beheer	45	ja
		Erstein	Polder	7,8	ja
		Moder	Polder	5,6	ja
Oberrhein	Baden-Württemberg	Zuidelijk KW Breisach	Barrage of Verlaging	25	-
		KW Breisach	Barrage	9,3	-
		Breisach/Burkheim	Polder	6,5	-
		Wuhl/Weisweil	Polder	7,7	-
		Elzmonding	Polder	5,3	-
		Ichenheim/Meiss.	Polder	5,8	-
		Altenheim	Polder	17,6	ja
		KW Kehl/Straatsburg	Barrage	37,0	gedeeltelijk
		Freistett	Polder	9,0	-
		Söllingen/Greffern	Polder	12,0	-
		Bellenkopf/Rappenw	Polder/Dijkverlegging	14,0	-
		Elisabethenwörth	Polder	11,9	-
Rheinschanzinsel	Polder	6,2	-		
Oberrhein	Rheinland-Palz	Daxlander Au	Polder	5,1	ja
		Wörth/Jockgrim/Neupotz	Dijkverlegging/Polder	12+4,2	-
		Mechtersheim	Polder	7,4	-
		Flotzgrün	Polder	5,0	-
		Kollerinsel	Polder	6,1	-
		Waldsee/Altrip/Neuh.	Dijkverlegging/Polder	7,9+1,2	-
		Petersau/Bannen	Dijkverlegging	1,4	-
		Mitlere Busch(Worms)	Dijkverlegging	2,3	-
		Worms Bürgerweide	Polder	3,4	-
		Bodenheim/Laubenheim	Polder	6,4	-
		Ingelheim	Polder	3,8	--
Niederrhein	Nordrhein-Westfalen	Köln-Langel	Polder	4,5	-
		Worringer Bruch	Polder	8	-
		Monheim	Dijkverlegging	6,9	ja
		Itter-Himmelgeist	Dijkverlegging	2	-
		Ilvericher Bruch	Polder	8,1	-
		Mündelheim	Dijkverlegging	3	-
		Orsoy Land	Dijkverlegging	10	ja
		Bislicher Insel	Dijkverhoging	-	ja
		Lohrwardt	Polder/Dijkverlegging	10,3+1,6	-
		Grietherbusch	Dijkaanpassing	-	-
		Bylerward	Polder	10	-

Bepalend voor de capaciteit van de Oberrhein is het traject Iffezheim-Bingen. Direct benedenstrooms van Iffezheim bij Maxau heeft de Oberrhein een ontwerpcapaciteit van 5.000 m<sup>3</sup>/s tot de monding van de Neckar, 6.000 m<sup>3</sup>/s bij Worms tot de monding van de Main en 7.300 m<sup>3</sup>/s van Mainz tot Bingen. Met 1 m waakhoogte boven de ontwerpstand kan, op basis van de afvoerkrommes ter plaatse, nog 1.000 m<sup>3</sup>/s (BfG stelt tenminste 300

m<sup>3</sup>/s) extra worden afgevoerd voordat grootschalige overstromingen gaan plaatsvinden. Op basis van het voorgaande bedraagt de maximale afvoer van de Oberrhein dus 8.300 m<sup>3</sup>/s. Modelberekeningen met opgeschaalde afvoergolven, die leiden tot de maatgevende afvoerstandigheden bij Lobith, tonen aan dat overstroming van de dijken langs de Oberrhein ervoor zorgen, dat de piekwaarde van extreem hoge afvoergolven van de Oberrhein met circa 2.000 m<sup>3</sup>/s kunnen reduceren (LNW, 2002). De capaciteitslimiet van de Oberrhein is dus een beperkende factor op afvoerextremen op de Niederrhein zodra de drempelwaarde van 8.300 m<sup>3</sup>/s bij Mainz wordt overschreden. Opgemerkt moet worden dat de beschikbare berging achter de dijken echter niet onbeperkt is; bij volledige vulling, ten gevolge van een dijkoverschrijdend, zeer volumineus hoogwater, zal weer water naar de Rijn terugstromen (zoals bij de Po), waardoor de piekreductie vermindert. De afvoergolf is dan wel vertraagd en zal minder samenvallen met benedenstroomse bijdragen.

### Mittelrhein

Op de Mittelrhein is vooral sprake van een natuurlijke bescherming door het bergmassief. Alleen lokaal zijn dijken aanwezig ter bescherming van steden, gewoonlijk tot 1 m boven de hoogwaterlijn van 1926. Omdat de Mittelrhein door een nauwe vallei stroomt en er nauwelijks berging voorhanden is (35 km<sup>2</sup> overstromingsgebied), is hier geen beperking aan de afvoercapaciteit van de Rijn; er vindt slechts translatie plaats van de aanvoer van bovenaf en van de zijrivieren, zonder noemenswaardige demping. Plaatselijk wordt verhoging van het beschermingsniveau gevraagd, maar concrete plannen zijn nog niet beschikbaar. Mocht er lokaal bergingsgebied verloren gaan dan zal daar elders voor gecompenseerd moeten worden.

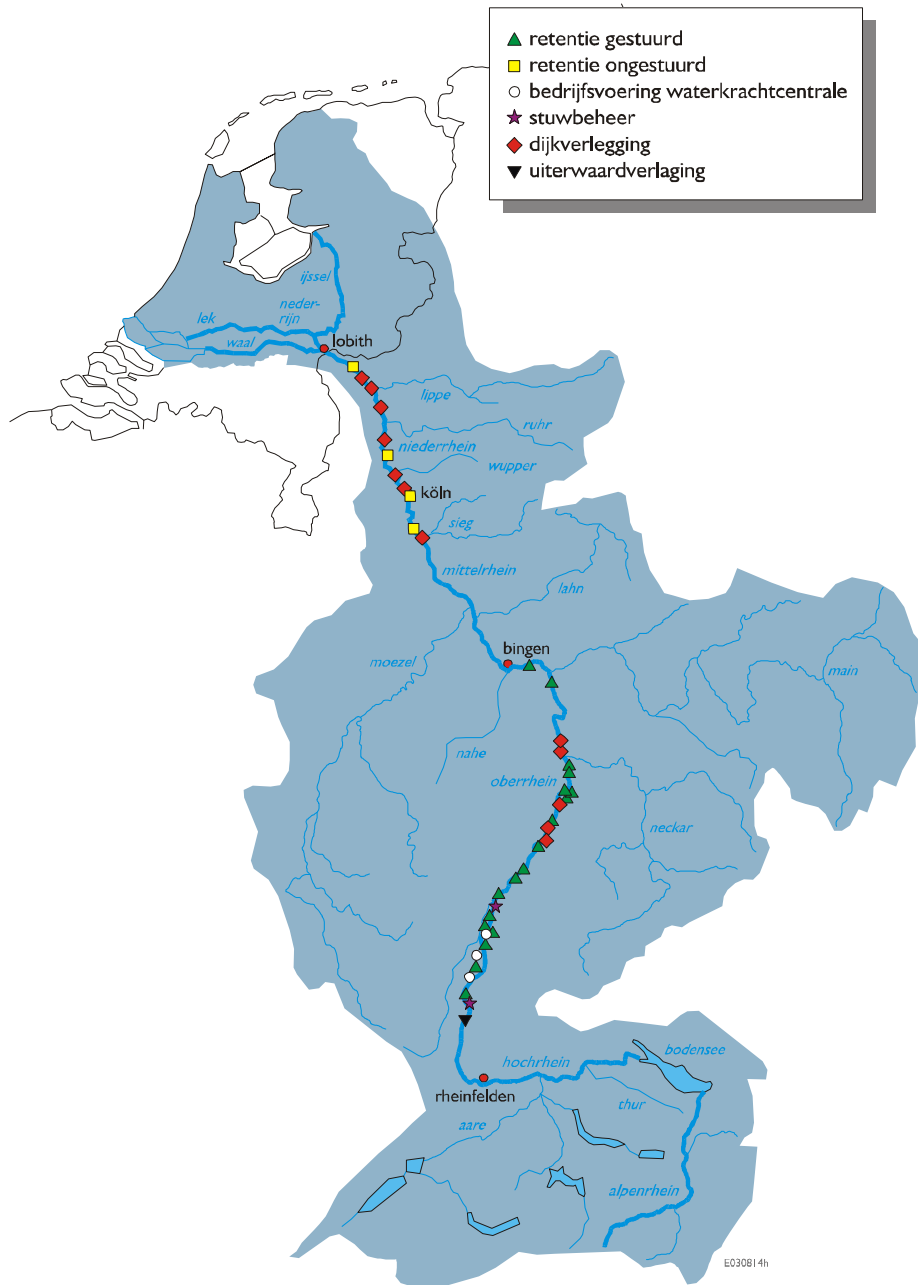
### Niederrhein

Langs de Niederrhein op het bovenstroomse traject van Keulen tot Rijn-km 710, voorbij de monding van de Wupper zijn evenals op de Mittelrhein slechts lokaal dijken aanwezig. Eerst 10 km benedenstrooms van Leverkusen is sprake van een gesloten dijkenstelsel, dat doorloopt tot aan de Nederlandse grens. Het beschermingsniveau varieert hier van 1/250 tot 1/500. Drie trajecten worden onderscheiden:

1. *Ruhrort-Emmerich*: anno 2003 bedraagt de capaciteit van de rivier op dit traject, juist bovenstrooms van de grens, ongeveer 14.100 m<sup>3</sup>/s, exclusief waakhogte. Bij een waakhogte van 1,0 m en een afvoercapaciteit van de rivier nabij de kruin van de dijk van 3.000 à 3.200 m<sup>3</sup>/s per meter waterstandstijging, betekent dit dat de bedijkte trajecten ruim 17.000 m<sup>3</sup>/s kunnen verwerken. Ter plaatse van de kademuren in de steden is de waakhogte 0,5 m en bedraagt de afvoercapaciteit dus tenminste 15.600 m<sup>3</sup>/s. Aangenomen mag worden dat bij dreigende overstroming van de kademuren zandzakken zullen worden geplaatst zodat de effectieve capaciteit daar groter zal zijn. Realistisch is aan te nemen dat nu minstens 16.000 m<sup>3</sup>/s kan worden afgevoerd.
2. *Düsseldorf-Ruhrort*: de capaciteit van de Rijn bedraagt hier 14.400 m<sup>3</sup>/s. Inclusief een waakhogte van 1 m en een afvoercapaciteit van 2.200 m<sup>3</sup>/s per m juist onder de kruin van de dijk, kan hier ongeveer 16.600 m<sup>3</sup>/s getransporteerd worden. Lokaal bij kademuren is de capaciteit minder, 15.500 m<sup>3</sup>/s, maar zal met zandzakken wel ongeveer 16.000 m<sup>3</sup>/s moeten kunnen bereiken.
3. *Rkm 710- Düsseldorf*: volgens Figuur 6-11 bedraagt de *Leistungsfähigkeit* hier 13.300 m<sup>3</sup>/s. Met 1 m waakhogte en een afvoercapaciteit van 2.000 m<sup>3</sup>/s per m juist onder de

kruin van de dijk, kan hier ongeveer  $15.300 \text{ m}^3/\text{s}$  afgevoerd worden tussen de dijken en  $14.300 \text{ m}^3/\text{s}$  bij de kademuren. Water dat hier over de dijken gaat kan via oude rivierarmen bij Xanten en Wesel onder invloed van oude stuwwallen weer terug naar de rivier stromen.

Op basis hiervan is het redelijk te veronderstellen dat via de Niederrhein **op dit moment tenminste  $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$**  kan worden getransporteerd. Voorlopige resultaten van modelberekeningen met zeer extreme afvoeren bevestigen dit.

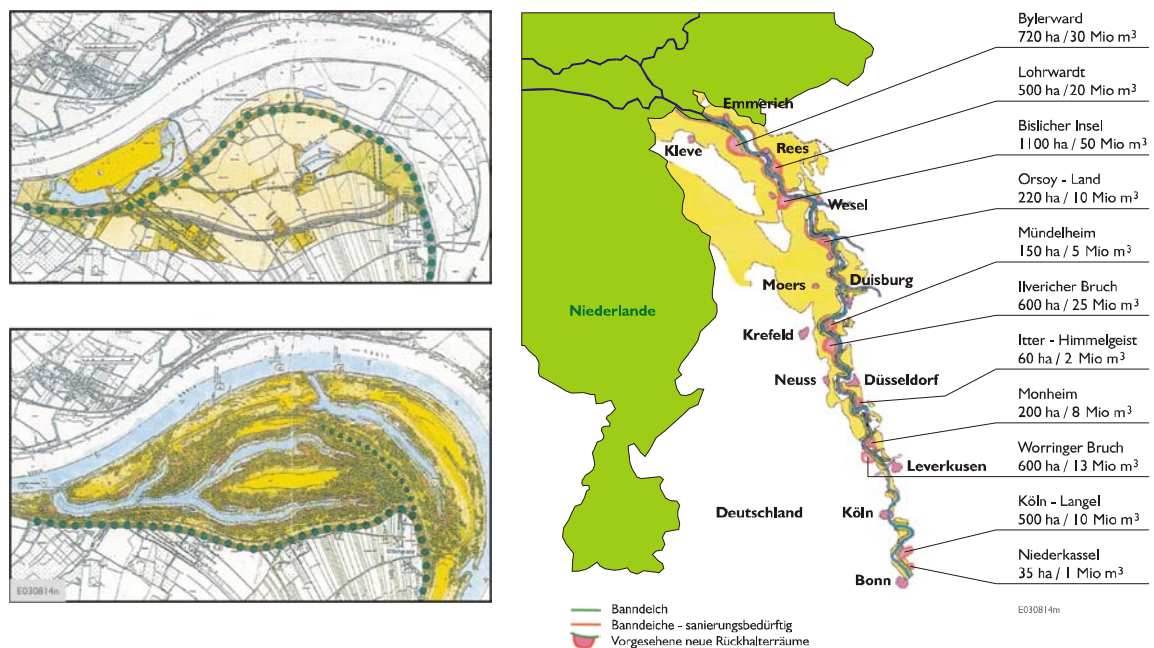


Figuur 6-12 Rivierverruimende maatregelen in en langs de Rijn bovenstrooms van Lobith

Langs de Niederrhein zijn na de hoogwaters van 1993 en 1995 ook plannen gemaakt om de veiligheid te verhogen. Naast dijkversterkingen en een dijkverhoging, betreffen de maatregelen dijkverleggingen en de aanleg van (deels gestuurde) retentiebekkens met een gezamenlijk volume van 41 miljoen m<sup>3</sup>, zie Tabel 6-3 en Figuur 6-13. Tot nu toe is een dijkverhoging nabij Xanten (Bislicher Insel) gerealiseerd en zijn twee dijkverleggingen bij Orsoy en Monheim uitgevoerd, terwijl men er voor de overige maatregelen vanuit gaat dat zij voor 2020 gerealiseerd zullen zijn.

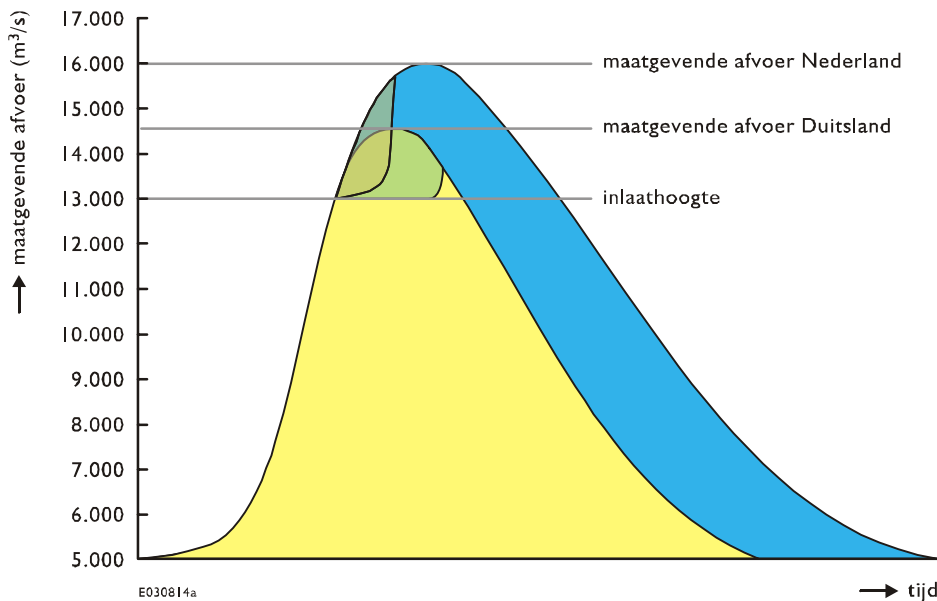
Op basis van de huidige condities langs de rivier is voor Rees de 500-jaar afvoer vastgesteld op 14.700 m<sup>3</sup>/s (LNW, 2002). Aangetoond is dat de Oberrheinkanalisation de ontwerpafvoer bij Rees (=Lobith) met 200 m<sup>3</sup>/s heeft verhoogd (LNW, 2002). De uitvoering van de voorgestelde maatregelen verminderen de ontwerpafvoer bij Rees slechts met 100 m<sup>3</sup>/s (= 3 cm hoogwaterstand). E.e.a. houdt in, dat in de huidige 500-jaar afvoer na voltooiing van de maatregelen langs Oberrhein en Niederrhein weinig verandering zal komen. Baseert men de dijken langs de Niederrhein op deze afvoer van 14.700 m<sup>3</sup>/s, dan bedraagt de afvoercapaciteit van de Niederrhein nabij Lobith, met in acht name van een waakhoogte van 1 m, bijna 18.000 m<sup>3</sup>/s.

Overigens is nog onzeker of Nordrhein-Westfalen kiest voor een afvoer met een herhalings-tijd van 500 jaar als ontwerpafvoer. Veel zal afhangen van de resultaten van de berekeningen, die in het kader van de “Grenzüberschreitende Auswirkungen extremer Hochwasser” in opdracht van de “Deutsch-Niederländische Arbeitsgruppe Hochwasser” worden uitgevoerd. Die resultaten komen echter pas in december 2003 beschikbaar (RIZA, pers. mededeling). Bij gebrek aan een duidelijke uitspraak wordt er in deze analyse van uitgegaan dat **vanaf 2015** er bij Lobith via de Niederrhein maximaal ongeveer **18.000 m<sup>3</sup>/s** kan worden aangevoerd.



Figuur 6-13 Geplande polders en dijkverleggingen langs de Niederrhein met links, als voorbeeld, de dijkverlegging bij Orsoy.

De maatregelen langs de Niederrhein hebben weinig effect op de maatgevende afvoer bij Lobith. De dijkverleggingen verlagen alleen de waterstand bovenstrooms van de ingreep en reduceren de piekafvoer niet. Met betrekking tot de retentiegebieden mag worden aangenomen dat deze zó ingezet zullen worden dat zij effectief zijn bij de Duitse ontwerpafvoerccondities. Deze afvoer ( $14.700 \text{ m}^3/\text{s}$ ) is lager dan de maatgevende afvoer langs de Boven-Rijn ( $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Dit betekent voor Nederlandse maatgevende afvoersomstandigheden, dat de retentie in Duitsland eerder ingezet zal worden dan voor Lobith wenselijk is. De retentie zal reeds vol zijn op het moment dat de piek arriveert, zoals geïllustreerd in Figuur 6-14.

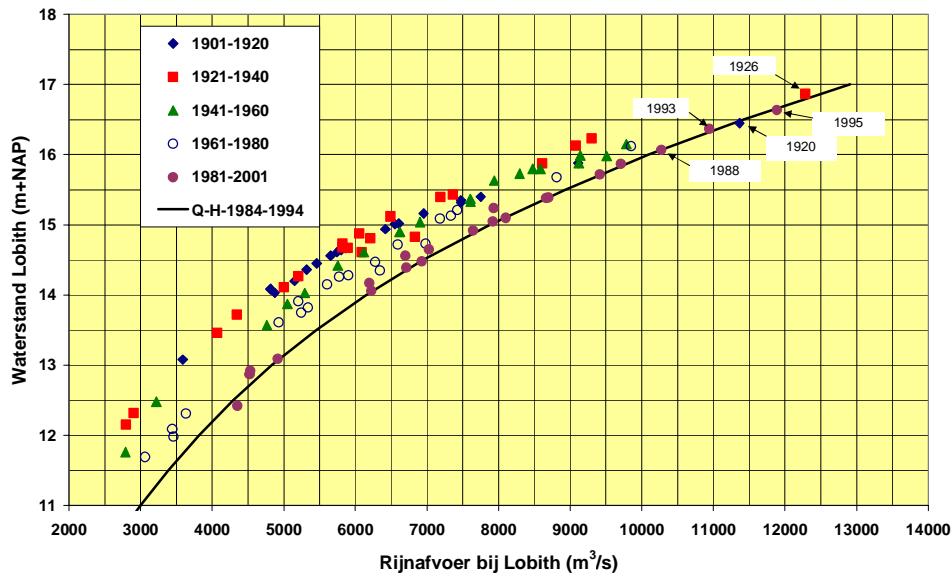


Figuur 6-14 Inzet van retentie langs de Niederrhein en hun falen voor de maatgevende afvoer bij Lobith

## 6.5 Andere factoren die de riviercapaciteit beïnvloeden

Door rivierverruimende maatregelen in Nederland wordt bereikt dat bij Lobith geen waterstandstijging plaatsvindt bij verhoging van de maatgevende afvoer van  $15.000$  naar  $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dit betekent voor de Niederrhein direct bovenstrooms van Lobith effectief een verlaging van de waterstand met  $30 \text{ cm}$ . Dit levert op het laatste traject van de Niederrhein een sterker verhang op, waardoor hier de afvoercapaciteit toeneemt. Echter, het traject waarover dit plaatsvindt is te kort om van invloed te zijn op de maximum aanvoer tussen de dijken vanuit de Niederrhein.

Voorts is sprake van een permanente verlaging van het zomerbed. Bij Duisburg trad tot de midden-zestiger jaren een bodemerosie van ongeveer  $4 \text{ cm/jaar}$  op, maar deze is sindsdien teruggebracht tot circa  $1 \text{ cm/jaar}$ . Bij Emmerich en Lobith is de erosiesnelheid nog altijd  $2$  à  $2,5 \text{ cm/jaar}$ . Dit heeft gevolgen voor de afvoercapaciteit, zoals blijkt uit Figuur 6-15.



Figuur 6-15 Ontwikkeling van de afvoerkromme van Lobith

Uit de figuur is af te lezen dat een afvoer van  $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$  nu een 1 m lagere waterstand geeft dan aan het begin van de vorige eeuw. Dit wordt veroorzaakt door daling van de zomerbedbodern benedenstrooms van Lobith. Het effect van de zomerbeddaling op de afvoerkromme loopt echter terug naarmate de afvoer toeneemt. De waterstanden bij zeer hoge afvoeren uit het begin van de vorige eeuw passen goed bij die van nu. De zomerbeddaling heeft de afvoerkromme in de bovenste regionen dus niet veranderd. Kennelijk is door opslibbing van de uiterwaarden de afvoercapaciteit in eenzelfde mate verminderd als zij door zomerbedverdieping is toegenomen.

## 6.6 Hydrologisch/meteorologische beperkingen aan de afvoer

In het voorgaande is aangegeven, dat op basis van de hydraulische condities nu circa  $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$  bij Lobith kan arriveren en in 2015 een afvoer van  $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . De vraag is echter of dergelijke afvoeren hydrologisch gezien realistisch zijn. Kan de regenval en sneeuwsmelt zo hevig en grootschalig zijn dat dergelijke piekafvoeren geproduceerd kunnen worden. Een eerste indruk van een mogelijke piekafvoer kan worden verkregen door de som van maximale bijdragen van de zijrivieren te beschouwen. In Tabel 6-4 is de hoogste afvoer vermeld die in de benedenloop van de deelstroomgebieden gemeten is alsmede een schatting van een 'maximale' afvoer van het deelstroomgebied. Merk op dat van de zijrivieren die in Duitsland uitmonden op de Rijn in Duitsland de grootste piekafvoeren (in rangorde) gemeten zijn op de Moezel, Neckar, Main, Nahe, Sieg, Ruhr, Lahn en Lippe. Sommeert men alle gemeten piekafvoeren, gecorrigeerd voor gebiedsgrootte bij station en monding, dan levert dit voor de Oberrhein bij Mainz  $9.700 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dit is meer dan de  $8.300 \text{ m}^3/\text{s}$  die daar afgevoerd kan worden. Gaat men vervolgens uit van een capaciteitsbeperking van  $8.300 \text{ m}^3/\text{s}$  op de Oberrhein, dan levert de sommatie een afvoer bij Lobith op van circa  $18.300 \text{ m}^3/\text{s}$ . Doet men hetzelfde op basis van de geschatte maximum afvoer dan zou men bij Lobith  $21.400 \text{ m}^3/\text{s}$  aangevoerd kunnen krijgen. Eerder is echter gewezen op de verschillen in looptijd, die de kans op het samenvallen van de individuele pieken gering maakt, tenzij de

neerslag lang aanhoudt. Deze methode geeft daarom een hoge schatting van de maximale afvoer.

Tabel 6-4 Gemiddelde jaarlijkse neerslag, afvoer en piekafvoer van deelstroomgebieden van de Rijn (Bron: BfG (1999))

rivier / zijrivier	oppervlak (km <sup>2</sup> )	station	oppervlak (km <sup>2</sup> )	P-jaar neerslag (mm)	R-jaar afvoer (mm)	R/P (%)	piekafvoer (gemeten) (m <sup>3</sup> /s)	piekafvoer (geschat) (m <sup>3</sup> /s)
Rijn bij Maxau	50343	Maxau	50343	-	-	-	4550	5300
Neckar	14000	Rockenau	12710	923	352	38	2690	3300 <sup>1)</sup>
Main	27200	Frankfurt	24764	774	260	34	2010	3000
Nahe	4100	Grolsheim	4011	770	250	32	1150	1200
Lahn	5900	Kalkhofen	5320	828	296	36	840	950
Saar	7400	Fremersdorf	7139	858	343	40	1280	-
Moezel	28100	Cochem	27100	872	373	43	4170	4800
Nette und Wied	1100	Nettegut, Friedrichstal	1044	-	-	-	202	400
Ahr	850	Reimerzhoven	760	-	-	-	194	300
Sieg	2900	Menden	2832	1106	592	54	1053	1600
Wupper	800	Opladen	606	-	-	-	181	300
Erft	1800	Bliesheim	581	-	-	-	56	80
Ruhr	4500	Hattingen	4078	1113	523	47	907	2300
Lippe	4900	Haltern	4249	841	286	34	550	1200

1) schatting door de auteurs

Een goede indruk van wat hydrologisch mogelijk is kan beter worden verkregen uit lange neerslagreeksen geproduceerd door de neerslaggenerator, die recentelijk is ontwikkeld voor het stroomgebied van de Rijn. De eerste resultaten met deze neerslaggenerator, waaraan de weerssituaties in het Rijnstroomgebied van 1961-1995 ten grondslag liggen, laten zien dat op basis van 1000 jaar neerslag een afvoerpiek in de orde van 17.000 m<sup>3</sup>/s bij Andernach en 19.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith tot de mogelijkheden behoort, indien de afvoercapaciteit van de rivier geen beperkingen zou geven. Door capaciteitsbeperkingen in de benedenloop van de Oberrhein (maximaal kan 8.300 m<sup>3</sup>/s passeren) zullen de bedragen voor Andernach en Lobith met circa 2.000 m<sup>3</sup>/s afnemen (LNW, 2002). Hiermee is bij Andernach, benedenstrooms van de monding van de Moezel en de Lahn op de overgang van de Mittlerrhein naar de Niederrhein, een afvoerpiek van meer dan 15.000 m<sup>3</sup>/s nog steeds mogelijk. Die piek kan verder naar beneden toe weer toenemen door bijdragen van met name de Sieg, de Wupper, de Ruhr en de Lippe, zodat men onder de heersende klimatologische condities er rekening mee moet houden dat 17.000 à 18.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith zou kunnen arriveren indien de capaciteit van de Niederrhein dit toelaat. Zoals hiervoor is besproken zijn langs de Niederrhein op het bovenstroomse traject slechts lokaal dijken aanwezig. Verderop is wel sprake van een gesloten dijkenstelsel, dat anno 2003 de passage van een afvoer van circa 16.000 m<sup>3</sup>/s mogelijk maakt en na 2015 van 18.000 m<sup>3</sup>/s.

## 6.7 Klimaatsscenario's

Onder invloed van klimaatveranderingen kunnen extreme afvoeren van de Rijn stijgen. Het algemene beeld voor West-Europa is dat de winters natter zullen worden en de zomers droger. In het kader van de eerder genoemde hoogwater studie zullen ook effecten van klimaatveranderingen worden doorgerekend. Resultaten hiervan zijn nog niet bekend. Als globale indicatie nemen we het scenario dat ook voor het stroomgebied van de Maas wordt gebruikt, waarbij men ervan uitgaat dat door 1 graad temperatuurstijging de neerslag met 10% toeneemt. Een schatting van een temperatuurstijging van 2 °C rond het jaar 2100

betekent dus een toename van de neerslag met 20%. Een redelijke veronderstelling is dan, gezien de hoge verzadigingsgraad in de winterperiode, dat de afvoer circa 15% zal toenemen. Dit laatste toegepast op de geregistreerde piekafvoeren op de Mittlrhein en Niederrhein tezamen met de capaciteit van de Oberrhein leidt bij Lobith tot een mogelijke aanvoer van bijna 20.000 m<sup>3</sup>/s.

Echter hoe sterk de scenario's de afvoerpiek bij Lobith ook mogen verhogen, zolang men langs de Niederrhein geen extra maatregelen treft, zal de toevoer naar Lobith een waarde van 18.000 m<sup>3</sup>/s niet overschrijden. Wel moet men dan bij overstroming van de dijken langs de Niederrhein rekening houden met inundaties achter de bandijken richting Nijmegen en Doesburg. Over het optreden van hoogwater kan worden opgemerkt dat bij een verdere stijging van de temperatuur de kans op een combinatie van een verhoogde bijdrage uit de bovenloop door sneeuwmelt met lentehoogwaters die hun oorsprong meer noordelijk vinden, sterk wordt verhoogd. Lentehoogwaters zullen wanneer ze rond mei-juni optreden in vergelijking met winterhoogwaters de waterstanden verder opstuwen door een grotere hydraulische ruwheid van de uiterwaardvegetatie. De catastrofe van het Elbezomerhoogwater van 2002 heeft ons doen beseffen dat zelfs zomerhoogwaters tot de mogelijkheden behoren en dat algemene tendenties van de *Global Circulation Models* als zouden de zomers droger worden misleidend kunnen zijn voor de verwachting van extreme gebeurtenissen.

## 6.8 Conclusies

Op basis van voorgaande analyses kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Via de Niederrhein kan met de huidige dijken circa 16.000 m<sup>3</sup>/s worden afgevoerd.
2. Rond 2015, na uitvoering van de hoogwaterbeschermingsmaatregelen in Nordrhein - Westfalen, kan via de Niederrhein ongeveer 18.000 m<sup>3</sup>/s worden afgevoerd.
3. Via de Oberrhein kan niet meer dan circa 8.300 m<sup>3</sup>/s worden afgevoerd omdat dan daar de dijken grootschalig gaan overstromen. Deze capaciteitsbeperking is van groot belang voor de grootte van de piekafvoer bij Lobith. De berging achter de dijken is echter beperkt. Deze kan bij zeer volumineuze hoogwatergolven volstromen zodat de afvoer vervolgens weer gaat stijgen. De afvoergolf is dan wel vertraagd en zal gunstiger interfereren met benedenstroomse bijdragen.
4. De mogelijke aanvoer van water onder de huidige klimatologische omstandigheden is dusdanig dat een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s nu en 18.000 m<sup>3</sup>/s straks bij Lobith gehaald kunnen worden.
5. De verdieping van het zomerbed op de Boven-Rijn heeft niet tot een grotere capaciteit van de rivier geleid bij zeer hoge afvoeren.
6. Zolang Duitsland na 2015 de afvoercapaciteit van de rivier niet aanpast heeft een verhoging van de afvoer door klimaatsverandering geen invloed op de fysisch maximale afvoer bij Lobith. Echter, de kans dat het water dan buiten de dijken om Nederland bereikt zal groter worden.

7. Een betere onderbouwing van de aangenomen capaciteiten van Oberrhein en Niederrhein kan worden gegeven zodra de resultaten van de berekeningen met hydrologische en hydraulische modellen van de Rijn bekend zijn; berekeningen, die in het kader van het project “*Grenzüberschreitende Auswirkungen extremer Hochwasser*” in opdracht van de “*Deutsch-Niederländische Arbeitsgruppe Hochwasser*” worden uitgevoerd door Nordrheinland Westfalen, Provincie Gelderland, RWS-RIZA, RWS-DON en BfG

#### Referenties:

- Barneveld, H.J. en D.G. Meijer (1997). SOBEK-model Andernach-Lobith. Model construction, calibration and verification. HKV Lijn in water en Geodan Geodesie
- BfG (1999). Hydrological modelling in the Rhine basin. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Diermanse, F.L.M. (1999). Onderzoek 1/1250 jaar afvoer bij Lobith. Representativiteit meetreeks, verdelingsfuncties en statistische extrapolatie. Deelrapport I, december 1999
- Diermanse, F.L.M., R.R. van Kappel, H.J.M. Ogink en K.V. Heynert (2001). Analysis of the instrumentation for computing design discharges. Onderzoeksrapport Q2705, WL|Delft Hydraulics
- Engel, H. (1997). The Flood Events 1993/1994 and 1995 in the rhine River Basin. Causes and Developments. In: Ribamod. River basin modeling, management and flood mitigation. Concerted action. Proceedings of the first workshop Hydrological and hydrogeological risks. European Commission, Directorate-General Science, Research and Development, Environment and climate programme. Delft 13-15 February, 1997
- Engel, H., N. Busch, K. Wilke, P. Krahe, H.-G. Mendel, H. Giebel, C. Zieger (1994). Das Hochwasser 1993/1994 in Rheingebiet. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Rapport BfG-Nr. 0833, Koblenz
- IKHR (1986). Das Rheingebiet, Hydrologische Monographie. CHR|KHR, ISBN 90 01775 0
- IKHR (2003). LAHoR, Quantifizierung des Einflusses der Landoberfläche und der Ausbaumassnahmen am Gewässer auf die Hochwasserbedingungen im Rheingebiet. IRMA-Code3/DU/1/002 Dezember 2001, Bericht Nr. II-18 der CHR
- IKSR (1997). Hochwasserschutz am Rhein. Bestandsaufnahme. Bericht der Projektgruppe Aktionsplan Hochwasser. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn
- KHR (1999). Eine Hochwasserperiode im Rheingebiet. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes.
- LNW (2002). Hochwasserabflüsse bestimmter Jährlichkeit  $HQ_T$  an den Pegeln des Rheins. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen.
- Silva, W., F. Klijn en J.P.M. Dijkman (2000). Ruimte voor Rijntakken. Wat het onderzoek ons heeft geleerd. RIZA en WL|Delft Hydraulics
- Silva, W. (2001). Hoogwaterbescherming langs de Rijntakken. Onzekerheden en omgaan met onzekerheden. RWS/RIZA, Werkdocument nr. 2000.179X, 6 maart 2001
- WL&EAC (1992). Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen. Deelrapport 2: Maatgevende belastingen. Waterloopkundig Laboratorium en European-American Centre for Policy Analysis

## 7 Omvang noodoverloopgebied en beschermingsniveau

### 7.1 Woord vooraf

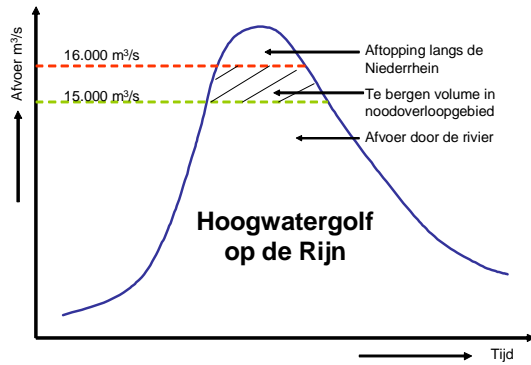
Dit hoofdstuk tracht inzicht te geven in de relatie tussen het beschermingsniveau en het beschikbare bergingsvolume in noodoverloopgebieden voor de Rijn. Met nadruk wordt erop gewezen dat het in het eerste deel van dit hoofdstuk (paragraaf 7.2) **alleen** gaat om inzet van noodoverloopgebieden om **bovenmaatgevende afvoeren** af te toppen tot op een niveau die de rivier nu respectievelijk na 2015 zou moeten kunnen afvoeren. Inzet voor andere omstandigheden wordt bij de bepaling van het beschermingsniveau niet meegenomen. Wordt dat laatste wel overwogen dan geven onderstaande frequenties van gebruik een te rooskleurig beeld. Paragraaf 7.4 gaat in op andere omstandigheden (anders dan bovenmaatgevende afvoeren) waarbij noodoverloopgebieden kunnen worden ingezet.

### 7.2 Volume benodigde noodoverloopgebieden

Bij de bepaling van de benodigde bergingscapaciteit van noodoverloopgebieden om bovenmaatgevende afvoergolven af te toppen naar de ontwerpcapaciteit van de Rijntakken wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende situaties:

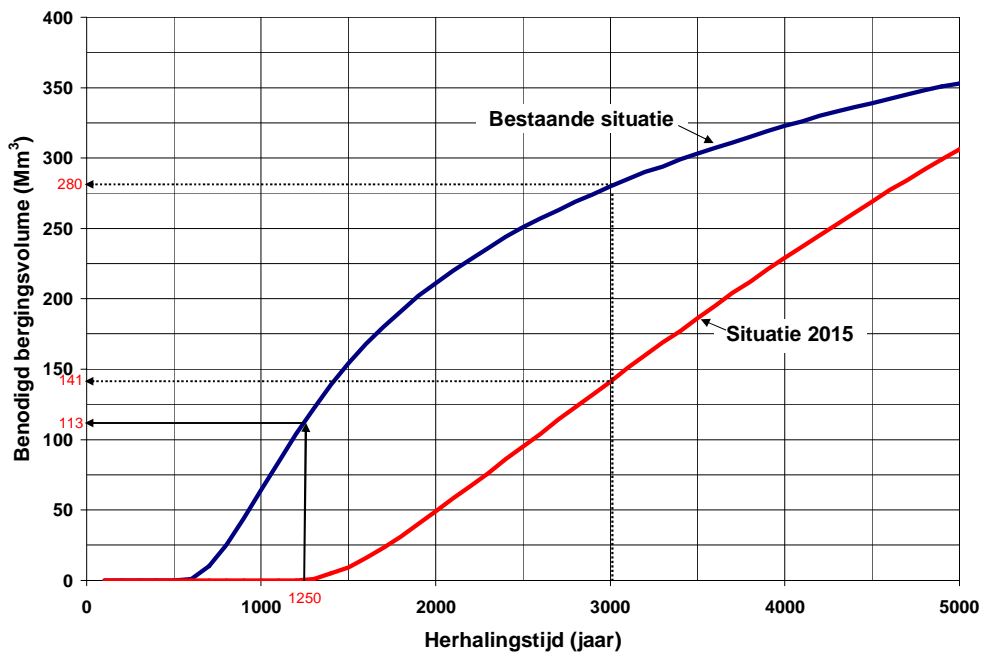
- Situatie 2003:
  - capaciteit Rijntakken in Nederland: 15.000 m<sup>3</sup>/s;
  - fysisch maximum Niederrhein: 16.000 m<sup>3</sup>/s.
- Situatie na 2015:
  - capaciteit Rijntakken in Nederland: 16.000 m<sup>3</sup>/s;
  - fysisch maximum in Niederrhein: 18.000 m<sup>3</sup>/s.

De benodigde retentiecapaciteit in de situatie 2003 wordt bepaald op basis van de frequentieverdeling van piekafvoeren en mogelijke golfvolumes in de piekafvoer boven de drempelwaarde van 15.000 m<sup>3</sup>/s. Op het golfvolume boven deze drempelwaarde wordt in mindering gebracht het volume in de golf boven het fysisch maximum van de Niederrhein van 16.000 m<sup>3</sup>/s, zie Figuur 7-1. Dat laatste volume stroomt achter de dijken om af.



Figuur 7-1 Principeschets aftopping van hoogwatergolf op de Rijn door capaciteitsbeperkingen op de Niederrhein en de Boven-Rijn in de bestaande situatie (Situatie 2003).

Aan de benodigde retentiecapaciteit zit een faalfrequentie: met een bepaalde kans kunnen hoogwatergolven optreden die een zó groot volume tussen 15.000 en 16.000 m<sup>3</sup>/s bezitten dat een gegeven opslagvolume overschreden wordt. Deze faalfrequentie is de frequentie van voorkomen van afvoergolven die niet volledig afgetopt kunnen worden. De frequentie van piekafvoeren, die voor deze analyse is gebruikt, is afgeleid uit de werklijn voor de Rijn bij Lobith uit het randvoorwaardenboek 2001 (HR2001), en de golfvormen zijn verkregen door opschaling van een reeks van grootste waargenomen hoogwatergolven (Heynert et al., 2002). Dezelfde procedure is gevolgd om voor de situatie na 2015 de benodigde bergingscapaciteit te bepalen, waarbij de grenswaarden van 15.000 en 16.000 m<sup>3</sup>/s nu respectievelijk 16.000 en 18.000 m<sup>3</sup>/s bedragen. Het resultaat is weergegeven in Figuur 7-2.

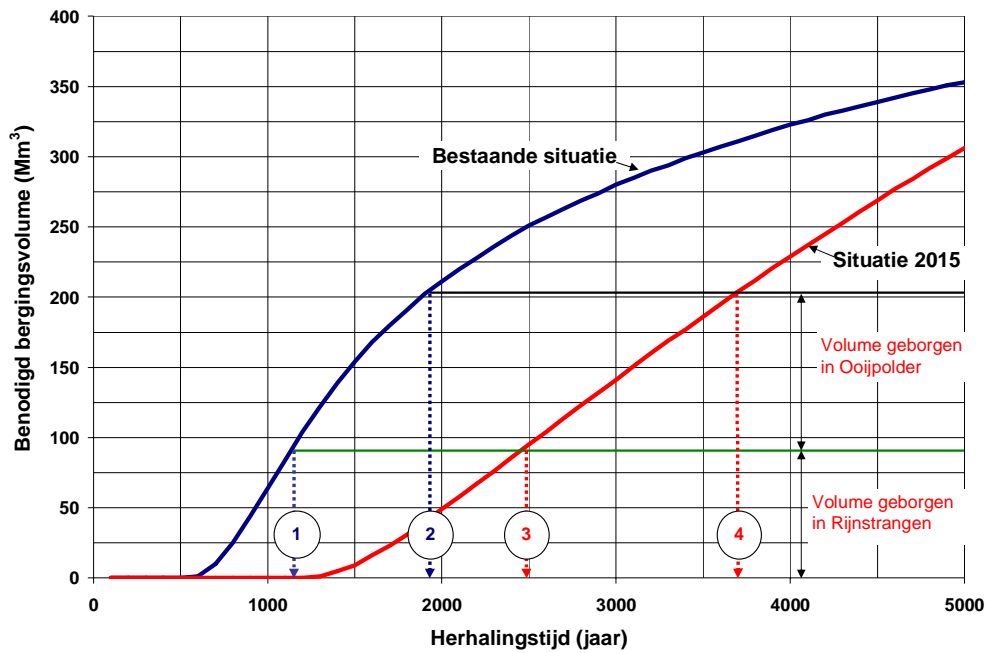


Figuur 7-2 Benodigd bergingsvolume (miljoen m<sup>3</sup>) in noodoverloopgebied als functie van herhalingstijd bij toepassing van de huidige werklijn, dus zonder mogelijke klimaatseffecten.

Uit de figuur is bijvoorbeeld af te lezen dat in de situatie 2003 een bergingsvolume van 280 miljoen m<sup>3</sup> voldoende is om afvoergolven met een piekwaarde groter dan 15.000 m<sup>3</sup>/s af te toppen tot 15.000 m<sup>3</sup>/s, de capaciteit van de rivier, met een faalfrequentie van gemiddeld eens per 3000 jaar. Evenzo is af te lezen dat met eenzelfde faalfrequentie in de situatie na 2015 slechts 141 miljoen m<sup>3</sup> aan berging nodig is om de afvoergolf af te toppen tot de dan geldende capaciteit van 16.000 m<sup>3</sup>/s. Uit Figuur 7-2 blijkt ook dat om bij de huidige rivieren afvoercondities in afwachting van de realisatie van 'Ruimte voor de Rivier' een beschermingsniveau van 1/1250 te creëren een bergingscapaciteit van 113 miljoen m<sup>3</sup> nodig is.

Op basis van Figuur 7-2 kan worden bepaald hoe het beschermingsniveau toeneemt bij inzet van noodoverloopgebieden. Dit is in Figuur 7-3 geïllustreerd door **als voorbeeld** achtereenvolgens de inzet van het Rijnstrangengebied (bergingscapaciteit 90 miljoen m<sup>3</sup>) en de Ooijpolder (bergingscapaciteit 115 miljoen m<sup>3</sup>) te beschouwen. In de situatie 2003 geven de dijkringen een beschermingsniveau van 1/600 per jaar (de rivier is immers nog niet verruimd tot 16.000 m<sup>3</sup>/s). Door inzet van het Rijnstrangengebied neemt het beschermingsniveau toe tot 1/1100 per jaar. Wordt vervolgens ook de capaciteit van de Ooijpolder benut dan wordt het beschermingsniveau verder verhoogd tot 1/1900 per jaar. Het beschermingsniveau kan verder vergroot worden door andere noodoverloopgebieden te benutten. In de situatie na 2015, wanneer de Boven-Rijn 16.000 m<sup>3</sup>/s veilig kan afvoeren maar via de Nederrijn maximaal 18.000 m<sup>3</sup>/s kan worden aangevoerd, verhoogt de inzet van het Rijnstrangengebied het beschermingsniveau tot 1/2500 en een daaropvolgende inzet van de Ooijpolder tot 1/3700 per jaar.

Dit geeft aan dat met de beschikbaarheid van de noodoverloopgebieden het risico sterk vermindert; absolute veiligheid wordt natuurlijk nooit bereikt. Indien noodoverloopgebieden **na 2015** alleen worden ingezet voor bovenmaatgevende afvoerstandigheden is er *een kans van 0,08% per jaar dat ze inderdaad ingezet moeten worden. Maar de inzet zal vaak beperkt blijven; er is een kans van 0,05% per jaar kans dat de bergingscapaciteit van het Rijnstrangengebied voor de helft wordt benut en 0,04% per jaar dat zij volledig wordt ingezet, terwijl de kans op een volledige benutting van de Ooijpolder minder dan 0,03% per jaar is.* In de situatie **anno 2003** zijn de kansen dat de noodoverloopgebieden ingezet moeten worden evenwel aanzienlijk groter. Kiezen we weer voor de volgorde Rijnstrangen eerst en daarna de Ooijpolder dan is de kans dat de eerste wordt ingezet 0,16% per jaar en vervolgens ook de tweede 0,08% per jaar, maar de kans dat daarbij de Ooijpolder volledig benut wordt is 0,05% per jaar.



- 1 = kans van eerste gebruik Ooijpolder in bestaande situatie (Rijnstrangen al gevuld);  
 2 = kans van bereiken capaciteit Ooijpolder in bestaande situatie (Rijnstrangen al gevuld);  
 3 = kans van eerste gebruik Ooijpolder in Situatie 2015 (Rijnstrangen al gevuld); en  
 4 = kans van bereiken capaciteit Ooijpolder in Situatie 2015 (Rijnstrangen al gevuld).

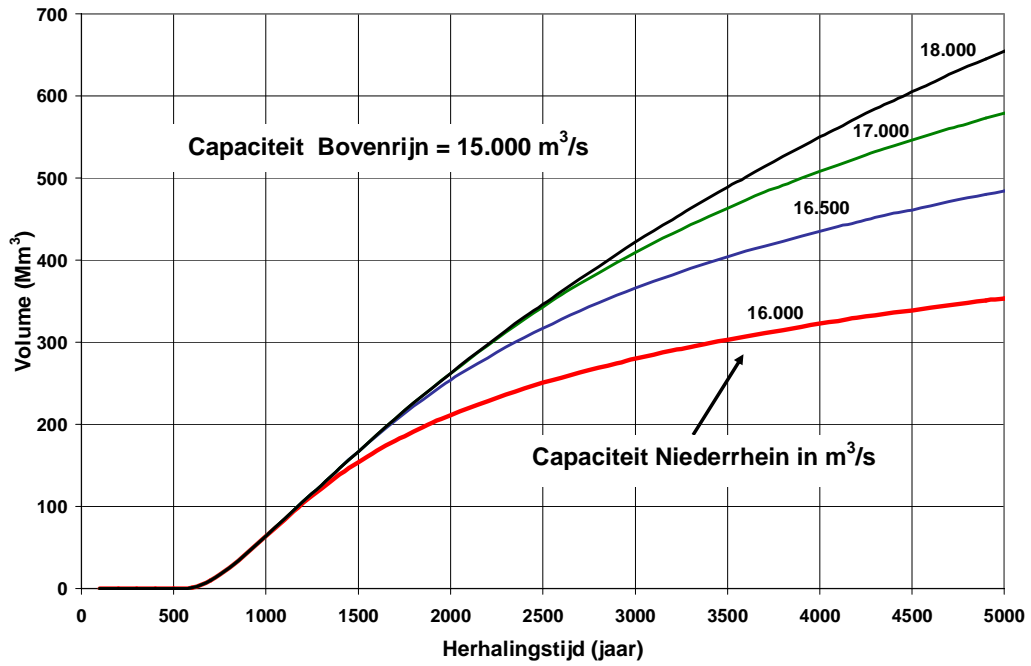
Figuur 7-3 Effect van inzet van noodoverloopgebieden op het beschermingsniveau. In dit voorbeeld is uitgegaan van eerst inzet van Rijnstrangen, en pas daarna inzet van Ooijpolder.

De Commissie Luteijn gaat uit van een volume van ruim 200 miljoen  $m^3$  (Rijnstrangen en Ooijpolder) en stelt daarbij dat, indien in de toekomst een groter bergingsvolume nodig blijkt te zijn, de dijken om deze gebieden verhoogd kunnen worden. Uit het voorgaande wordt duidelijk dat door de verwachte ontwikkeling van de capaciteit van de rivieren, nu de behoefte aan een groot bergingsvolume het grootst is; en deze neemt in de toekomst af, tenzij dit beeld door klimaatsverandering wordt ingehaald.

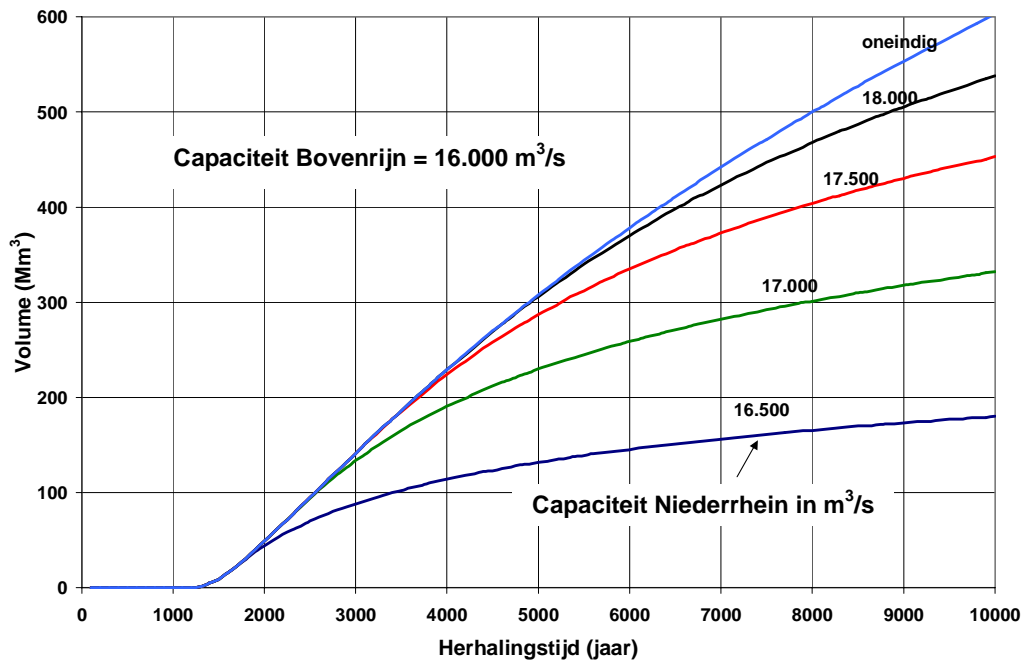
Naast inzet van meerdere noodoverloopgebieden kan men de benodigde berging ook creëren door dijken rond noodoverlopen aan te brengen of te verhogen. Wordt bijvoorbeeld de vulstand in de Rijnstrangen met ongeveer 2 m verhoogd, dan neemt het bergingsvolume toe tot 169 miljoen  $m^3$ , waarmee in de huidige situatie een beschermingsniveau van 1/1600 wordt gehaald. De benodigde extra investeringen hiervoor zijn echter aanzienlijk terwijl dan ook een strook land tussen Spijk en Aerdt op Duits grondgebied geïnuundeerd wordt.

### 7.3 Gevoeligheid bergingsvolume voor de capaciteit van de Nederrijn

In het voorgaande is steeds uitgegaan van een capaciteit van de Nederrijn nu van 16.000  $m^3/s$  en na 2015 van 18.000  $m^3/s$ . De gevoeligheid van het benodigde bergingsvolume voor de gemaakte aannames ten aanzien van de afvoercapaciteit van de Nederrijn is geïllustreerd in Figuur 7-4 en Figuur 7-5.



Figuur 7-4 Benodigd bergingsvolume (miljoen m<sup>3</sup>) langs de Rijn onder de huidige riviercondities als functie van faalkans voor verschillende capaciteiten van de Niederrhein.



Figuur 7-5 Benodigd bergingsvolume (miljoen m<sup>3</sup>) langs de Rijn na 2015 als functie van faalkans voor verschillende capaciteiten van de Niederrhein.

Uit Figuur 7-4 en Figuur 7-5 blijkt dat bij hoge herhalingstijden, dus een hoog beschermingsniveau, het benodigde bergingsvolume sterk wordt bepaald door de afvoercapaciteit van de Niederrhein. Zou men in Duitsland bijvoorbeeld eerder dan in het jaar 2015 de dijken op niveau hebben gebracht zodanig dat 18.000 m<sup>3</sup>/s kan passeren, dan neemt bij een beschermingsniveau van 1/3000 per jaar het benodigde volume met ongeveer 50% toe. Het is dus zaak om de ontwikkelingen aan gene zijde nauwlettend te volgen.

Door de beperking aan de capaciteit van de Niederrhein bestaat een kleine kans dat overstromingen zullen plaatsvinden die zich achter de dijken langs richting Nederland verplaatsen (Ooijpolder en Oude IJssel).

## 7.4 Andere omstandigheden waarbij noodoverloopgebieden kunnen worden ingezet

Noodoverloopgebieden zijn bedoeld om in situaties van bovenmaatgevende waterstanden te worden ingezet. Bovenmaatgevende waterstanden kunnen optreden als de normafvoer wordt overschreden. Voor die situatie is de frequentie van inzet van een noodoverloopgebied met een bepaald bergingsvolume in de voorgaande paragrafen bepaald. Andere oorzaken die de frequentie waarmee maatgevende waterstanden worden overschreden beïnvloeden, hebben te maken met onzekerheden in de methode waarmee de maatgevende waterstanden berekend worden. Silva (2001) noemt de volgende bronnen van onzekerheid:

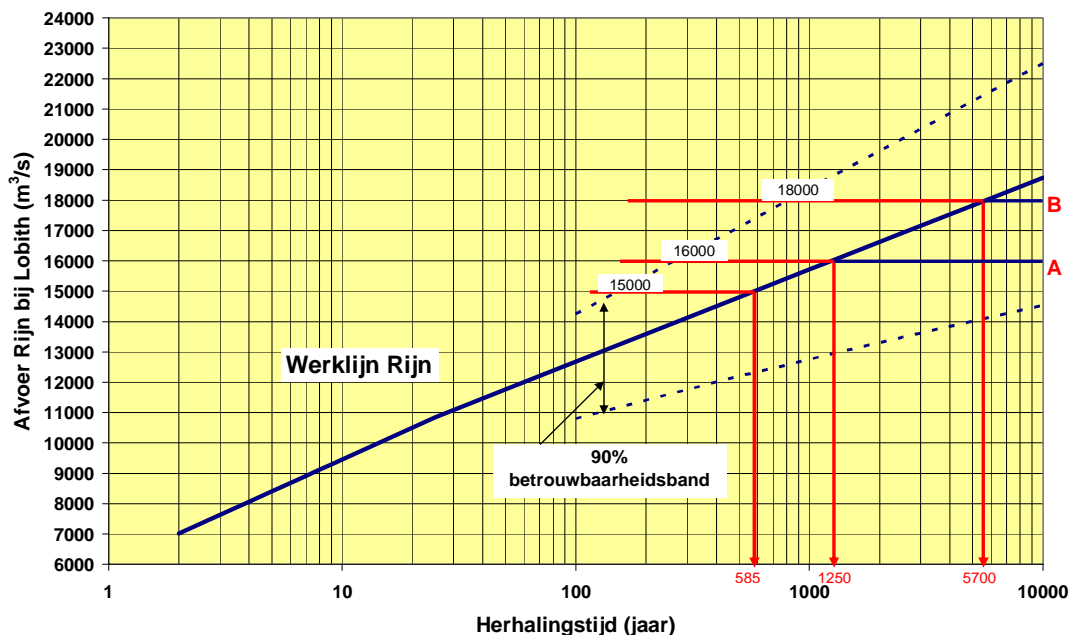
- de normafvoer komt hoger uit;
- de vorm van de afvoergolf verschilt van de ontwerp golf;
- de afvoerverdeling over de splitsingspunten wijkt af;
- de bodemligging en stromingsweerstand van zomer- en winterbed zijn anders;
- de zijdelingse toestroming is groter dan aangenomen; en/of
- op de rivier komen ijsgang en/of ijssdammen voor.

### Normafvoer

De maatgevende afvoer van de Rijn is voor HR2001 statistisch bepaald op basis van een reeks van afvoeren bij Lobith van 1901-1998 (Langemheen en Berger, 2001). De historische reeks is gehomogeniseerd voor het effect van rivierwerken die in het verleden zijn uitgevoerd. Voor de extrapolatie naar een frequentie van 1/1250 per jaar wordt gebruik gemaakt van vier typen kansverdelingen, waarbij door middeling van de verdelingsfuncties een werklijn wordt bepaald, die de relatie geeft tussen afvoer en overschrijdingskans. De nu geldende werklijn is weergegeven in Figuur 7-6. Afgelezen kan worden dat een afvoer van 15.000 m<sup>3</sup>/s een kans van optreden heeft van globaal 1/600 of 0,17% per jaar. De afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s voldoet aan de afgesproken norm en heeft een kans van voorkomen van 0,08% per jaar.

In de statistische analyse wordt er vanuit gegaan dat de reeks van hoge afvoeren homogeen is en onafhankelijk, d.w.z. willekeurige trekkingen zijn uit dezelfde populatie. Door de correctie voor de rivierwerken is één bron van inhomogeniteit weggenomen. Voorts wordt aangenomen dat het klimaat niet verandert en verder dat het afstromingsproces van de neerslag in de deelstroomgebieden hetzelfde blijft. Beiden veranderen permanent, maar niet dusdanig dat statistische nul-hypothesen op homogeniteit worden verworpen. Hierbij moet

men zich realiseren dat door de grote variantie van de reeks de toetsen onvoldoende onderscheidingsvermogen bezitten om geringe inhomogeniteiten op te sporen. Ook al is de hypothese niet verworpen, de vraag blijft in hoeverre de gemeten situatie representatief is voor de extreem hoge afvoersituatie die voor het ontwerp wordt gebruikt. Een statistisch model beschrijft een geordende reeks van getallen maar verklaart het fysische proces niet. Dit houdt ook in dat de breedte van de waarschijnlijkheidsband (zie Figuur 7-6) onzeker is, zij is immers slechts een maat voor de aanpassing in het gemeten bereik en gaat er vanuit dat het statistisch model ook in het geëxtrapoleerde gebied geldig is. Maar beperkingen in de fysica worden niet meegenomen. Voorbij het gemeten bereik kan de rivier zich anders gaan gedragen. Dit wordt duidelijk door de 90% betrouwbaarheidsgrens van de werklijn de beschouwen. Het interval voor 1/1250 afvoer strekt zich uit van 13.000 tot 18.500 m<sup>3</sup>/s. Door fysische beperkingen op de Niederrhein kunnen afvoeren hoger dan 16.000 m<sup>3</sup>/s nu (lijn A) en 18.000 m<sup>3</sup>/s na 2015 (lijn B) niet bij Lobith via de Rijn arriveren. De bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval is dus fysisch van geen betekenis. Bij de keuze van 16.000 m<sup>3</sup>/s is het zinvoller te kijken naar de mogelijke frequentie van voorkomen van deze afvoer; deze ligt volgens de Figuur 7-6 globaal tussen 1/300 per jaar en minder dan 1/10000. Het blijft echter statistiek, zonder fysica. Een en ander geeft aan dat het gebruik van veel significante cijfers in de uitkomsten geen zin heeft, alleen afgeronde waarden zijn verantwoord.



Figuur 7-6 Werklijn van de Rijn bij Lobith met 90%-betrouwbaarheidsband.

Met de sinds kort in gebruik zijnde neerslaggenerator en de hydrologische en hydraulische modellen van het stroomgebied van de Rijn voor de simulatie van de afstroming van de neerslag in de deelstroomgebieden en het transport door de rivieren is het mogelijk de fysische beperkingen van de hydrologisch/hydraulische infrastructuur in de extrapolatie mee te nemen. Uiteraard is dit gedeeltelijk het verschuiven van het probleem van statistiek van afvoeren naar statistiek van neerslagen, maar de grote winst is dat de invloed van het stroomgebied en de leidingen wordt verdisconteerd, terwijl voorts de invloeden van

toekomstige ontwikkelingen in de neerslag en in het stroomgebied inzichtelijk kunnen worden gemaakt. Eindelijk! De Commissie Boertien I had dit al in 1992 aanbevolen.

### **Vorm van de afvoergolf**

Golfdemping is evenredig met de hoogte van de afvoergolf maar omgekeerd evenredig met het kwadraat van de golfduur. Een lange afvoergolf wordt dus veel minder gedempt dan een korte steile golf. Is de afvoergolf dus langer dan die waarop de maatgevende hoogwaterstanden zijn gebaseerd dan levert dit hogere waterstanden op dan de maatgevende bij eenzelfde piekwaarde bij Lobith. Voorts leidt een brede golf eerder tot instabiliteit van de dijk door langduriger verzadiging van het dijklichaam. Overigens is in de bepaling van het benodigde bergingsvolume in de noodoverloopgebieden rekening gehouden met de variatie in golfvormen bij een gegeven piekafvoer en daardoor met het hele scala van mogelijke volumina in de top van de afvoergolf.

### **Afvoerverdeling splitsingspunten**

Belangrijk is de afvoerverdeling op de splitsingspunten. Bij de maatgevende hoogwaterberekeningen wordt aangenomen dat van de Rijnafoer bij Lobith 64% via de Waal wordt afgevoerd, 21% via de Neder-Rijn/Lek en 15% via de IJssel. Een afvoerverandering van 100 m<sup>3</sup>/s leidt op de Waal tot een verandering in de waterstand van 4 cm, op de Neder-Rijn/Lek van 8 cm en op de IJssel van 9 cm (Silva, 2001). Dit is dus een punt van zorg. De vorm van de afvoergolf heeft enige invloed op de verdeling. Bij een steile golf worden enkele tientallen m<sup>3</sup>/s meer over de Waal afgevoerd en bij een brede golf is het juist andersom. Een belangrijke rol bij de verdeling speelt natuurlijk de hydraulische weerstand van de Rijntakken op de trajecten direct benedenstrooms van de splitsingspunten, die kan afwijken van de ruwheid die is gebruikt in de berekeningen. Voorts kan tijdens de passage van de hoogwatergolf door snelle morfologische ontwikkeling van de bodem het doorstroomprofiel zich op één of meer takken dusdanig wijzigen dat het de afvoerverdeling beïnvloedt.

### **Hydraulische ruwheid**

Onzekerheden zijn er ook over de hydraulische ruwheid van het zomerbed en winterbed. Beddingvormen op de rivierbodem zijn in hoge mate verantwoordelijk voor de hydraulische weerstand van het zomerbed. De hoogte en steilheid van de beddingvormen veranderen bij de passage van een hoogwatergolf. Voor de maatgevende hoogwaterberekeningen moet een extrapolatie worden gemaakt van de beddingvormruwheid bij gemeten hoogwater naar die bij de maatgevende situatie. Dit hangt mede af van de vorm van de hoogwatergolf; het duurt even voordat de beddingvormen zich aangepast hebben aan de heersende afvoeromstandigheden. Voorts is de vraag of men nog verdere groei mag verwachten van de ribbels en/of duinen in het zomerbed, dan wel dat de beddingvormen gaan afvlakken. Beide situaties zijn denkbaar. Gesteld moet worden dat de kennis omtrent dit proces nog onvoldoende is om de ruwheid bij maatgevend hoogwater goed te kunnen schatten.

Hoewel de theoretische kennis over de hydraulische ruwheid van vegetatie in de uiterwaard de laatste jaren sterk is verbeterd, blijven ook hier onzekerheden een rol spelen. De tijd van het jaar waarin de hoogwatergolf optreedt speelt een rol (blad of geen blad aan de bomen), terwijl onder maatgevende omstandigheden veel vegetatie overstromd zal worden die bij

de ijkhoogwaters nog doorstroomd werden, waardoor een andere ruwheidsituatie ontstaat. Voorts zijn prototypemetingen van de hydraulische ruwheid van vegetatie nauwelijks voorhanden.

Behalve verschillen in de ruwheid, zoals aangenomen in de berekeningen en optredend bij de passage van de hoogwatergolf, zullen zich verschillen voordoen in de geometrie van de rivier door morfologische ontwikkeling, die vooral tijdens hoge afvoer lokaal substantieel kunnen zijn.

### **Laterale toestroming vanuit binnendijs gebied**

Voor de Waal en de Neder-Rijn/Lek speelt laterale toestroming geen rol van betekenis, maar wel bij de IJssel. Eerder is opgemerkt dat een afvoerverandering van  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  op de IJssel een waterstandsverschil van 9 cm veroorzaakt. Laterale toestromingen op de IJssel zijn van die orde van grootte.

### **Ijsdammen**

In het verleden was het optreden van ijsdammen een notoire bron van overstromingen. Ijsdammen ontstaan met name op locaties waar de stroomsnelheid langs de as van de rivier sterk varieert. Door riviernormalisatie komen dat soort omstandigheden echter niet zoveel meer voor. Voorts is de watertemperatuur in de loop van de tijd gestegen door koelwaterlozingen. De kans op het optreden van ijsdammen loopt dus steeds verder terug, maar is nog niet nul.

### **Kwantificering van de onzekerheden**

De onzekerheden in de afvoerverdeling op de splitsingspunten, in de hydraulische ruwheid, de geometrie en in de laterale toestroming kunnen zichtbaar gemaakt worden door de maximale waterstanden bij Lobith te vergelijken met de maxima op verschillende plaatsen langs de rivier (Van Vuuren, 2003): hiermee is de natuurlijke variabiliteit in kaart gebracht. De totale onzekerheid kan worden uitgedrukt in een standaardafwijking. Deze standaardafwijking blijkt sterk afhankelijk te zijn van de grootte van de afvoer bij Lobith: zij neemt af bij toenemende afvoer. Voor afvoeren boven  $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$  zijn de waarden voor de Waal, Neder-Rijn / Lek en IJssel respectievelijk 4, 9 en 11 cm. Deze verschillen zijn verklaarbaar: de standaarddeviatie is na twee splitsingspunten groter dan na één, terwijl op de IJssel de laterale toestroming een extra rol speelt. Deze getallen geven aan dat afvoeren op de splitsingspunten bij hoge afvoer kennelijk nooit meer dan zo'n  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  afwijken van de gemiddelde situatie. Dat lijkt bij de maatgevende afvoer van  $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$  onwaarschijnlijk weinig.

Om de onzekerheden in de maatgevende waterstanden te kwantificeren moet vervolgens de modelonzekerheid in kaart worden gebracht. RIZA onderscheidt in dat verband drie bronnen van onzekerheid:

- ijkhoogwater niet representatief voor gemiddelde omstandigheden;
- extrapolatie van fouten; en
- waterstandsafhankelijke ontwikkeling van ruwheidsprocessen.

Op basis van eerste schattingen voor de individuele bronnen van onzekerheid wordt door RIZA de standaardafwijking in de modelonzekerheid voor de Waal, Neder-Rijn/Lek en IJssel geschat op respectievelijk 12, 9 en 9 cm.

Worden deze onzekerheden gecombineerd met die in de natuurlijke variabiliteit dan worden de volgende schattingen van de standaarddeviaties in de berekende maatgevende waterstanden gevonden: Waal circa 14 cm, Neder-Rijn/Lek 14 cm en IJssel 17 cm. Met nadruk stelt RIZA dat de schattingen een sterk indicatief karakter hebben, gebaseerd op grove aannames.

Op basis van deze laatste cijfers kan per Rijntak worden bepaald hoe deze onzekerheden doorwerken op de frequenties van de maatgevende waterstanden. Berekeningen tonen aan dat het effect op de Waal en de Neder-Rijn/Lek marginaal is (van een frequentie van 1/1250 naar frequenties van de orde van 1/1200 en 1/1100). Voor de maatgevende hoogwaterstanden op de IJssel is het effect iets groter; hier loopt de frequentie op van 1/1250 naar 1/900, maar substantieel is het effect niet. Hiervoor is echter opgemerkt dat de onzekerheid in de natuurlijke variabiliteit naar onze indruk wel erg laag is geschat voor de maatgevende afvoer. Verdubbelen we de *overall*-standaarddeviatie per Rijntak dan verhoogt dit de overschrijdingsfrequentie van de maatgevende waterstanden op de Waal, de Neder-Rijn/Lek en IJssel tot respectievelijk 1/1000, 1/800 en 1/300. In dit geval is sprake van een significante verhoging van de overschrijdingsfrequentie op de IJssel, maar is deze op de andere takken nog steeds klein.

Er moet worden gesteld dat, op basis van de huidige kennis omtrent de onzekerheden in de afvoerverdeling op de splitsingspunten en in de hydraulische ruwheid, geen duidelijke uitspraak gedaan kan worden of de frequentie van inzet van de noodoverloopgebieden significant zal afwijken van de opgaven in de vorige paragrafen, onder de omstandigheden als daar genoemd (toepasbaarheid van de huidige werkklijn en geen klimaatsverandering). De kans op maatgevende waterstanden op de Waal en de Neder-Rijn/Lek is tamelijk ongevoelig voor de genoemde onzekerheden. Bij de IJssel is dat niet zo.

Wel kan men stellen dat genoemde onzekerheden allemaal dezelfde kant op werken; de maatgevende waterstand zal frequenter worden overschreden. Bovendien, iedere afwijkende afvoerverdeling zal per definitie voor één of meer takken ongunstig zijn. Voor de inzet van een noodoverloopgebied is overschrijding op één tak al voldoende. Door deze onzekerheid zal de frequentie van inzet van noodoverloopgebieden groter zijn dan men zou verwachten op basis van overschrijding van de maatgevende afvoer alleen. Anderzijds kan door het 'gebruik' van waakhogte van dijken of het toepassen van zandzakken als noodmaatregel de kans op inzet weer kleiner worden.

Bij het voorgaande moet voorts bedacht worden dat dijken ook hun waterkerende functie kunnen verliezen bij lagere dan maatgevende omstandigheden, zoals door stabiliteitsproblemen ten gevolge van indringing van rivierwater of omdat constructies in de dijk niet bestand zijn tegen de druk van het rivierwater. Noodoverlopen kunnen voor dit soort omstandigheden ook nuttig zijn om de schade te beperken. Worden noodoverloopgebieden ook hiervoor gebruikt dan zal de inzetfrequentie hoger zal zijn dan op basis van alleen het overschrijden van de maatgevende hoogwaterstand.

**Referenties:**

- Heynert, K.V. et al. (2002). Werkzaamheden aan het Rijnsysteem ten behoeve van de Commissie Noodoverloopgebieden. Eindrapportage Q3208, WL|Delft Hydraulics.
- HR (2001). Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, 2001
- Langemheen, W van de en H.E.J. Berger (2001). Hydraulische randvoorwaarden 2001: maatgevende afvoeren Rijn en Maas. RIZA rapport 2002.014.
- Silva, W. (2001). Hoogwaterbescherming langs de Rijntakken. Onzekerheden en omgaan met onzekerheden. RWS/RIZA, Werkdocument nr. 2000.179X, 6 maart 2001
- Vuuren, W. van (2003). Een analyse van de spreiding in opgetreden piekwaterstanden tijdens de historisch hoogwaters op de Rijntakken over de periode 1901-2001. RIZA memo: WSR 2003-011, april.

## 8 Economische aspecten van noodoverloopgebieden

*Dit hoofdstuk is geschreven door drs. P.J.A. Baan, econoom bij WL | Delft Hydraulics.*

### 8.1 Terminologie

Om misverstanden te voorkomen, geven we in het onderstaande allereerst een toelichting op de diverse termen die worden gebruikt in de discussie over noodoverloopgebieden. Deze terminologie sluit aan bij wat in andere studies is gebruikt.

#### Ongecontroleerde overstroming

Van een ongecontroleerde overstroming is sprake als het water zó hoog komt te staan dat er ergens een dijk bezwijkt. Verwacht mag worden (hoofdstuk 9) dat er dan een bres in de dijk ontstaat. Gezien het hoogteverschil tussen de waterstand op de rivier en het land achter de dijk zullen grote stroomsnelheden ontstaan die leiden tot een aanzienlijke groei van de bres. Als gevolg daarvan stroomt een grote hoeveelheid water de dijkring binnen. Zie Figuur 8-1.

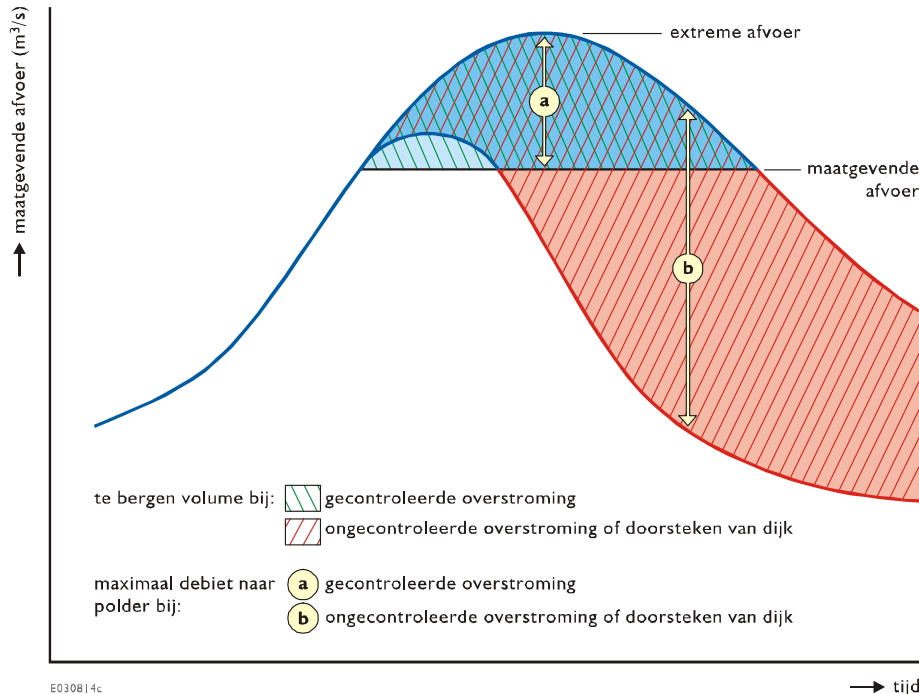
#### Bewust doorsteken van een dijk

Een extreme afvoer die groter is dan de maatgevende afvoer waarop het hoogwaterbeschermingssysteem is gebouwd valt enkele dagen van te voren te voorspellen. Verwacht mag worden dat de instanties die verantwoordelijk zijn voor de rampenbeheersing niet werkeloos zullen toezien. Vanzelfsprekend zal getracht worden om met het plaatsen van zandzakken een aanvullende bescherming te bieden. Mocht dat niet voldoende lijken, dan mag verwacht worden dat - gezien de grote verschillen in potentiële overstromingsschade tussen de afzonderlijke dijkringen - de keuze zal vallen op het bewust doorsteken van een dijk rond een relatief minder kwetsbare dijkring (als dat al niet zonder menselijk ingrijpen gebeurt). Mogelijkheden daartoe zijn ofwel het graven van een bres (graafmachine), ofwel het opblazen van een dijk. Na het openen van een dijk voltrekt zich ter plaatse een overstroming die vergelijkbaar is met een ongecontroleerde overstroming die op dezelfde plek ontstaat: de bres zal snel in omvang toenemen en een grote hoeveelheid water stroomt de dijkring binnen. Zie Figuur 8-1.

#### Gecontroleerde overstroming

Bij een gecontroleerde overstroming is er niet alleen controle over de plaats waar de overstroming zal optreden, maar ook over de hoeveelheid water die de dijkring instroomt. Een gecontroleerde overstroming onderscheidt zich dus van het bewust doorsteken van een dijk op het punt dat er ook controle is op de hoeveelheid water die de dijkring binnenstroomt. Een gecontroleerde overstroming onderscheidt zich van een ongecontroleerde overstroming in (1) het bewust kiezen van een plaats waar een overstroming zal plaatsvinden en (2) controle over de hoeveelheid water die de dijkring binnenstroomt. Om

deze controle te verkrijgen dient een inlaatwerk aanwezig te zijn. Met dat inlaatwerk kan de hoeveelheid water die de dijkkring binnenstroomt zó worden beheerst dat de piek van de afvoergolf wordt afgeschoren. Zie Figuur 8-1. Naarmate het inlaatwerk beter regelbaar is kan dit afscheren nauwkeuriger gebeuren.



Figuur 8-1 Schematisch onderscheid tussen de afvoer die bij een ongecontroleerde en bij een gecontroleerde overstrooming een dijkkring binnenstroomt, in beide gevallen bij eenzelfde bovenstroomse extreme afvoer.

## Opties voor de inrichting van een noodoverloopgebied.

Een noodoverloopgebied is er op gericht om met een gecontroleerde overstrooming (zie bovenstaande omschrijving) andere, meer kwetsbare dijkkringen te kunnen beschermen. Zoals in het bovenstaande is aangegeven, is de aanwezigheid van een inlaatwerk (en eventueel ook een uitlaatwerk) daarvoor een vereiste. Als er geen inlaatwerk is, mag immers verwacht worden dat ongecontroleerd grote hoeveelheden water de dijkkring binnenstromen.

De volgende opties worden onderkend voor de inrichting van een noodoverloopgebied:

1. Een noodoverloopgebied met alleen een inlaatwerk. Er bestaan verschillende mogelijkheden voor de vormgeving van een inlaatwerk, maar alle zijn ze gekenmerkt door het bieden van controle over de hoeveelheid water die de dijkkring binnenstroomt. Omdat uitsluitend een inlaatwerk is aangelegd, bepalen de hoogteligging van het terrein in het noodoverloopgebied en de aanwezige bestaande lijnelementen (verhogingen, 'dijken', wegen, etc.) welk gebied onder water komt te staan.
2. Een noodoverloopgebied met een inlaatwerk en een begrenzing van het gebied dat onder water komt te staan met dijken. Bij de door de Commissie Noodoverloopgebieden voorgestelde noodoverloopgebieden betreft dit de aanleg van dijken om het noodoverloopgebied, teneinde het water binnen een vooraf vastgestelde contour te houden. De hoogte van de dijken om het noodoverloopgebied is bepalend voor de

bergingscapaciteit. Eventuele woonkernen die binnen deze contour liggen worden niet aanvullend (met ringdijken) beschermd.

3. Een noodoverloopgebied met niet alleen een inlaatwerk en dijken om er voor te zorgen dat het water binnen een gekozen contour blijft, maar ook dijken om woonkernen binnen het noodoverloopgebied.

Het zal duidelijk zijn dat naarmate méér werken worden uitgevoerd de kosten van aanleg toenemen. Eveneens is evident dat er grote verschillen in kosten bestaan tussen de diverse varianten voor een inlaat- en uitlaatwerk.

## 8.2 Afwegen van kosten en baten

In beginsel lijkt het afwegen van kosten en baten van maatregelen gericht op het beschermen van dijkringen tegen overstroming betrekkelijk eenvoudig. De kosten van investeringen samen met de onderhoudskosten van de maatregelen vormen de kosten en de reductie van de overstromingsschade die met die maatregelen wordt gerealiseerd vormt de baten. De praktijk leert echter dat het niet zo eenvoudig is. Dat blijkt wel uit het grote aantal rapporten dat de laatste twee jaren verschenen is, waarin kosten-batenanalyses van noodoverloopgebieden zijn beschreven [1, 2, 4, 5, 6, 7, 10] met uiteenlopende uitkomsten.

Bij het afwegen van kosten en baten van noodoverloopgebieden zijn de volgende aspecten van groot belang:

1. Hoe betrouwbaar zijn de werklijnen die het verband aangeven tussen piekafvoer in de rivieren en kans op optreden?
2. Wat is het effect van de factor tijd?
3. Wat is de referentiesituatie in vergelijking waarmee kosten en baten worden vastgesteld?
4. Wat verstaan we onder schade door overstroming?

Hieronder gaan we nader in op deze vragen.

### 1: Betrouwbaarheid van de werklijnen

De werklijnen worden gekenmerkt door een grote onzekerheidsmarge (zie paragraaf 7.4). Dat heeft invloed op de betrouwbaarheid van de kosten-batenanalyse. Onzekerheidsmarges in de berekende baten van beschermingsmaatregelen zoals noodoverloopgebieden zijn immers direct gekoppeld aan onzekerheidsmarges in verschillen in overstromingsfrequenties van dijkringen. Deze frequenties worden hoofdzakelijk gebaseerd op de werklijnen.

### 2: Effect van de factor tijd

De kosten nu moeten worden afgewogen tegen de (gemiddeld) in de toekomst te verwachten baten. De contante waarde van ver in de toekomst gelegen baten is echter gering. Met het van overheidswege voorgeschreven disconteringspercentage van 4% komt de contante waarde van de baten bij een gemiddelde kans van overstroom van 1/1000 per jaar overeen met slechts 2,5% van de schadereductie. Bij kleinere kansen (dus een lagere frequentie) loopt dit percentage verder terug (zie Tabel 8-1). Maatregelen gericht op het verhogen van het beschermingsniveau zijn rendabel als de kosten van die maatregelen (investeringen plus contante waarde van het onderhoud) lager zijn dan de contante waarde van de baten. Met

een kans op overstromen van 1/1000 per jaar mogen de kosten dus niet hoger zijn dan 2,5% van de schadereductie.

Tabel 8-1 Contante waarde van vermindering van overstromingsschade afhankelijk van de kans op overstroming, het disconteringspercentage en de economische groei

kans op overstromen (per jaar)	disconteringspercentage (%)	economische groei (%)	contante waarde (% van huidige schade)
<i>variatie kansen</i>			
1/500	4	0	5,0
1/1000	4	0	2,5
1/2000	4	0	1,3
1/4000	4	0	0,6
<i>variatie disconteringsvoet</i>			
1/1000	5	0	2,0
1/1000	4	0	2,5
1/1000	3	0	3,3
1/1000	2	0	5,0
<i>variatie economische groei</i>			
1/1000	4	0	2,5
1/1000	4	1	3,3
1/1000	4	2	5,0
1/1000	4	3	10,0

De vraag lijkt gerechtvaardigd of het disconteringspercentage bezien vanuit het streven naar duurzame ontwikkeling niet verlaagd zou moeten worden. Duurzame ontwikkeling is toekomstgericht en houdt expliciet rekening met mogelijkheden voor toekomstige generaties. Zo moet afwenteling van problemen naar toekomstige generaties worden voorkomen. Verlagen van de disconteringsvoet geeft toekomstige generaties meer gewicht bij evaluaties, want daardoor tellen toekomstige effecten zwaarder mee (Tabel 8-1). Het gevolg is dat hogere investeringen in beschermingsmaatregelen economisch verantwoord zijn om eenzelfde schadereductie te bereiken dan met het voorgeschreven disconteringspercentage van 4%.

Onder invloed van demografische en economische groei in een dijkkring neemt de potentiële overstromingsschade in de loop der jaren toe. Daar kunnen we rekening mee houden door het disconteringspercentage te corrigeren voor deze groei (Tabel 8-1). Het is de vraag of we deze correctie ook mogen toepassen voor zeer lange perioden van tientallen, of zelfs honderden jaren. Internationaal-politieke (landbouw) en technologische ontwikkelingen kunnen immers grote gevolgen hebben voor de omvang van de potentiële overstromingsschade.

Uit Tabel 8-1 blijkt dat veranderingen in de kans op overstromen en in de economische groei meer effect hebben op de contante waarde dan de disconteringsvoet.

### 3: Referentiesituatie

De schadereductie die met beschermingsmaatregelen kan worden bereikt dient te worden vastgesteld in vergelijking met een referentiesituatie. Als referentie geldt dat de dijken (na rivierverruiming) bestand moeten zijn tegen waterstanden die horen bij een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s. Dat legt de referentiesituatie echter nog niet eenduidig vast. Als er geen rampenbeheersing zou plaatsvinden zou een overstroming ongecontroleerd zijn: de plaats waar een overstroming ontstaat is immers niet bekend. De schade kan dan zeer groot

worden omdat kwetsbare dijkringen met veel bewoners en een hoge economische waarde niet worden ontzien. RIZA [4] is van mening dat deze situatie met een ongecontroleerde overstroming als referentiesituatie geldt. CPB [5] stelt echter dat de maatschappij in een dergelijke situatie een ongecontroleerde overstroming nooit zal accepteren. De maatschappij zal er in dat geval voor kiezen om (als onderdeel van de rampenbeheersing) de dijk van een relatief minder kwetsbare dijkkring door te steken om zo de meest kwetsbare dijkringen te sparen. Wij zijn het hierin eens met CPB: de maatschappij zal bijna altijd proberen om schade - als die eenmaal onvermijdelijk is - zoveel mogelijk te beperken. Het gevolg van deze keuze is wel dat ramingen van schadereducties door inzetten van noodoverloopgebieden of door beschermingsmaatregelen lager uitkomen dan wanneer zou worden uitgegaan van ongecontroleerde overstromingen.

#### 4: Schade door overstroming

Een overstroming van dijkringen langs rivieren kan grote maatschappelijke gevolgen hebben van verschillende aard. De maatschappelijke schade en verliezen kunnen we als volgt weergeven:

$$S_{\text{maatschappelijk}} = L + S_{\text{gezondheid}} + S_{\text{economisch}} + S_{\text{gevoel}} + S_{\text{LNC}}$$

waarin: L	= verlies aan mensenlevens
$S_{\text{gezondheid}}$	= schade aan de gezondheid
$S_{\text{economisch}}$	= (financieel-)economische schade
$S_{\text{gevoel}}$	= gevoels- of sociaal-psychologische schade
$S_{\text{LNC}}$	= schade aan landschaps-, natuur- en cultuurwaarden.

Een plotselinge overstroming kan in diepgelegen dijkringen tot veel slachtoffers door verdrinking leiden. In de huidige praktijk kan men een rivierhoogwatergolf enkele dagen van te voren zien aankomen. Dat biedt mogelijkheden om tijdig te evacueren, zodat slachtoffers voorkomen kunnen worden. Het blijkt echter ook dat het moeilijk is om iedereen (ook onwilligen) tijdig uit de bedreigde gebieden te krijgen. Een kans op slachtoffers blijft daardoor altijd aanwezig.

Een overstroming van een dijkkring en de evacuatie, maar ook de dreiging daarvan, vormt een belangrijke stressor voor de betrokken bewoners. Deze stressor kan tot psychosomatische klachten leiden.

De (financieel-)economische schade omvat de materiële schade. Het gaat hierbij om kosten van te treffen noodmaatregelen (zoals evacuatie), schade aan goederen, kosten van herstel en schade door verlies aan productie en eventueel hogere transportkosten (voor omrijden). De economische schade van overstromingen wordt bepaald met modellen, die voor elke economische sector de schade berekenen afhankelijk van overstromingsdiepte en stroomsnelheid. Deze modellen werken (noodgedwongen) met aannamen en dus moeten we rekening houden met relatief grote onzekerheidsmarges in de uitkomsten van schadeberekeningen. Evacuatiekosten en hogere transportkosten zitten niet in deze modellen.

De gevoelschade is gekoppeld aan negatieve emoties bij (dreigende) overstroming en evacuatie. Los van de economische schade wordt een (dreigende) overstroming en de evacuatie als een stressor en emotionele last ervaren. De negatieve emoties worden versterkt als

sprake is van een gecontroleerde overstroming, zoals bij noodoverloopgebieden. Dan blijkt dat compensatie van de economische schade alleen niet genoeg is om bewoners het risico van overstroming te laten accepteren. De oppositie die dit teweeg brengt wordt wel aangeduid met het NIMBY-effect<sup>7</sup> (Not-In-My-Back-Yard). Bij het uitwerken van schadevergoedingsregelingen is daarom aandacht nodig voor compensatie van gevoelsschade. De gezondheidsschade en de gevoelsschade zijn deels aan elkaar gerelateerd. De geldswaarde van de gevoelsschade (Willingness To Accept) zou kunnen worden bepaald met de Contingent Valuation Methode.

Overstroming kan leiden tot aantasting van landschaps-, natuur- en cultuurwaarden. Zo kan milieuverontreiniging gevolgen hebben voor de natuurwaarden en kan bijvoorbeeld onherstelbare schade aan cultuurhistorische objecten ontstaan.

Bij de evaluatie van maatregelen gericht op bescherming tegen overstroming wordt meestal rekening gehouden met het verlies aan mensenlevens, met de economische schade en met schade aan LNC-waarden (alleen kwalitatief). De gevoelsschade en daaraan gerelateerd de gezondheidsschade blijven daarbij echter bijna altijd buiten beschouwing. Wij pleiten ervoor om de gevoelsschade ook bij de afweging te betrekken.

In dit verband merkt het CPB op dat de potentiële overstromingsschade langs de bovenrivieren weliswaar groot is, maar weer niet zó groot dat Nederland de gevolgen niet zou kunnen dragen [5]. Zou het laatste het geval zijn dan zijn maatregelen nodig om de gevolgen te beperken los van de uitkomsten van kosten-batenanalyses.

Het alleen al aanwijzen van noodoverloopgebieden kan ook al tot schade leiden, bijvoorbeeld planschade en ook zou de economische ontwikkeling geremd kunnen worden. Meestal gaat het hierbij om beperkte effecten van tijdelijke aard. Een eventueel (tijdelijk) effect op de huizenprijzen in het gebied vormt maatschappelijk gezien geen schadepost, want toekomstige kopers hebben daar weer profijt van [4].

### 8.3 Economische schade door overstromingen

Hoge piekafvoeren in de Rijn en Maas zijn bedreigend voor de dijkringen in het bovenrivierengebied. Bij het benedenrivierengebied komt de dreiging vooral vanuit zee. Daarom blijven de benedenstroomse dijkringen hier buiten beschouwing.

Tabel 8-2 geeft een overzicht van de bedreigde dijkringen in het bovenrivierengebied en de economische overstromingsschade die zich in elke dijkkring kan voordoen.

In theorie zijn de dijkringen langs de bovenrivieren beschermd tegen waterstanden met een kans op voorkomen tot 1/1250 per jaar. In de praktijk is er echter sprake van meer mogelijke faalmechanismen dan alleen het overschrijden van de maatgevende waterstand. Daardoor verschilt de werkelijke kans op overstroming per dijkkring en kan die significant afwijken van 1/1250 per jaar [2].

Los van de verschillen in overstromingskansen per dijkkring is er ook sprake van systeemwerking. Enerzijds verlaagt het overstromen van een dijkkring lokaal de

<sup>7</sup> In het Nederlands duidt men dit effect soms aan met NIVEA = Niet in mijn Voor- En Achtertuin.

waterstanden in de rivier en biedt dit bescherming voor dijkringen op de andere oever en voor dijkringen benedenstrooms. Vooral benedenstrooms gelegen dijkringen blijken hiervan te profiteren [11]. Anderzijds is er sprake van cascade-effecten. Als bijvoorbeeld dijkkring 48 (Rijn en IJssel) aan de bovenstroomse zijde onder water loopt en de dijkkring gevuld raakt tot de laagste kruinhoogte (bij Doesburg), dan stroomt het water óf de IJssel weer op óf het stroomt de volgende dijkkring in (49 IJsselland). De consequentie is dat benedenstroomse dijkringen langs de IJssel (49 tot en met 53) ook onder kunnen lopen.

Tabel 8-2 Door piekafvoeren in Rijn en Maas bedreigde dijkringen en economische schade die kan optreden bij overstroming van deze dijkringen<sup>1</sup> (Bron [2]).

Dijkkring	schade bij overstroming vanuit de Rijn (miljard €)	schade bij overstroming vanuit de Maas (miljard €)
36 Maaskant		17,6
38 Bommelerwaard <sup>2</sup>	2,5	2,5
41 Land van Maas en Waal <sup>2</sup>	7,9	7,9
42 Ooij en Millingen	0,9	
43 Betuwe / Tieler en Culemborgerwaarden	16,4	
44 Kromme Rijn	30,8	
45 Gelderse Vallei	8,2	
47 Arnhemse en Velpsebroek	0,9	
48 Rijn en IJssel	5,5	
49 IJsselland	0,7	
50 Zutphen	1,7	
51 Gorssel	0,5	
52 Oost-Veluwe	3,1	
53 Salland	7,9	

<sup>1</sup> Kleine dijkringen met een kleine schade zijn niet meegenomen.

<sup>2</sup> Schade door overstroming vanuit de Rijn en de Maas kunnen niet gelijktijdig in hun volle omvang optreden.

De potentiële overstromingsschade in een dijkkring neemt toe met hogere waterstanden in de rivier en dus met de hoogte van de piekafvoer. Hogere piekafvoeren hebben wel een lagere kans van optreden. In de referentiesituatie worden door het bewust doorsteken van dijken van dijkringen met een relatief beperkte potentiële schade dijkringen met de hoogste schade gespaard, maar cascade-effecten kunnen wel optreden.

Bij het ramen van de contante waarde van de potentiële overstromingsschade moeten we rekening houden met het bovenstaande en met alle onzekerheidsmarges (in werklijnen, in de afvoerverdeling, in de waterstanden en in de schadebepaling). De ramingen in Tabel 8-3 zijn opgesteld uitgaande van een lage en een hoge raming met in elke raming een onzekerheidsmarge van  $\pm 40\%$ . Dat levert voor de referentiesituatie zonder economische groei langs de Rijntakken een contante waarde van de overstromingsschade op van € 0,2 tot € 0,6 miljard. Met een gemiddelde economische groei van 1,5 tot 2,5% per jaar komt deze raming uit op € 0,3 tot € 1,6 miljard (zie Tabel 8-3).

Bij een volledig ongecontroleerde overstroming is niet van te voren aan te geven welke dijkkring of welke dijkringen zullen overstromen. Vanwege de systeemwerking biedt het overstromen van een dijkkring bescherming voor dijkringen aan de andere oever en voor dijkringen benedenstrooms. Dijkkringen zullen daarom niet allemaal tegelijk overstromen. Wel is er weer kans op cascaderwerking. Bij ongecontroleerde overstroming schatten wij de contante waarde van de potentiële schade zonder economische groei langs de Rijntakken op € 0,2 tot € 0,9 miljard. Met een gemiddelde economische groei van 1,5 tot 2,5% per jaar

komt de raming voor ongecontroleerd overstromen uit op € 0,3 tot € 2,5 miljard (zie Tabel 8-3).

Tabel 8-3 Contante waarde van ruw geraamde economische overstromingsschade langs de Rijntakken in de referentiesituatie en met ongecontroleerde overstroming

	<b>schade</b> (€ miljard)
<i>zonder economische groei</i>	
- referentiesituatie (bewust doorsteken van dijken)	0,2 tot 0,6
- ongecontroleerde overstroming	0,2 tot 0,9
<i>met 1,5 tot 2,5% economische groei</i>	
- referentiesituatie (bewust doorsteken van dijken)	0,3 tot 1,6
- ongecontroleerde overstroming	0,3 tot 2,5

Vergelijkbare schaderamingen voor de bedijkte Maas zijn moeilijker te maken. Bij een ongecontroleerde overstroming is de verwachting dat bovenstrooms gelegen dijkringen het eerst getroffen zullen worden. Waar precies de overstroming plaatsvindt is echter niet bekend. Ook bij het bewust doorsteken van een dijk zal naar verwachting een bovenstrooms gelegen dijkkring worden aangewezen. De plaats van doorbraak kan daarbij dan wel zó worden gekozen dat de schade zoveel mogelijk beperkt blijft. Dat betekent dat ook voor de Maas geldt dat we mogen verwachten dat de overstromingsschade bij ongecontroleerde overstroming gemiddeld groter is dan bij het doorsteken van een dijk.

## 8.4 Inzet van noodoverloopgebieden

De Commissie Noodoverloopgebieden stelt voor om de volgende noodoverloopgebieden aan te wijzen [3]: langs de Rijn het Rijnstrangengebied alsmede Ooij en Millingen; en langs de Maas: het oostelijke deel van de Beersche Maas.

Voor het inzetten van noodoverloopgebieden zijn de volgende aspecten van belang:

1. De werking van noodoverloopgebieden: wanneer vindt inzet plaats en hoe effectief zijn ze?
2. De inrichtingskosten.
3. De reductie van de schade die met noodoverloopgebieden kan worden gerealiseerd.
4. De vraag of het nodig of zinvol is om woonkernen in noodoverloopgebieden te beschermen tegen overstroming door ze te omdijken.
5. De afweging van kosten en baten.

Onderstaand gaan we nader op deze kwesties in.

### 1) Werking als noodoverloopgebied

Rekening houdend met de onzekerheden in de werklijnen, in de afvoerverdelingen en in de waterstanden zal de inzet van noodoverloopgebieden langs de Rijn en Maas waarschijnlijk frequenter nodig zijn dan gemiddeld eenmaal per 1250 jaar [2].

Een goede werking van noodoverloopgebieden is enerzijds afhankelijk van de uitvoering van de inlaat (voor meer of minder efficiënt aftoppen van de afvoerpiek) en anderzijds van de inrichting van deze gebieden. De inlaat zal meestal bovenstrooms gesitueerd zijn. Om te

voorkomen dat het water aan de benedenstroomse zijde weer terugloopt de rivier in of overloopt naar aangrenzende dijkringen (cascadewerking) zijn rondom elk noodoverloopgebied dijkverhogingen en/of nieuwe dijken nodig. Door optimaal gebruik te maken van bestaande dijken, wegen en spoorlijnen in het gebied kunnen de kosten van inrichting beperkt blijven [9].

Met de inzet van Rijnstrangen en Ooijpolder als noodoverloopgebieden langs de Rijn is een berging van circa 200 miljoen m<sup>3</sup> water mogelijk, als de dijken rondom op het niveau van de uitlaat benedenstrooms komen te liggen. Worden de dijken rondom verhoogd tot het niveau van de inlaat dan neemt de bergingscapaciteit toe tot ruim 300 miljoen m<sup>3</sup> [10].

Bij afvoerpieken die de bergingscapaciteit in de noodoverloopgebieden te boven gaan is nog wel sprake van aftopping van de hoogwaterpiek. Als de hoogwaterpiek niet te groot is heeft de berging in het noodoverloopgebied een merkbaar effect op de waterstanden, waardoor de schade in de andere dijkringen die overstromen minder hoog zal oplopen. Als de afvoerpieken de bergingscapaciteit in de noodoverloopgebieden ver te boven gaan is het effect op de waterstanden klein en mogen we geen groot effect meer verwachten op de overstromingschade benedenstrooms.

Voor het noodoverloopgebied Beersche Maas (Beersche Overlaat) langs de Maas geldt *grosso modo* hetzelfde. De bergingscapaciteit van het oostelijke deel van de Beersche Maas bedraagt ongeveer 100 miljoen m<sup>3</sup>. Inzet van dit noodoverloopgebied resulteert in een verhoging van de beschermingsniveaus voor de andere dijkringen [2]. Om cascadewerking tegen te gaan zijn dijken nodig. Een grotere capaciteit is te bereiken door de dijken rondom de Beersche Maas te verhogen of door een tweede (en/of derde) compartiment van de Beersche Maas als noodoverloopgebied te benutten.

## 2) Inrichtingskosten

Bij het vaststellen van de inrichtingskosten is rekening gehouden met de aanleg en het onderhoud van inlaat- en uitlaatwerken, met constructie en onderhoud van nieuwe dijken en met het aanbrengen van taluds voor kruisingen van wegen met de nieuwe dijken. Deze kostenraming is conservatief in die zin dat gekozen is voor aanleg van nieuwe dijken en niet voor het zoveel mogelijk benutten van bestaande dijken en deze verhogen [4]. Dat laatste levert bij Rijnstrangen en de Ooijpolder een besparing op in de investeringskosten van ongeveer € 0,1 miljard [10].

De kostenramingen zijn tot nu toe uitgevoerd met eenheidsprijzen. Dat levert ruwe kostenramingen op met een grote onzekerheidsmarge, pakweg in de orde van  $\pm 40\%$ . Om een goede indruk van de werkelijke kosten te krijgen is een meer gedetailleerde raming nodig op basis van uitgewerkte ontwerpen.

Rijnstrangen en de Ooijpolder liggen aan de grens met Duitsland. Vooral in het geval van de Ooijpolder lijkt het zinvol en economisch aantrekkelijk om samen te werken met Duitsland. Dan kan een meer 'natuurlijk' begrenzing worden gekozen waarbij een deel van het noodoverloopgebied en de inlaat op Duits grondgebied komt te liggen. De bergingscapaciteit wordt daardoor vergroot, en de investeringskosten per m<sup>3</sup> bergingscapaciteit gaan naar beneden. Nu moet bij de Ooijpolder bijvoorbeeld een dijk worden aangelegd langs de

grens met Duitsland om te voorkomen dat het water bij inzet van de Ooijpolder als noodoverloopgebied terugstroomt Duitsland in.

Bij het afwegen van de maatschappelijk kosten en baten blijft de BTW buiten beschouwing. Maatschappelijk bezien vormt BTW immers geen kostenpost, want het betreft slechts een herverdeling van gelden.

### 3) Reductie van economische schade

De inzet van noodoverloopgebieden biedt geen absolute bescherming. Als overstromen van andere dijkringen niet meer te voorkomen is zal men net als in de referentiesituatie met het bewust doorsteken van dijken proberen de schade zoveel mogelijk te beperken door kwetsbare dijkringen met een hoge potentiële overstromingsschade te sparen.

De overstromingskansen met en zonder inzet van noodoverloopgebieden zijn nog niet goed bekend. De systeemwerking speelt daarbij ook een belangrijke rol. Omdat voor het berekenen van de contante waarde van de schadereductie van beschermende maatregelen gegevens nodig zijn over de reductie van de overstromingskansen, kunnen we nu nog geen betrouwbare schatting geven van de contante waarde van de schadereductie.

Tabel 8-4 Verwacht effect van verschillende varianten zonder en met inzet van noodoverloopgebieden

	varianten	te verwachten effecten
	Ongecontroleerde overstroming (wordt niet gestuurd en is van te voren niet te voorspellen). Nu geen investeringen.	De contante waarde van de schade is € 0,1 tot € 0,9 miljard groter dan in de referentiesituatie waarbij dijken van gebieden die relatief minder kwetsbaar zijn worden doorgestoken.
0	Referentiesituatie, waarbij dijken van gebieden die in relatieve zin minder kwetsbaar zijn worden doorgestoken (geen inlaat en geen inrichting). Nu geen investeringen.	De overstromingen worden zodanig gestuurd dat de overstromingsschade minimaal is. Omdat de instroming niet gecontroleerd is zal de schade aanzienlijk zijn.
1	Gecontroleerde overstroming met alleen een eenvoudig inlaatwerk. Investeringskosten en contante waarde onderhoud nu ongeveer € 0,01 miljard	Instroomsnelheid en vulsnelheid kunnen worden beperkt. Daardoor is de overstromingsschade kleiner dan in de referentiesituatie.
2	Noodoverloopgebieden langs de Rijn met eenvoudig inlaatwerk en dijken rondom op uitlaatiniveau (bergingscapaciteit circa 200 miljoen m <sup>3</sup> ). Investeringskosten en contante waarde van onderhoud € 0,2 tot € 0,4 miljard.	Instroomsnelheid en vulsnelheid kunnen worden beperkt. Dat beperkt de schade in het ingezette noodoverloopgebied enigszins. Door het tijdig sluiten van de inlaat kan cascaderwerking worden voorkomen. De contante waarde van de schadereductie ligt in dezelfde orde van grootte als de maatschappelijke kosten of ze zijn hoger.
3	Noodoverloopgebieden langs de Rijn met nauwkeurig regelbare inlaat en dijken rondom op uitlaatiniveau (bergingscapaciteit circa 200 miljoen m <sup>3</sup> ). Investeringskosten en contante waarde van onderhoud € 0,3 tot € 0,5 miljard.	Efficiënte inzet mogelijk (nauwkeurig aftoppen van piek). Geen cascaderwerking. De contante waarde van de schadereductie ligt in dezelfde orde van grootte als de maatschappelijke kosten of zijn groter.
4	Noodoverloopgebieden langs de Rijn met nauwkeurig regelbare inlaat en dijken rondom op inlaatiniveau (bergingscapaciteit ruim 300 miljoen m <sup>3</sup> ). Investeringskosten en contante waarde van onderhoud € 0,4 tot € 0,6 miljard.	Hoog beschermingsniveau haalbaar. Efficiënte inzet mogelijk (nauwkeurig aftoppen van piek). Cascaderwerking is uitgesloten: de dijken om het noodoverloopgebied liggen immers op het niveau van de waterstand bij de inlaat. De contante waarde van de schadereductie ligt in dezelfde orde van grootte als de maatschappelijke kosten of zijn hoger.

Tabel 8-4 geeft een overzicht van het verwachte effect van de inzet van noodoverloopgebieden langs de Rijn. Voor de Maas zou een vergelijkbare tabel kunnen worden opgesteld, waaruit naar verwachting vergelijkbare conclusies kunnen worden getrokken.

De contante waarde van schadereductie is het grootst als bij de noodoverloopgebieden wordt gewerkt met een precies regelbare inlaat, waarbij de piek keurig afgetopt kan worden en de efficiëntie het grootst is, alsmede met een maximale berging tot het niveau van de inlaat. Maar dan zijn de kosten ook het hoogst. Niet duidelijk is of de meerkosten van een nauwkeurig regelbare inlaat en een grotere bergingscapaciteit opwegen tegen de extra baten (contante waarde van schadereductie). Dat is mede afhankelijk van de frequentie van overstromen.

#### **4) Beschermen van woonkernen in noodoverloopgebieden**

Of omdijken van woonkernen in de noodoverloopgebieden Ooij en Millingen en Beersche Maas (Beersche Overlaat) economisch rendabel is hangt enerzijds af van de schade in die woonkernen bij een overstroming en anderzijds van de kans van overstroming. Als die kans klein is (ongeveer 1/1250 per jaar) is omdijken van woonkernen niet rendabel, omdat de contante waarde van de schadereductie niet opweegt tegen de kosten van omdijken [4, 10]. Met een toenemende frequentie van inzet van de noodoverloopgebieden neemt de contante waarde van de schadereductie toe (zie ook Tabel 8-1) en wordt een omslagpunt bereikt waarbij het omdijken wel economisch rendabel wordt. Rijnstrangen bevat geen woonkernen, zodat beschermen daar niet aan de orde is.

#### **5) Afwegen van kosten en baten**

Robuuste conclusies zijn:

1. in vergelijking met ongecontroleerde overstroming is het bewust doorsteken van dijken economisch rendabel; en
2. het aanleggen van een relatief eenvoudig inlaatwerk, waarmee de hoeveelheid water die het noodoverloopgebied instroomt kan worden beheerst, is economisch rendabel.

In beide gevallen is de contante waarde van de schadereductie relatief groot. Vanwege de grote onzekerheidsmarges zowel in de kostenraming als in de raming van de contante waarde van de schadereductie (de baten) is niet zonder meer duidelijk of investeren in nauwkeurig regelbare inlaten en het inrichten van noodoverloopgebieden ook economisch rendabel is. Dat hangt af van de frequentie waarmee het noodoverloopgebied wordt ingezet. Bij welke frequentie het omslagpunt ligt is nog niet duidelijk.

De gemiddelde verwachting van de contante waarde van de schadereducties (de baten) is bij alle beschouwde noodoverloopvarianten groter dan het gemiddelde van de maatschappelijke kosten, maar dat vormt onvoldoende garantie dat de baten in de praktijk werkelijk groter zullen zijn dan de kosten. De baten-kosten verhouding wordt gunstiger naarmate de overstromingsfrequentie toeneemt.

Bij het opmaken van een volledige maatschappelijke balans tussen kosten en baten (contante waarde van de schadereductie) gaat het niet alleen om (beperking van) economische schade, maar moeten we ook rekening houden met (vermindering van) andere ongunstige effecten

(mogelijk verlies aan mensenlevens, gezondheids- en gevoelsschade en schade aan landschaps, - natuur- en cultuurwaarden). De maatschappelijke baten in brede zin zijn hier dus groter dan de economische baten. Meewegen van deze niet-economische baten doet het evenwicht verschuiven en kan de balans doen doorslaan naar daadwerkelijk inrichten van noodoverloopgebieden en vervolgens ook het beschermen van woonkernen.

## 8.5 Conclusies

1. Als een overstroming niet is te vermijden is het in het kader van rampenbeheersing beter om bewust dijken om dijkringen die minder kwetsbaar zijn door te steken en een volgorde van overstromen van dijkringen aan te houden, waarbij enerzijds de kwetsbare dijkringen met een groot aantal inwoners en een hoge economische waarde worden ontzien en waarbij anderzijds de locaties van overstromingen zodanig worden gekozen dat de schade zoveel mogelijk wordt beperkt. Met een ongecontroleerde overstroming is de kans op hoge schade groter dan bij het gericht doorsteken van dijken. Het aanwijzen van noodoverloopgebieden die als eerste worden ingezet bij een dreigende overstroming dient te worden opgevat als een verbetering van de rampenbeheersing.
2. Op basis van de thans beschikbare gegevens kan op dit moment niet hard worden gemaakt dat het inrichten van noodoverloopgebieden (omdijken, etc.) economisch rendabel is. Voor een eenvoudig inlaatwerk kan op dit moment al worden gesteld dat het economisch rendabel is.
3. Het beschermen van woonkernen in noodoverloopgebieden is economisch niet rendabel met een kans op overstromen van ongeveer 1/1250 per jaar. Als de kans op overstromen aanzienlijk groter wordt, kan dat wel economisch rendabel worden.
4. Bij het maatschappelijk afwegen van de voor- en nadelen in brede zin van het aanwijzen en inzetten van noodoverloopgebieden moet ook rekening worden gehouden met niet-economische schade. Meenemen van de niet-economische baten leidt ertoe dat de balans verschuift. Dat maakt het eerder aantrekkelijk om te investeren in noodoverloopgebieden en in het beschermen van woonkernen in deze gebieden.
5. Bewoners van een noodoverloopgebied en dijkringen die bewust onder water worden gezet bij dreigende overstroming hebben recht op een goede en gegarandeerde schadevergoeding. Het is wenselijk om de schadevergoeding niet alleen te beperken tot de economische (materiële) schade, maar ook rekening te houden met de gevoelsschade e.d. Dat zal er ongetwijfeld toe bijdragen dat de maatschappelijke weerstand in de potentiële noodoverloopgebieden tegen aanwijzing en gebruik vermindert.
6. Samenwerken met Duitsland bij aanwijzen en gebruik van de noodoverloopgebieden Ooijpolder en Rijnstrangen is wenselijk, want dat zou voordelig kunnen zijn. De bergingscapaciteit neemt daarmee toe en de kosten per eenheid bergingscapaciteit kunnen daarmee omlaag. Het aanleggen van een dijk op de landsgrens wordt daarmee overbodig.

## Referenties:

- [1] *Case study naar de effecten en consequenties van noodoverloopgebieden*. WL | Delft Hydraulics, NEI & Ingenieursbureau BCC. Hoofdrapport Q2902. augustus 2001
- [2] *Beperking van overstromingsrisico's langs Bovenrivieren*. HKV<sub>Lijn in water</sub> & WL | Delft Hydraulics.  
Deelrapport: Een verkennende beleidsanalyse van rampenbeheersing en structurele maatregelen langs de Rijntakken, 3<sup>e</sup> concept, juni 2003  
Deelrapport: Een verkennende beleidsanalyse van rampenbeheersing en structurele maatregelen langs de bedijkte Maas, 2<sup>e</sup> concept, juni 2003  
Bijlagenrapport: Een verkennende beleidsanalyse van rampenbeheersing en structurele maatregelen langs de Rijntakken en de Maas, 2<sup>e</sup> concept, juli 2003
- [3] *Gecontroleerd overstromen*. Advies van de Commissie Noodoverloopgebieden. 2002
- [4] *Kosten-baten analyse noodoverloopgebieden*. RIZA werkdocument 2003.028.x, 13 januari 2003
- [5] *Second opinion kosten-batenanalyse Noodoverloopgebieden*. CPB Notitie nr. 2003/09, 7 februari 2003
- [6] *Noodoverloopgebieden*. Brief van dhr. T.H. van Hoek, onderdirecteur CPB aan dhr. L.H. Keijts van DG Water, 9 mei 2003-08-05
- [7] *Quick-scan Kosten-batenanalyse Noodoverloopgebieden. Maatschappelijk-economische effecten van aanwijzing, inrichting en inzet van Noodoverloopgebieden voor Rijn en Maas*. Eindrapportage ECORYS-NEI (Ellen Witte), mei 2002
- [8] *Sociaal-maatschappelijke aspecten van noodoverloopgebieden*. Eindrapport SEVS Beleidsadvies voor natuur en leefomgeving (Roel Slootweg & Marlies van Schooten), 14 maart 2002
- [9] *Werkzaamheden aan het Rijnsysteem ten behoeve van de Commissie Noodoverloopgebieden*. Eindrapportage WL | Delft Hydraulics (Karel Heynert et al.) nr. Q3208, mei 2002
- [10] *Analyse efficiency noodoverloopgebieden*. Eindrapport WL | Delft Hydraulics (Ferdinand Diermanse et al.) nr. Q3383, april 2003
- [11] *Effects of River System Behaviour on Flood Risk*. Delft Cluster Publication number DC1-211-1 (Thieu van Mierlo et al.), June 2003

## 9 Waterbouwkundige constructies

*Dit hoofdstuk is opgesteld door ir. H.J. Verheij, waterbouwkundig ingenieur bij WL | Delft Hydraulics.*

### 9.1 Inleiding

Om een overstromingsramp op een ongewenste locatie te voorkomen is de inzet van noodoverloopgebieden aanbevolen door de Commissie Noodoverloopgebieden. Immers, bij een gekozen beschermingsniveau bestaat nog altijd een kans op een bovenmaatgevende rivierafvoer die leidt tot een overstroming. Daarnaast kunnen er tegenvallers zijn in ruwheden, afvoerverdeling, (ijsdammen), golfoploop, of lokaal zwakke plekken in de dijk. Geen noodoverloopgebieden betekent dan ook naar alle waarschijnlijkheid grotere schade (zie hoofdstuk 8). Kiezen voor noodoverloopgebieden betekent kiezen voor de overstroming van een vooraf aangewezen gebied.

Voor het aftoppen van een afvoergolf op de rivier door het afleiden van water naar laaggelegen gebieden naast de rivier bestaan meerdere mogelijkheden:

1. (het forceren van) een bres in de dijk, waarbij er verder geen controle is over de hoeveelheden water die het gebied instromen;
2. een eenvoudig, verborgen inlaatwerk;
3. een overstroombaar dijktraject;
4. een regelbare kruin; of
5. een compact, gestuurd inlaatwerk.

De voor- en nadelen van deze manieren om water in te laten worden beknopt besproken in paragraaf 9.3. Voorafgaand wordt in paragraaf 9.2 ingegaan op de veiligheidsfilosofie in de dijkenbouw en daarmee samenhangende begrippen. Conclusies worden getrokken in paragraaf 9.4.

### 9.2 Veiligheidsfilosofie

De vigerende veiligheidsfilosofie is gebaseerd op de kans op overschrijden van een Toetspeil (vroeger maatgevende hoogwaterstand MHW). Dit vertaalt zich als volgt (zie de Leidraden voor de Rivierdijken, TAW 1985 en TAW 1989):

1. de dijkhoogte moet gelijk zijn aan de maatgevende hoogwaterstand vermeerderd met een zekere waakhoogte;
2. in aanvulling daarop moeten de dijkhoogte en de constructie van de dijk garanderen dat de kans op doorbraak door golfoverslag (bezien over alle hoogwaters beneden toetspeil) niet meer bedraagt dan 10% van de kans dat het Toetspeil wordt overschreden;
3. tenslotte dient de kans op een doorbraak bij waterstanden gelijk of lager dan het Toetspeil door andere oorzaken, zoals afschuiving of interne erosie, verwaarloosbaar klein te zijn (in de praktijk betekent dit kleiner dan 10% van de kans dat het Toetspeil wordt overschreden).

Sterke nadruk ligt dus op het Toetspeil, in directe zin voor wat betreft de dijkhoogte maar ook indirect voor wat betreft golfoverslag en andere oorzaken. Verder moet de waakhoogte minimaal 0,50 m bedragen, maar meer mag om te voorzien in golfhoogte en andere toeslagen voor bijvoorbeeld: buistoten, -oscillaties of seiches (buistoten, -oscillaties of seiches zijn alleen relevant in het benedenrivierengebied), zetting, klink, lokale bodemdaling.

Bovenstaande veiligheidsfilosofie is aanleiding tot onderstaande kanttekeningen.

### **Faalmechanismen**

Het bezwijken van een dijk vindt zijn oorsprong in een aantal faalmechanismen, zoals: erosie van het uitwendig talud, golfoverloop/overslag, piping en opbarsten, afschuiven, beschadiging van de bekleding van het binnentalud, falen van kunstwerken, etc.

Opmerkelijk is dat bij de vigerende veiligheidsfilosofie eigenlijk uitsluitend rekening wordt gehouden met overloop en overslag. In de huidige leidraden zijn geen veiligheidsfactoren voor de andere mechanismen aangegeven. Voor deze en andere mogelijke faalmechanismen voor bezwijken zoals bedoeld onder de derde eis wordt verondersteld dat deze voldoende worden afgedekt door twee toeslagen van elk 10%. De vraag is of dit terecht is. Het gaat om bedreigingen voortvloeiend uit medegebruik van de rivier door de scheepvaart, aardbevingen, sabotage, vliegtuigcrashes, etcetera. Men denke bijvoorbeeld aan een schadevaring, waarbij een schip uit het roer en tegen de dijk loopt tijdens hoogwater. Nu is het nog zo dat de scheepvaart wordt stilgelegd, maar blijft dit beleid in de toekomst onveranderd? Als dit niet zo blijft, dan heeft dit effect op die toeslag van 10%. Een ander voorbeeld wordt gevormd door aardbevingen. De kans op het gelijktijdig optreden met een hoogwater is zeer klein, maar in de periode tussen een aardbeving die schade aan een dijk heeft veroorzaakt (kruinverlaging) en het herstel van die dijk is er een grotere kans op bezwijken. Op basis van een recente studie kan niet eenduidig worden geconcludeerd dat bij de veiligheidsbeoordeling geen rekening moet worden gehouden met aardbevingen (Verheij et al, 2002).

Merk op dat aardbevingen vooral geconcentreerd zijn in Limburg. Eventuele schade is dan relevant voor de kades langs het onbedijkte deel van de Maas.

Overigens kunnen mechanismen als schadevaringen, vliegtuigcrashes, etcetera ook bij lagere waterstanden optreden.

Momenteel vindt in het kader van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) onderzoek plaats naar de vraag in hoeverre het terecht is dat beperkte aandacht wordt besteed aan al die andere factoren.

### **Reststerkte**

Verondersteld wordt dat bezwijken optreedt als een maatgevende waterstand wordt overschreden. Dit hoeft geen zins het geval te zijn. De dijk kan voldoende sterkte en stabiliteit bezitten om de belastingen die gepaard gaan met overstromend water te

weerstaan; hierover bestaat geen zekerheid. Wel zal bij waterstanden hoger dan het toetspeil water het te beschermen gebied inlopen (even afgezien van de waakhoogte).

In zekere zin is een dijk overgedimensioneerd als de reststerkte niet wordt meegenomen. Dit geldt alleen als alle veronderstellingen over de sterkte juist blijken te zijn, maar hoe zeker zijn we van deze veronderstelde sterkte? Veel aannames zijn niet of slecht gevalideerd. In dat geval zal de sterkte minder zijn dan we dachten.

Wat betreft die reststerkte geldt dat dit het traject is tussen initieel bezwijken en volledige dijkdoorbraak. Na afschuiven kan nog een restprofiel aanwezig zijn dat nog voldoende waterkerend is. De aanwezige reststerkte is nauwelijks bekend. Recent wordt in diverse kaders aandacht hieraan geschonken (o.a. Delft Cluster). Anderzijds moet hiermee ook voorzichtig worden omgegaan, want er zijn ook lokaties waar zogenaamde 'uitgekiende ontwerpen' zijn gerealiseerd. De marges op dergelijke locaties kunnen klein zijn en vaak liggen deze ontwerpen in gebieden met veel inwoners en een relatief hoge economische waarde.

### **Onzekerheden**

Overstappen op een veiligheidsbenadering op basis van overstromingskansen in plaats van overschrijdingskansen betekent dat rekening kan worden gehouden met onzekerheden in de waarde van parameters. Dit is winst omdat daarmee duidelijk wordt welke mechanismen het meest bijdragen aan de risico's. Het is dan echter wel noodzakelijk dat die onzekerheden worden gekwantificeerd en dat de onderliggende modellen worden geverifieerd. Nu is het nog zo dat we een aanzienlijk aantal faalmechanismen nog onvoldoende 'in de vingers hebben' en dat de onzekerheid in de waarde van parameters groot is. Een voorbeeld hiervan is het mechanisme golfoverslag + erosie/afschuiven binnentalud. Dit alles vergt omvangrijk en kostbaar onderzoek, maar is dringend nodig.

Samenvattend:

1. er zijn nog veel onzekerheden, zie ook diverse adviezen met betrekking tot gewenst onderzoek; en
2. bezwijken van een dijk is zeker mogelijk, maar ook overdimensionering en dan is wellicht overlopen mogelijk zonder doorbraak.

### **9.3 Mogelijkheden voor het afleiden / inlaten van water**

De wijze van water inlaten kan op verschillende manieren worden gerealiseerd:

1. ongecontroleerde bres in de dijk;
2. inlaatwerk met drempel op of nabij toetspeil:
  - a) overstroombaar dijktraject;
  - b) regelbare kruin;
3. inlaatwerk met drempel op niveau maaiveld:
  - a) verborgen inlaat;
  - b) compact, gestuurd inlaatwerk.

Aan een inlaatwerk moeten (technische) eisen worden gesteld met betrekking tot:

- flexibiliteit ten aanzien van inzet
- zekerheid over werking
- onderhoud
- kosten

### Type I: ongecontroleerde bres in de dijk

Bij deze wijze van water inlaten wordt een kleine initiële bres aangebracht in de kruin van de dijk, waarna verdere verdieping en verbreding van de bres door de stroming gebeurt. De uiteindelijke bresbreedte is onder andere afhankelijk van de eigenschappen van de dijk. Voor zanddijken zijn de gevalideerde voorspellingsmodellen BRES en BREACH voor de bresbreedte als functie van de tijd beschikbaar. Voor kleidijken zijn wel empirische en theoretische modellen beschikbaar, maar deze zijn niet gevalideerd. Op basis van gegevens van experimenten en werkelijke doorbraken wordt voor zanddijken een maximale bresbreedte verwacht van ongeveer 300 m (range 200 – 500 m) die in 24 uur kan worden bereikt; voor klei is de verwachting een maximale bres van 100 m (range 50 – 150 m) in 12 uur. Aan de andere kant heeft een proef bij Bergambacht laten zien dat verdere bresgroei sterk kan worden geremd door de aanwezigheid van oude kleilagen in de dijk kern en overhangende grasbekleding. Momenteel vinden hiernaar diverse studies plaats (EU project IMPACT, Delft Cluster).

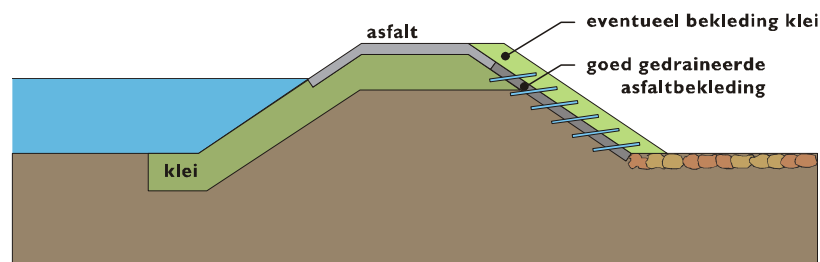
De verwachting is dat er een groot gat in de dijk ontstaat, met als gevolg dat een grote hoeveelheid water (circa 4000 m<sup>3</sup>/s; veel meer dan nodig om de afvoergolf af te toppen, zie het voorbeeld dat wordt besproken in paragraaf 2.3.2) ongecontroleerd het gebied instroomt. Maar dit is niet zeker, omdat een bresgroeioproef nooit met een echte dijk is uitgevoerd.

Als een zeer brede bres ontstaat van zeg 100 m of meer, dan is de vraag hoe deze af te sluiten voordat meer water instroomt dan nodig voor het aftoppen van de afvoergolf. Het in korte tijd afsluiten van een dergelijk grote opening wordt niet haalbaar geacht.

Wegens de onzekerheid over de bresbreedte en het feit dat de bres vrijwel niet valt te sluiten, wordt geconcludeerd dat een bres forceren geen optie is voor de inlaat van water in een noodoverloopgebied.

### Type 2: inlaatwerk met drempel op of nabij toetspeil

Te onderscheiden zijn een constructie met een *regelbare kruin* en een *overstroombaar dijktraject*. Figuur 9-1 geeft een schets van de dwarsdoorsnede van een overstroombare dijk.



Figuur 9-1 Principeschets van de dwarsdoorsnede van een overstroombare dijk.

Voor beide constructies geldt dat deze relatief eenvoudig zijn uit te voeren, maar een betrekkelijk grote dijk lengte vereisen (al snel 1 km of meer). Een kortere lengte is mogelijk, maar dan moet de drempel beneden het Toetspeil worden gelegd. Dit heeft als nadeel dat een groter debiet dan nodig wordt afgetopt en dat dus meer water dan nodig in het noodoverloopgebied komt.

Het overstroombare dijktraject heeft verder als nadeel dat een noodoverloopgebied niet inzetbaar is als de waterstand bij deze constructie lager is dan het Toetspeil. Er is dus geen flexibiliteit in de vorm van inzet van het noodoverloopgebied bij dreigend ander dijkfalen.

Het grootste bezwaar bij beide typen is de onzekerheid over het functioneren bij een bovenmatige afvoer. De veronderstelde 30 cm waterdiepte over de gehele lengte van de overlaat is een optimistische schatting. De werkelijke diepte kan mogelijk variëren tussen 0 en 50 cm. Berekeningen met een tweedimensionaal rekenmodel worden nadrukkelijk aanbevolen om te controleren of het gewenste maximale aftopdebiet realiseerbaar is.

Een ander punt betreft de onzekerheid ten aanzien van de sterkte van de bekledingen op de kruin en het binnentalud. Stroomsnelheden tot 10 m/s zijn niet uitgesloten. Uit onderzoek is gebleken dat een goede grasmatten in combinatie met een goede onderliggende kleilaag gedurende korte tijd (circa 2 uur) stroomsnelheden tot boven 5 m/s goed kan verdragen; en dat gedurende 24 uur en zelfs langer met zekerheid een stroomsnelheid tot 2,5 m/s kan worden weerstaan (Verheij, 2000). Op grond daarvan achten we het denkbaar dat ook hogere snelheden goed worden doorstaan. Er wordt opgemerkt dat vrijwel uitsluitend jonge grasmatten zijn onderzocht.

Als alternatief een asfaltbekleding aanbrengen kan, maar dit is landschappelijk niet fraai bij lengtes van 1 km of meer. In de figuur is een alternatief gegeven om aan dit bezwaar tegemoet te komen: een kleilaag op een asfaltlaag.

Samenvattend: een inlaatwerk met de kruin op of rond het toetspeil is geen reële optie, vanwege de grote benodigde lengte en de geringe flexibiliteit bij calamiteiten bij lagere afvoeren.

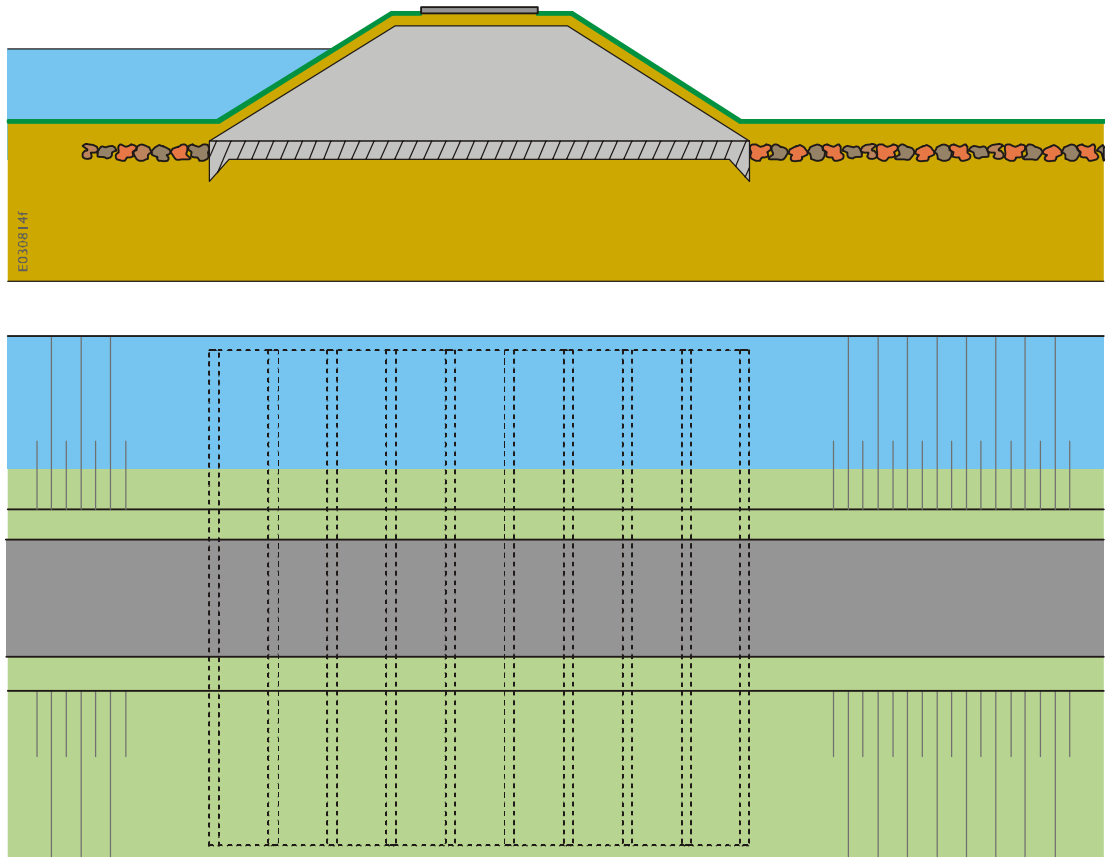
### **Type 3: inlaatwerk met drempel op niveau maaiveld**

Te onderscheiden zijn een *compact, gestuurd inlaatwerk* en een *verborgen, eenvoudig inlaatwerk*.

Een compact, gestuurd inlaatwerk bestaat uit een constructie met schuiven, waarmee ook op elk gewenst moment de inlaten (verschillende secties) kunnen worden afgesloten. Voordelen van dit type inlaatwerk zijn: relatief geringe breedte en de grote flexibiliteit wat betreft inzet (ook bruikbaar als uitlaat, mits op de juiste plaats gebouwd). Nadelen zijn de hoge kosten en de noodzaak de werking van de schuiven frequent (jaarlijks?) te controleren. Naar verwachting wordt tevens de zichtbaarheid van de constructie als nadeel ervaren.

Een verborgen, simpel inlaatwerk (Figuur 9-2) bestaat uit in de dijk ingebouwde doorstroomopeningen, die gevuld zijn met makkelijk erodeerbaar materiaal. Bij een

bovenmaatgevende afvoer wordt in de kruin van de dijk een initiële bres gegraven (of op andere wijze een bres gemaakt) waarna door de instroom de overlaat snel schoonspoelt.



Figuur 9-2 Schets van het principe van een verborgen overlaat met het niveau van de overlaat gelijk aan de hoogte van de teen van de dijk. Het bovenste plaatje geeft een dwarsdoorsnede van de dijk met daarin aangegeven een bodembescherming aan de polderzijde en rivierzijde van de inlaatconstructie. Het onderste plaatje geeft een bovenaanzicht van de dijk, waarbij de inlaatconstructie is opgedeeld in een aantal segmenten, welke onderling gescheiden zijn door een verticale wand.

Een verborgen overlaat heeft als voordeel dat bij gelijkblijvend maximaal debiet deze aanzienlijk compacter kan worden uitgevoerd dan een overstroombare dijk (afhankelijk van de hoogte van de drempel; uiterste geval zelfs gelijk aan de breedte van een inlaatwerk met schuiven). Door een indeling in secties ontstaat er een zekere flexibiliteit bij inzet van de inlaat door de 'actieve' breedte af te stemmen op de geschatte benodigde inlaatcapaciteit. De constructie is ook relatief goedkoop, in ieder geval goedkoper dan een schuivenconstructie.

Grootste probleem is het afsluiten als de bovenmaatgevende afvoer is gepasseerd. Voorgesteld wordt dit te realiseren door zogenaamde *geobags* (zakken met afmetingen van  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$  van geokunststof gevuld met zand) aan de rivierzijde in de opening te storten met behulp van een shovel. Een indicatieve berekening laat zien dat dergelijke zakken waarschijnlijk niet worden meegevoerd door de optredende stroomsnelheden. Helemaal uitgesloten is dat echter niet. Inbouwen van een rooster met voldoende grote openingen om minimale stroomweerstand te creëren maar voldoende klein om het doorlaten van *geobags* te voorkomen, moet de *geobags* dan tegenhouden. Binnen beperkte tijd kan naar verwachting dan een of meer inlaatsegmenten worden gesloten. Nader onderzoek hiernaar wordt aanbevolen. In Duitsland zijn met *geobags* positieve ervaringen opgedaan.

Alternatieven als het storten van betonblokken of de aanleg van een zogenaamde plofsluis lijken minder haalbaar. Betonblokken zijn weinig flexibel waardoor de inlaat misschien niet volledig wordt afgesloten. Een plofsluis is een dure constructie die naast de kruin van de dijk aan de rivierzijde zal moeten worden aangelegd.

Tenslotte twee opmerkingen die voor alle typen inlaten gelden:

1. De inzet van mensen is nodig om een inlaatwerk te laten functioneren als inlaat. Immers, er moet een bres worden gemaakt of de schuiven moeten worden getrokken (uitzondering is een overstroombaar dijktraject). Personele inzet is ook nodig om de inlaat tijdig te sluiten. Inzet van mensen houdt bij dreigende calamiteiten een risico in.
2. Alle typen inlaatwerken vereisen versterkte binnentaluds, woelbakken en een benedenstroomse bodembeschermingen. Dit aspect is niet onderscheidend voor de keuze tussen typen inlaatwerken, maar mogelijk wel in relatie tot de kosten als grote lengtes moeten worden beschermd.

## 9.4 Conclusies

De beknopte beoordeling van mogelijke opties om inundatie van een noodoverloopgebied te realiseren heeft geresulteerd in de volgende conclusies:

1. Er kan geen 100% zekerheid worden gegeven dat Toetspeilen niet worden overschreden, noch dat de dijken altijd voldoende sterk en stabiel zijn. Een doorbraak op een willekeurige locatie wordt dan ook mogelijk geacht.
2. Inundatie van een noodoverloopgebied op een gecontroleerde wijze verdient sterk de voorkeur boven een ongecontroleerde instroming door het aanbrengen van een bres. De huidige kennis biedt onvoldoende aanknopingspunten om de precieze afmetingen van de uiteindelijke bres te schatten. Het afsluiten van een grote bres is bij een sterke instroom vrijwel onmogelijk.
3. Een gecontroleerde inundatie kan het best worden gerealiseerd door middel van de zogenaamde verborgen inlaat. Deze is goedkoop, biedt de meeste flexibiliteit, is onzichtbaar en afsluiten van de inlaat lijkt op eenvoudige wijze en in korte tijd realiseerbaar.

### Referenties:

- TAW (1985): Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, Deel I – Bovenrivierengebied Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, september 1985
- TAW (1989): Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, Deel I – Benedenrivierengebied, TAW, 's-Gravenhage, september 1989
- Verheij, H.J. (2000): Erosiebestendigheid gras bij overstromend water. WL | Delft Hydraulics, notitie Q2610, Delft januari 2001.
- Verheij, H.J., F.Diermanse, T.van Eck, G.de Lange, J.Lindenberg, H.J.Simmelink en H.J.T. Weerts (2002): Invloed van aardbevingen op overstromingsrisico's. WL | Delft Hydraulics (in samenwerking met TNO-NITG, KNMI en GeoDelft), verslag Q3177, Delft, december 2002.

## 10 Ervaringen in het buitenland

### 10.1 Inleiding

Dit hoofdstuk is het resultaat van een beperkte zoektocht naar de verschillende vormen van hoogwaterbescherming langs rivieren in Europa en Noord-Amerika. Daarbij wordt speciaal ingegaan op systemen die direct of indirect vergelijkbaar zijn met de noodoverloopgebieden waar in Nederland aan gedacht wordt.

Achtereenvolgens worden in dit hoofdstuk recente ervaringen in het hoogwaterbeheer beschreven in een aantal Europese landen en de Verenigde Staten, met nadruk op één of enkele rivieren. Daarbij wordt in het bijzonder ingegaan op de acties die worden uitgevoerd in situaties die uitstijgen boven de situaties waarvoor de hoogwaterbescherming is ontworpen, de zogenaamde ontwerpomstandigheden.

In het onderstaande komen achtereenvolgens de ervaringen uit de volgende landen aan bod:

- Duitsland, in het bijzonder de overstroming van de Elbe in 2002;
- Zwitserland;
- België, in het bijzonder de overstroming van de Demer en het zogenaamde Sigmaphan;
- Frankrijk, in het bijzonder de hoogwaterbescherming langs de Loire;
- Italië, in het bijzonder de hoogwaterbescherming langs de Po;
- Polen, in het bijzonder de overstromingen van de Oder in 1997 en de Wisla (Vistula) in 2001;
- Hongarije, in het bijzonder het al bestaande systeem van noodoverloopgebieden; en
- De Verenigde Staten, speciaal de hoogwaterbescherming langs de benedenloop van de Mississippi.

Wereldwijd is er vanzelfsprekend veel méér ervaring met hoogwaterbeheer en ook met rampenbeheersing tijdens hoogwater. De korte doorlooptijd van de werkzaamheden verhinderde een verdere inventarisatie van ervaringen. Met de in dit hoofdstuk beschreven situaties hopen de opstellers echter een relevante doorsnede te bieden van hoogwaterbeschermingssystemen in diverse landen die direct of indirect aansluiten op het hoogwaterbeschermingssysteem in Nederland, waarvan dijken al eeuwenlang het centrale element zijn. Op zich ook zeer interessante voorbeelden als de hoogwaterbescherming langs de Jangtze in China (waarbij het Dong Ting meer en de aangrenzende gebieden van oudsher grote retentie- en noodoverloopgebieden vormen) en de hoogwaterbescherming in de delta van de Rode Rivier in Vietnam (waarbij de Dai Diversion in noodsituaties als groene rivier kan fungeren om Hanoi te beschermen) blijven dan ook buiten beschouwing.

Teksten die zijn opgesteld door anderen dan de vier auteurs van deze toelichting zijn ongewijzigd in dit hoofdstuk opgenomen, onder vermelding van de naam van de betrokken deskundige.

## 10.2 Ervaringen van betekenis voor de discussie in Nederland

Op basis van wat in dit hoofdstuk wordt gepresenteerd, komen we tot de volgende opsomming van ervaringen die van belang zijn voor de discussie in Nederland over noodoverloopgebieden.

1. De beschermingsniveau's tegen overstromingen vanuit hoofdrievieren in Nederland zijn in vergelijking met het buitenland hoog te noemen: riviertrajecten die qua orde van grootte in de buurt liggen van het 1/1250 niveau in Nederland zijn de benedenloop van de Mississippi (USA) en de Niederrhein (Duitsland), beide met 1/500 per jaar, en dichtbevolkte delen van Hongarije met 1/1000 per jaar.
2. De structurele maatregelen die Nederland in het recente verleden hanteerde voor het realiseren van het gekozen beschermingsniveau langs rivieren bestaan uitsluitend uit dijken. Inmiddels is daar met het beleid Ruimte voor de Rivier een verbreding in ontstaan, en worden ook andere typen maatregelen uitgevoerd c.q. overwogen: dijk-terugleggingen (recent voorbeeld: Bakenhof bij Arnhem); het verwijderen van obstakels (recent voorbeeld: spoorbrug Oosterbeek); uiterwaardverlaging (recent voorbeeld: Gamerse Waard), en in studie zijn thans ook groene rivieren, retentiebekkens, het verlagen van kribben, etc. In het buitenland zijn tal van voorbeelden te vinden waar andere typen maatregelen dan alleen de bouw van dijken in belangrijke mate bijdragen aan de gewenste hoogwaterbescherming. Voorbeelden zijn groene rivieren (Frankrijk, Mississippi), retentiebekkens (België, Duitsland, Hongarije, Italië, USA). Daarnaast worden er in het buitenland typen maatregelen toegepast die voor Nederland niet relevant zijn, zoals de bouw van stuwmeren in de bovenloop van vrijwel alle grote rivieren.
3. Voor wat betreft het hydraulisch functioneren is er geen wezenlijk verschil tussen retentiebekkens en noodoverloopgebieden. De ervaring in het buitenland met de inzet van retentiebekkens om op gecontroleerde wijze de piek van de hoogwatergolf af te scheren kan worden beschouwd als toets om te bezien of een noodoverloopgebied hydraulisch kan functioneren. Uit gevallen waarbij retentiebekkens en noodoverloopgebieden daadwerkelijk zijn ingezet blijken deze inderdaad het hydraulisch doel te bereiken.
4. Ervaringen in het buitenland bevestigen het beeld dat bovenstroomse overstromingen, of die nu ontstaan door de inzet van retentiebekkens, door de inzet van noodoverloopgebieden, door het bewust doorsteken van een dijk of door ongewilde dijkdoorbraken, benedenstrooms tot een verlaging van de piekafvoer en daarmee een verlaging van de hoogste waterstanden kunnen leiden. Voorwaarden zijn vanzelfsprekend dat bij de overstroming een significante hoeveelheid water aan de rivier wordt onttrokken, en dat de onttrekking ten tijde van de piek van de afvoergolf plaatsvindt.
5. Uit de inventarisatie van ervaringen in het buitenland blijkt dat alleen in Hongarije noodoverloopgebieden bestaan die direct vergelijkbaar zijn met de in Nederland voorgestelde noodoverloopgebieden. Immers, in Hongarije zijn noodoverloopgebieden

nadrukkelijk bedoeld voor bovenmaatgevende omstandigheden, en deze bestaan naast retentiebekkens als onderdeel van de structurele hoogwaterbescherming. Tot op heden zijn noodoverloopgebieden in Hongarije 14 keer in het kader van de rampenbeheersing ingezet.

6. Er is uit de inventarisatie van ervaringen in het buitenland niet een glashelder beeld ontstaan hoe men in het buitenland zal handelen als rivierafvoeren uitstijgen boven de capaciteit van de hoogwaterbescherming. Er zijn voorbeelden bekend waarbij de bij de rampenbeheersing betrokken autoriteiten hebben besloten om bewust dijken door te steken om grotere schade elders te voorkomen. De indruk bestaat dat dit steeds *ad-hoc* beslissingen zijn geweest (Polen, Duitsland, België).
7. Het vooraf goed regelen van een schadevergoeding bij het bewust inunderen van gebieden (retentie, groene rivieren, noodoverloop, maar ook bij bewuste dijkdoorbraak), blijkt van groot belang om moeilijkheden tijdens een hoogwater te voorkomen. Voorbeelden waar dit punt tot felle protesten van gedupeerden leidde zijn de Mississippi (bij het inzetten van een groene rivier in 1937) en Polen (bij het plan om een dijk langs de Oder door te steken in 1997).

### 10.3 Duitsland: Elbe

Het stroomgebied van de Elbe is met 150.000 km<sup>2</sup> in grootte vergelijkbaar met dat van de Rijn (185.000 km<sup>2</sup>). Eenderde van het stroomgebied ligt in Tsjechië, tweederde in Duitsland. De Elbe kan worden gekarakteriseerd als een regenrivier, met hogere afvoeren in het vroege voorjaar en lagere afvoeren in de zomer en het najaar. Bij de monding is de gemiddelde afvoer 880 m<sup>3</sup>/s (2.200 m<sup>3</sup>/s voor de Rijn bij Lobith).

In de bovenloop van zijrivieren in Tsjechië en Duitsland bevinden zich 24 stuwmuren met een gezamenlijk volume van 4 miljard m<sup>3</sup>. Deze stuwmuren worden veelal ook gebruikt voor het opwekken van waterkracht, en voor het opslaan van afvoerpieken is slechts een deel van de capaciteit beschikbaar, te weten 459 miljoen m<sup>3</sup>. Deze opslagcapaciteit is van groot belang voor afvoergolven met een herhalingsdijktijd van maximaal 50 jaar. Bij meer extreme gebeurtenissen, dus afvoersituaties met een kleinere kans van voorkomen, neemt het effect van de stuwmuren op benedenstroomse hoogwaterstanden duidelijk af: de stuwmuren zijn dan al vol vóórdat de piek in de afvoer optreedt.

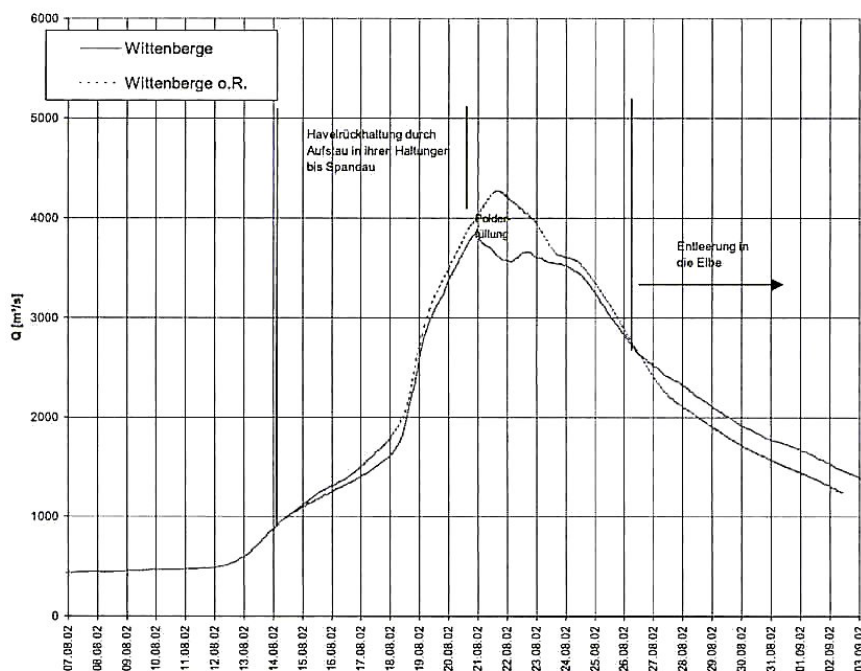
In Duitsland is de rivier overwegend bedijkt. De huidige dijktracés stammen uit de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw, maar de eerste dijken zijn reeds in de 12<sup>e</sup> eeuw aangelegd. Van het oorspronkelijk overstroombare gebied van ruim 6.000 km<sup>2</sup> resteert als gevolg van deze bedijkingen thans nog 14%, ofwel ruim 800 km<sup>2</sup> aan winterbed. Zolang dijken niet breken of overstromen (zoals in 2002) heeft bedijking vanzelfsprekend effecten op hoogwaterstanden. Bochtafsnijdingen voegden daar een verdere reductie in de afvlakking van afvoerpieken aan toe.

Ongekend zware, langdurige en uitgebreide regenval in Augustus 2002 veroorzaakte grootschalige overstromingen: in eerste instantie in Tsjechië, en daarna in Duitsland. De hoogst gemeten 24-uurs neerslag bedroeg 312 mm (Zinnwald-Georgenfeld in het

Ertsgebergte). In een groot gebied werd als maximum meer dan 100 mm neerslag in 24 uur vastgesteld.

Televisiebeelden van met name de overstromingen langs de Moldau (Praag) zullen de lezers nog op het netvlies staan. Op de Tsjechisch-Duitse grens bedroeg de piekafvoer ruim 5.000 m<sup>3</sup>/s. Op het 90 km lange traject vanaf dat punt tot Dresden is op 12 plaatsen een dijkdoorbraak ontstaan. Omdat grote hoeveelheden water door bressen de achterliggende poldergebieden instroomden, trad er een belangrijke reductie van de piekafvoer op de rivier op. Bovenstroomse dijkdoorbraken hadden benedenstrooms dus een afvoerverlagend effect. Met andere woorden: als bovenstrooms de dijken hoger of sterker zouden zijn geweest, was de omvang van de overstromingen langs de benedenloop naar verwachting aanzienlijk groter geweest. Ondanks deze dijkdoorbraken is ook de oude binnenstad van Dresden niet gespaard is gebleven. In Dresden was in 2002 de waterstand 0,6 m hoger dan de tot dan toe hoogst bekende waterstand, gemeten in 1845. Daarbij wordt opgemerkt dat de hoogwaterstand van 1845 als gevolg van ijtsdammen hoger was dan zonder ijtsdammen het geval zou zijn geweest.

In de benedenloop van de Elbe slaagde men er in om met het manipuleren van stuwen in de zijrivier Havel de afvoer richting Elbe gedurende de piek van de hoogwatergolf op de Elbe gedurende 60 uur te stoppen. Daarbij liepen de waterstanden in stuwpanden van de Havel op, maar kon voorkomen worden dat de waterstand op de Elbe ter plaatse en benedenstrooms met nog 10 cm zou stijgen. In aanvulling daarop is op 20 augustus een daartoe bestemd laaggelegen gebied bij de monding van de Havel (Niederung) gevuld met 75 miljoen m<sup>3</sup> water uit de Elbe. Het reduceerde benedenstroomse afvoeren met 650 m<sup>3</sup>/s (Figuur 10-1). Al met al is met dit bekken maar vooral door dijkdoorbraken in totaal 500 miljoen m<sup>3</sup> tijdelijk geborgen. Omdat deze hoeveelheid na het passeren van de piek weer is teruggestroomd naar de rivier is de afvoergolf verlengd en verlaagd ten opzichte van de situatie zonder doorbraken/retentie.



Figuur 10-1 Waterstandsverloop bij Wittenberge tijdens het hoogwater van 2002 met en zonder inzet van retentie: met het retentiebekken is met succes de top van de afvoergolf geschoren.

De totale schade die in Duitsland is ontstaan bij de overstroming van de Elbe in 2002 wordt geschat op € 25 miljard.

In een evaluatierapport van het Elbe hoogwater (BfG, 2002) stelt de Bundesanstalt für Gewässerkunde het volgende. “*Wie die Überlegungen zu Grösse und Wirkungen der durch Deichbrüche erzeugten Überflutungen sehr deutlich gemacht haben, wären Schäden zum Beispiel in Bitterfeld oder Magdeburg sehr erheblich geworden, hätte es die ungewollten Rückhaltungen nicht gegeben. Darüber hinaus wären die eingetretenen Überflutungsschäden reduzierbar gewesen wenn neben der Flutung der Havelniederung noch andere – gering schadenträchtige – Gebiete gezielt hätten geflutet werden können. Da die verbreitet geforderte ungesteuerte Flutung bisheriger Polder hinsichtlich der Hochwasserminderung nur sehr begrenzte Wirkung haben kann, ist im Sinne der Anlieger zu fordern, dass geeignete Polder ganz oder teilweise für gesteuerte Flutung vorgesehen werden.*” Dikgedrukte woorden zijn als in het Duitse rapport.

Met andere woorden:

1. bovenstrooms opgetreden overstromingen hebben benedenstroomse schade in belangrijke mate beperkt;
2. de totale overstromingsschade had verder kunnen worden beperkt als er mogelijkheden waren geweest voor een bewuste inundatie van relatief minder schadegevoelige gebieden; en
3. de BfG beveelt aan om mogelijkheden te scheppen voor het gecontroleerd laten overstromen van daarvoor geschikte polders.

Geraadpleegde bron:

BfG, 2002. Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet. Koblenz, September 2002.

## 10.4 Zwitserland

*Onderstaande beschrijving van het hoogwaterbeheer in Zwitserland is opgesteld door dr. Armin Petrascheck, Bundesamt für Wasser und Geologie, Zwitserland. De informatie in Bijlage B.1 en B.2 is opgesteld door deskundigen die goed bekend zijn met de beschreven projecten.*

### Flood emergency spill areas: introduction and overview

In the frame of the discussion on the implementation of emergency spill areas along the Rhine and the Meuse rivers the undersigned has been asked to submit a short report on the Swiss experience with emergency spill areas. The request was accompanied by 5 specific questions, which will be briefly answered below. Further details may be taken from the following sections, which give some examples and a description of the background considerations. First some remarks on the differences in floods between Switzerland and the Netherlands.

Floods on the Rhine and Meuse rivers in the Netherlands are characterised by large flood volumes and warning times, which enable actions in advance of the arrival of the flood peak. Floods in Switzerland are comparatively very dynamic: High flow velocities linked

with considerable sediment transport, high flood peaks and short warning times. These differences lead to different technical solutions. However the principle remains the same: water (and debris) exceeding the capacity of the river channel are diverted into areas with low damage potential. The difference to classical retention areas is that the frequency of such diversions is very low. Therefore these emergency spill areas can be economically used. The social effect is that landowners in these areas feel discriminated and oppose to such a solution, although it is beneficial for the society since the economic losses are considerably smaller compared to uncontrolled flooding. In Switzerland designation of emergency spill areas has never been done as sole measure. Treatment of residual risk is always one aspect of a flood protection project, which covers all aspects: ecological improvement and protection against normal floods. As a part of a complete concept it is much easier for the population concerned, to accept that different safety levels are assigned to different damage potentials.

The topography of Switzerland permits solutions as the flood relief channels, which have the advantage of less constraint by the available storage volume. Further, in flood relief channels the resulting flooding depths (or flow velocities) are not excessive and sometimes close to natural conditions, which facilitates to continue with present land use. Some storage solutions are under study at the Rhone and at the Rhine (upstream of the Lake of Constance), however, owing to the early planning stage they are not presented. The examples are only solutions, which have been either implemented or are in an advanced state of discussion with the population concerned.

The questions submitted by WL | Delft Hydraulics can be answered as follows:

1. *When and how are these areas used (expected frequency of use), with a description of recent use of those areas ?*

The areas have a substantially lower damage potential than the other endangered areas. This is a question on availability of alternatives and not of desirable standards. It may even include settlement areas, if this part of the village has a considerable lower damage potential. The frequency of emergency flooding is less than the protection objectives for the present type of land use. In most cases the activation of the emergency spill areas is planned for probabilities less than 1/100 per year, which is often used as standard for the design flood.
2. *How effective are they ?*

This is different for each project and depends on the damage potential of the endangered area and the available relief areas.
3. *Type of intake and outlet structures being applied*

Owing to the short warning time no manual operation is envisaged.
4. *What are the consequences for these areas in view of future development planning (land-use, housing, industries) once designated as emergency spill area ?*

Present land use may be maintained, but no substantial increase of damage potential should occur. This means certainly no industries and only exceptionally housing, if the necessary water-proofing measures have been applied. If possible, areas may be used for agriculture and as recreation areas.

5. *What kinds of compensations are being paid or indemnifications given to the land/house owners in those areas ?*

Compensations for individual landowners are negotiated. Decisive is the present situation and the general protection objectives for the present type of land use. If these objectives are maintained and/or the protection degree is improved there is no legal base for compensation payments, since present land use is not hampered. However, it may be wise to regulate indemnification in case of an event.

## **Swiss Experience with emergency spill areas**

### *Basic Considerations*

Two facts must be accepted when planning flood protection:

- *Any design discharge may be exceeded*  
In recent flood events in Europe as 2002 at the Elbe and in Austria; 2000 in the Aosta valley (Italy) and Valais (Switzerland); 1999 at the Danube in Bavaria and the Aare in Switzerland; 1997 at the Oder in Poland the design discharge was exceeded substantially. The discussion whether this is already the effect of climatic change or just a couple of incidents is interesting. But independently of the result, the fact remains: it did happen and it can happen anywhere again. Even if we could assign a correct probability of extreme discharges, we will not be able to tell if it will happen next year or in 10, 20 or 100 years. So we must face this possibility.
- *If overspill areas are not selected in advance, nature will choose a place, where flooding will most probably be much more harmful.*  
Uncontrolled overflow is worse than controlled, since it meets an unprepared society. Last minute decisions to divert water into low damage areas where population is not prepared fail, as the example of the Oder in 1997 shows. The basic conflict between the individual, wanting the same degree of protection as all the others, and the society which wants to minimise the overall damage cannot be solved under the pressure of the coming flood. Since it is within the basics of a risk based decision strategy that higher damage potential (more persons and goods) should have a higher protection level than low damage potential, the concept of flood relief areas must be communicated from the beginning.

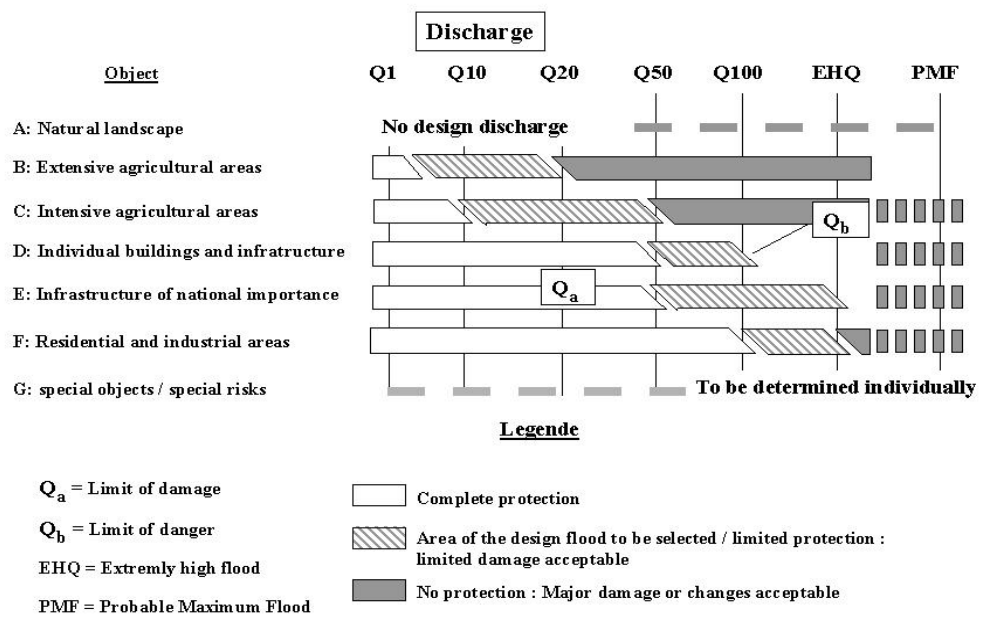
### *Swiss strategy for the residual risk*

As it is clear that a full protection against extreme events is not possible, protection objectives, as shown in Figuur 10-2, have been formulated. If the target degree of safety for the type of land use is achieved, the area is considered as protected. Floods higher than these design floods will cause damage. This is called the residual risk. This difference is important for the later discussion of indemnification. However, the differentiation does not mean that the residual risk should not be managed and minimised. Therefore, the Swiss guidelines for flood protection demand, that within each project the consequences of an event which is more severe than the design event, must be investigated. Without demonstrating what could happen and what could be done, the word “residual risk” remains empty.

Aim of this check with an extreme discharge therefore is:

- to test the sensitivity of the planned structures for higher discharges;
- to quantify the residual risk showing what could happen. This is then the basis for the discussion what damage should be avoided and what has to be accepted;
- to have a basis for emergency planning.

There is no probability assigned to this extreme event, since determination of such rare probabilities is very vague. An increase of the design discharge by 30 to 50% will normally exceed capacities of the river and lead to flooding. If the test shows that sensitive areas will be flooded (which is often the case since the narrowest points are close to settlements) possibilities to minimise damages will be studied. In any case an emergency plan must be developed. The minimum content of such an emergency plan is the organisation of the rescue of persons. It may also include emergency spill areas, which are often necessary, since the water must be placed somewhere. If the excess water is guided by some means to a certain area, it may be noted as emergency spill area, if nothing is done, it is a residual risk area. However, wording is not regulated, all areas may be regarded as residual risk areas, but at different levels.



Figuur 10-2 Protection objectives of the Canton Uri

It may be noted that emergency spill areas are always allocated in the context of a larger project, covering the range of frequent to rare floods and ecological improvement. The overall planning enables a better integration of all aspects, gives space for compensations and possibilities to distribute benefits and burdens within the global project, which raises acceptance.

### *Types of emergency spill areas*

Emergency spill areas can be storage areas or flood relief channels. The Swiss landscape allows in many cases relief channels, which have the advantage that the storage volume is not limited.

Generally there is little choice for the spill area, since the area must:

- be upstream of the area to be protected;
- be low enough to allow the spilling;
- pose no substantial risk to persons;
- have a comparative low damage potential;

and the area should:

- contain only few buildings;
- have protection objectives for the present land use fulfilled even if used as emergency spill area;
- not be more frequently or not more severely flooded than before.

Costs and impacts of any other solution with a higher protection level must be considerably higher. (Since protection works are at least partly paid by the canton and the community concerned, the argument of cost effectiveness has more value compared to complete federal government financing.)

A development is permitted in the emergency spill areas, but it should not exceed the average economic growth of the region. The probability of flooding in these areas remains very low, allowing to continue with the present land use. In most cases measures to reduce vulnerability would be necessary even without the project.

### *Types of deviation structures*

The deviation of the water – or sediment of mountain rivers – can be made by:

- specially designed overflow weirs (Example Reuss in Bijlage B.1 or Example Engelberger Aa in Bijlage B.2);
- different height of river embankments (Example Wallis in Bijlage B.3);
- special deviation structures (Example Pissot in Bijlage B.4).

So far no movable deviation structures have been implemented, since warning times are too short to guarantee a correct handling. A movable structure in relation to very rare floods is a bridge in Brig (Bijlage B.5), which is automatically raised, but the raising is necessary to remove an obstacle and does not serve to deviate water into a spill area. However such an automatic, which depends only on the water level, deliberates the responsible persons from the decisions. It may be interesting for areas where no evacuations are necessary or enough time is available.

### *Indemnification*

Any spill area - apart from special cases - is subject to natural flooding, otherwise the water must be guided there artificially. So even this area may benefit from the global protection concept. There is no obligation to compensate for unequal benefits. As long as the frequency

and depth of flooding remains within the general accepted protection objectives, claims should only be accepted, if the land owner suffered a real damage.

There are two types of damages:

**1. Flood damage in case of an event.**

Refund of damage may be necessary:

- If flooding is more frequent than before. This case is seldom, since these areas must be protected against frequent flooding, otherwise the storage volume would be used already during the frequent floods, leaving no more free volume for the designated use in case of a rare flood.
- If flooding is more severe (deeper) than before, even if the flooding is more rare.

In this context “before” means: compared to the existing safety level and not to natural conditions.

**2. Damage owing to restricted development.**

In the emergency spill areas the damage potential should not increase. Not every area has a development potential, which must be compensated.

**Agricultural areas** will always have considerable lower damage potential and flooding frequency will be low anyway. Constructions in agricultural areas need an exceptional permission. Therefore no restrictions are necessary and the landowner suffers no damage.

For **built up areas or construction zones**, it must be distinguished:

1. *Already built up areas and single existing structures*: If the impact is equal or less severe, the area will benefit compared to the existing situation. If the future flooding is more frequent or more severe, preventive measures on existing structures should be regarded as part of the project and financed by the project.
2. *Not yet built up areas*: If the area should be kept free, to allow free flow of water (flood relief channel), it can not longer be regarded as zone for construction. The rules of changing the zoning apply. If only single plots in a general built up area should be kept free from houses, compensation should be considered. If new buildings do not hamper the purpose of the emergency spill area (storage function), the construction permission can be given, but must include clear indications on the necessary protection measures to reduce vulnerability.

It may be noted that in most cases no direct obligation for compensation exists, since it is always tried to improve the situation. However, it is wise to be generous, since compensation costs must be set in relation to alternative project costs. In particular reimbursement of flood damages at an event should be regulated. These costs will be small, since the event will be rare per definition and the community will save by avoiding the flooding of the more vulnerable areas. Solidarity should work in both directions, from the individual which accepts a lower safety level and from the community which avoids larger damage.

### **Remarks concerning the annexes (Examples in Bijlage B):**

The annexes 3 to 5 (*Bijlage B.3, B.4 en B.5*) are mountain rivers, as such quite different from the situation in the Netherlands. However, owing to the violence of mountain river flows the risk in the emergency spill areas for persons outside buildings is not negligible. In the Annexes 1 and 2 (*Bijlagen B.1 en B.2*) the solutions are described more in detail. The

project of the Reuss in the canton Uri (*Bijlage B.1*) was the first in Switzerland where the concept of graduated risk based protection was implemented. The idea, to use the most important highway in Switzerland, the Gotthard-Autobahn, as flood relief channel, was revolutionary. It is a signal that everyone must accept some damage in case of an extreme flood. Up till now the highway was interrupted by traffic jams and accidents, but not yet by flood waters and the flood defence wall protects every day against noise.

## Conclusions

Everything depends on the communication:

- That nature and not men make extreme floods and we can not limit them.
- Such a flood will cause a regional or national disaster, if we do nothing.
- The probability that the emergency area will be used is very low.
- Even for the population in the emergency spill areas the situation will improve, since most probably they are the first to be met by uncontrolled flooding.
- If the emergency measures are embedded in a larger project it is easier to find benefits for everyone and to find acceptance of the few, which will benefit less.

Dr. Armin Petrascheck  
Ennetbaden, 20 August 2003

## 10.5 België: Demer en Sigmoplan

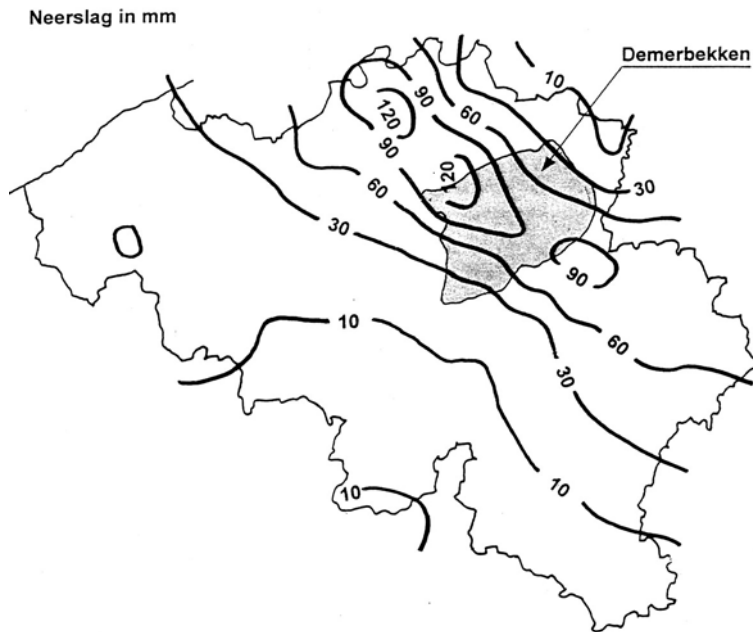
In België hanteert men de termen wachtbekken en GOG (gecontroleerd overstromingsgebied) voor wat in Nederland een retentiebekken zou worden genoemd.

In België bestaat een aantal wachtbekkens langs rivieren: een drietal langs de Demer, een zijrivier van de Dijle, en één te Vilvoorde langs de Woluwe, een zijrivier van de Zenne. Langs de Dijle stroomopwaarts van Leuven is een GOG in aanleg. Daarnaast zijn er GOG's aangelegd in het door getij beïnvloed gebied langs de Schelde.

Na de recente hoogwaters in België is de aandacht voor GOG's sterk toegenomen. In de studies en discussies over dat onderwerp wordt uitsluitend gesproken over retentiebekkens in (vrijwel) onbewoonde gebieden. Hieronder wordt ingegaan op de overstroming van de Demer in september 1998, en het zogenaamde Sigmoplan voor de hoogwaterbescherming langs de benedenloop van de Schelde in België.

### Demer

Medio september 1998 veroorzaakte zware regenval over delen van België en Nederland grootschalige overstromingen in het stroomgebied van de Demer. Gedurende drie weken, vanaf de laatste week van augustus, was reeds veel regen gevallen. Medio september had dit geleid tot een volledig verzadigde bodem in het stroomgebied van de Demer. Op 14 september kwam daar over een aanzienlijk gebied ruim 100 mm bij, en op 15 september vielen ook nog grote hoeveelheden. Zie Figuur 10-3.



Figuur 10-3 Neerslag over België in de periode 13 september 1998 8 uur tot 14 september 8 uur, met daarbij in grijze tint het stroomgebied van de Demer (bron: Koninklijk Meteorologisch Instituut)

De grote hoeveelheden neerslag die vielen op een met water verzadigde bodem brachten hoeveelheden water naar de Demer die ver uitstegen boven de afvoercapaciteit, en het gevolg was dat grootschalige overstromingen langs de rivier optraden.

Tijdens het hoogwater is een drietal bestaande retentiebekken ingezet met als doel om de piek van de afvoergolf af te scheren. Dit betreft de bekkens Schulenbroek (bijna 800 ha, geborgen volume 13 miljoen m<sup>3</sup>); Webbekomsbroek (160 ha, 4 miljoen m<sup>3</sup>) en Hoeleden (1 miljoen m<sup>3</sup>). De bekkens Schulenbroek en Hoeleden zijn eerder gebruikt in 1984. Inzet van deze wachtbekken heeft aantoonbaar geleid tot een reductie van de piekafvoer en daarmee tot een beperking van de hoogwaterstanden benedenstrooms. Desondanks kon aanzienlijke schade niet worden voorkomen.

Om nog grotere schade te voorkomen zijn aanvullend op vijf plaatsen in het gebied Aarschot – Diest de rivierdijken met inzet van graafmachines bewust doorgestoken. Het betrof plaatsen waar overstroming relatief weinig schade veroorzaakt.

### Sigmaplan

De stormvloed van 1953 bracht in Vlaanderen minder schade toe dan in Nederland. Dat lag anders op 3 januari 1976, toen een zware noordwesterstorm in combinatie met springtij het water in de Schelde zeer hoog opstuwde en er op meerdere plaatsen overstromingen optraden in het Zeescheldebekken. Op verscheidene plaatsen ontstonden bressen in de dijken, hetgeen honderden hectaren landbouwgrond en enkele woonkernen gedurende geruime tijd onder water zetten. Deze ramp vormde de aanleiding tot het opstellen van het zogenaamde Sigmaplan (met de S van Schelde, naar analogie met het Deltaplan in Nederland), gericht op de bescherming tegen stormvloed van de Noordzee.

Het Sigmaplan is gericht op het bieden van een beschermingsniveau tegen overstromingen van 1/10.000 per jaar. Net als in Nederland wordt dit beschermingsniveau uitgedrukt als de kans op het voorkomen van een bepaalde waterstand. Het plan kent drie hoofdelementen: (1) de aanleg / verhoging van 512 km aan dijken, (2) de bouw van 13 GOG's, waarvan er inmiddels 12 zijn aangelegd en (3) de bouw van een stormvloedkering te Oosterweel, juist stroomafwaarts van Antwerpen (nog niet uitgevoerd).

De GOG's kunnen in tijd van nood een deel van het overtollige water uit de rivier bergen. De totale oppervlakte bedraagt 1.133 hectare. Het gaat daarbij steeds om onbewoonde gebieden, waaromheen een ringdijk is aangelegd indien de hoogteligging van het terrein dat nodig maakt. De inlaat vindt plaats met overstroombare dijken. Na inzet worden deze bekkens geleegd met het openen van uitlaatwerken.

#### Bronnen

Heylen, J. (1998). The September 1998 flood in the river Demer basin. Ministry of the Community of Flanders, Environment and Infrastructure Department, Waterways and Marine administration, Hydrological Research Division, Brussels.

Sigmaplan: [www.resource.be/sigmaplan.be](http://www.resource.be/sigmaplan.be)

## 10.6 Frankrijk: Loire

*Onderstaande tekst is een samenvatting van een door dr. Camp'huis opgestelde bijdrage, die integraal is opgenomen in bijlage A.*

Langs de Midden-Loire bevinden zich vele inlaatwerken in de dijken, die erin voorzien dat water gecontroleerd over de dijken kan stromen. Doel hiervan is te voorkomen dat de dijken falen en er een bres ontstaat. Het water kan via overlaten het door dijken beschermde deel van de Loire-vallei instromen en komt verder benedenstrooms weer terug in de rivier. De benedenstroomse zijde van deze noodoverloopgebieden is geheel open opdat de waterstanden in het overloopgebied niet te hoog worden.

### Eerst enige historie

De bedijkingsgeschiedenis van de Loire gaat terug tot de 11<sup>e</sup> eeuw. Met het geleidelijk bereiken van een hoogte van zo'n 3 à 4 meter werden dijkdoorbraken tot rampen door de opgejaagde waterdiepten en de hoge stroomsnelheden die bij een dijkdoorbraak optraden. Ieder rampzalig hoogwater leidde weer tot een debat over dijkverhoging versus het bieden van ruimte aan de rivier. En vele overlaten kennen een geschiedenis van sluiten, weer openen, weer sluiten, etc.. De laatste drie hoogwaters (1846, 1856 en 1866) veroorzaakten elk het ontstaan van 166 bressen in de 600 km rivierdijk langs de Midden-Loire. Na 20 jaar debat en onderzoek werd vastgesteld dat het bergen van het water in de bovenloop fysiek onmogelijk was en kwam men tot het instellen van 5 overloopgebieden uit een totaal van 19 die in het onderzoek waren betrokken (NB: dit speelde eind 19<sup>e</sup> eeuw).

### En iets over het gebied

Door de bedijking zijn 33 zogenaamde 'vals' ontstaan (vergelijkbaar met dijkringen, maar aan de benedenstroomse zijde open en met aan één kant een dijk en aan de andere de

natuurlijke dalgrens), waarmee 100 km<sup>2</sup> riviervallei aan ruimte voor de rivier is onttrokken. Geen enkele van deze 'vals' is onbewoond. Hoogwaters met een kans van 1/50 per jaar treffen ongeveer 25.000 mensen en kunnen € 500 miljoen schade veroorzaken. Een hoogwater met een kans van 1/500 per jaar raakt 120.000 mensen en kan € 3 miljard schade veroorzaken. Mochten dijken bezwijken dan ontstaat € 6 miljard schade.

De hoogwaters op de Loire zijn door de fysiografie van het achterland nogal plotseling en kort van duur (5-8 dagen). Daarbij stroomt zo'n 1,5 tot 2 miljard m<sup>3</sup> af, hetgeen niet tussen de dijken kan worden gehouden. Waar men dat probeert loopt de waterstand zeer snel op met alle gevaren vandien. De 'vals' voeren in de praktijk enkele miljoenen m<sup>3</sup> af in enkele dagen, waarbij waterstanden van meer dan 2 m worden bereikt.

### Overloopgebieden, maar niet allemaal identiek

Er zijn langs de Loire 3 typen afleiding/overloopgebied:

1. voor frequente hoogwaters (1/5 – 1/10 per jaar) gewoonlijk in agrarisch gebied (*vergelijkbaar met de Nederlandse zomerpolders*);
2. voor hoogwaters met een kans van 1/50 – 1/100 per jaar rond steden, vooral waar een historische brug een hydraulisch obstakel vormt (Gien, Beuagency, Blois) (*vergelijkbaar met groene rivieren bij stedelijke knelpunten*); en
3. voor extreme hoogwaters (minder vaak dan 1/100 per jaar) met een aarden plug/zekering om voldoende inlaatcapaciteit te garanderen (*vergelijkbaar met noodoverloop*).

### Werking en doel

Doordat de drie typen afleiding bij verschillende afvoeren gaan werken, hebben ze ook verschillende gevolgen. Alle zijn ze echter vooral bedoeld om te voorkomen dat de waterstand zó hoog dan wel zó snel stijgt dat het over de dijken loopt, omdat dan dijkbreuk kan optreden op een niet van te voren bekende plaats en de loop der gebeurtenissen onbeheersbaar wordt.

Modelonderzoek heeft uitgewezen dat de afleidingen van genoemd type 1 de Loire toestaan over een veel grotere breedte af te stromen, waardoor de waterstanden worden verlaagd. Er is daarbij geen sprake van berging, maar alleen van vergrote afvoercapaciteit, met een afvoer van zo'n 1.000 - 1.500 m<sup>3</sup>/s door de 'vals' (zomerpolders).

Via de groene rivieren bij de stedelijke knelpunten (type 2) kan zo'n 500 – 1.000 m<sup>3</sup>/s stromen, waarbij waterstanden van 2 m en meer in de 'vals' worden bereikt. Het water stroomt snel en er is nauwelijks sprake van topvervlakking.

De noodoverloopgebieden zijn voorzien van een aarden plug/zekering teneinde de inlaat van water zo lang mogelijk uit te stellen en aldus de bergingscapaciteit zolang mogelijk in stand te houden. Dit wordt nodig geacht om de feitelijke top van een afvoergolf te kunnen opvangen, hetgeen onmogelijk wordt bij te vroege vulling. De plug/zekering houdt het water tegen, ook als het er al tegenaan staat. Pas als de overlaat overloopt, wordt door erosie de plug/zekering binnen een uur volledig weggespoeld en kan het water met zeer grote

hoeveelheden tegelijk ( $500 - 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) het gebied instromen, waarbij het waterpeil op de rivier enkele decimeters daalt.

### **Waar en hoe dit hoogwaterbeheersingssysteem nog te verbeteren?**

Langs de Loire wonen nog duizenden mensen in een viertal gesloten dijkkringen, zodat een dijkbreuk niet valt uit te sluiten. De overhoud acht dit een gevaarlijke situatie en daarom wordt de aanleg van drie nieuwe noodoverloopgebieden overwogen. Ook wordt onderzocht hoe de werking van de bestaande overlaten/overloopgebieden nog kan worden verbeterd, onder meer waar de 19<sup>e</sup> eeuwse overlaten een te grote lengte hebben en het water te snel binnenlaten.

In enkele gevallen zijn de overloopgebieden dermate langgerekt dat er toch gevaar bestaat dat dijken het begeven, omdat er grote waterstandsverschillen tussen binnen- en buitendijks kunnen ontstaan. Ook voor die situatie wordt naar verbeteringen gezocht, waarbij wordt vermeld dat de 19<sup>e</sup> eeuwse ingenieurs dit reeds hadden voorzien en hebben voorgesteld daar tot compartimentering over te gaan (twee noodoverloopgebieden na elkaar).

Bij alle oplossingen die in beschouwing worden genomen wordt gestreefd naar het beperken van de waterdiepte tot maximaal 2 à 3 m, omdat méér als ondraaglijk voor de inwoners wordt beoordeeld, en er wordt afgezien van nieuwe dijken en werken die zelden zullen functioneren, omdat de inwoners daarvan de *raison d'être* zullen vergeten.

### **De inwoners en het functioneren van noodoverloop**

Uit een drietal enquêtes is gebleken dat de inwoners van het gebied zich nauwelijks bewust zijn van het functioneren van de noodoverloop noch van het nut ervan. Velen beschouwen het als een onnodige overstroming die hen treft, ten gunste van de meer verstedelijkte 'vals' benedenstrooms.

Iedereen die in Frankrijk door een overstroming wordt getroffen die officieel wordt erkend als '*catastrophe naturelle*' heeft recht op vergoeding van alleen de materiële schade. Deze schade wordt door experts vastgesteld, door verzekeraars uitgekeerd, en is herverzekerd door de staat. Er wordt thans geen enkel onderscheid gemaakt tussen hen die wonen in een overloopgebied en anderen.

Een nieuwe 'Risicowet' (30 juli 2003) voorziet in schadevergoeding aan hen die woonachtig zijn in een nieuw aan te wijzen retentie-, c.q. noodoverloopgebied (zie bijlage A).

## **10.7 Italië: Po**

*Onderstaande beschrijving van het hoogwaterbeheer in Italië is opgesteld door dr. Paulo Reggiani, hydroloog bij WL | Delft Hydraulics.*

### **Flood protection in Italy.**

Major Italian rivers, particularly in the north and the centre of the country, flow in their lower part through plains and drain the territory towards the Mediterranean basin. The two

longest rivers in Italy are the Po (652 km, 75.000 km<sup>2</sup> basin) and the Adige (410 km, 12.000 km<sup>2</sup> basin) followed by the Tiber (405 km, 17.374 km<sup>2</sup> basin), the Arno (241 km, 8.228 km<sup>2</sup> basin) and other smaller rivers. Most of the rivers originate either in the Italian Alps or in the Apennine mountains.

The two principal rivers, the Po and the Adige, flow for a significant portion of their total length suspended above the surrounding land, in a regulated river bed. The rivers carry a high sediment load attributable to soil erosion in the source basin. The sediment is either deposited in the lower reaches of the river or is transported all the way to the sea. Along their course these rivers are confined by levees, that in some cases have been erected several centuries ago. For exceptional runoff events, protection measures in the form of floodplain storage basins have been set up.

### **Flood protection measures**

Several rivers in Italy are protected by levees, that were erected some centuries ago and have been improved in various construction phases. Mostly these regulation works have been carried out in the context of drainage and land amelioration activities. The flood protections consist of providing expansion and storage zones, commonly enclosed between levees, which give the river room for expansion. These areas constitute wetlands and natural habitats along the river course. Alternatively, they host agricultural activities such as fields or wood (poplar) plantations for pulp production.

Especially the floodplains along the Po river have developed into habitats, for a rich flora and fauna, and have acquired remarkable recreational value. Some floodplains in the lower part of the river Po have been classified as natural parks and/or nature reserves.

The floodplains constitute a large part of the cross section of the river. On Italian Rivers, commonly two design types for the cross sections are encountered: a) the traditional cross sections and b) the typical “Po-type” cross section. As a third solution for flood management c) storage basins are used. These three solutions are described below.

### **Traditional river cross sections**

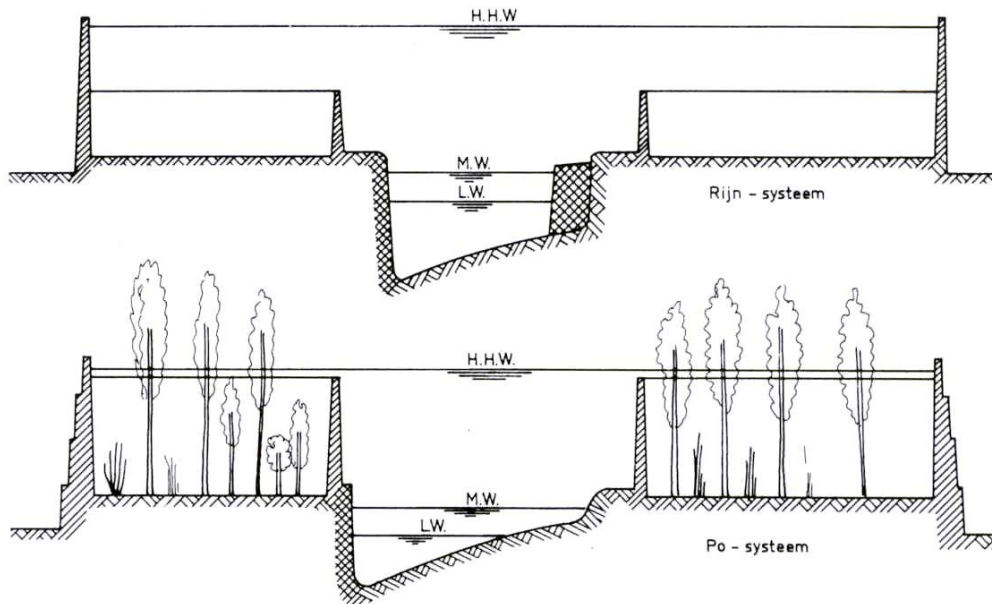
The most common way of allowing the river to expand during an exceptional event is through a double cross section, with a deep main river course and an wider cross section, that is flooded when the water level in the main channel exceeds the depth of the main channel.

This type of cross section is also found along the Dutch rivers. The floodplain is confined externally by two levees, that enclose it towards the surrounding land. During dry periods the floodplains are either used for agricultural purposes, including tree plantations, or host wetlands and/or nature reserves.

### **Po-type cross sections**

The so called Po-type cross section refers to a special form of double cross section, to be found exclusively along the river Po. The cross section consists of a main levee and a secondary levee close to the principal channel. The area between the main and the secondary

levee includes a floodplain. During dry periods the plains are used for agricultural purposes, and in some cases for tree plantations. The secondary (internal) levees are designed to be overtopped during floods with a return period of about 10 years (Figuur 10-4).



Figuur 10-4 Typical cross section of the river Po and for comparison also the river Rhine.

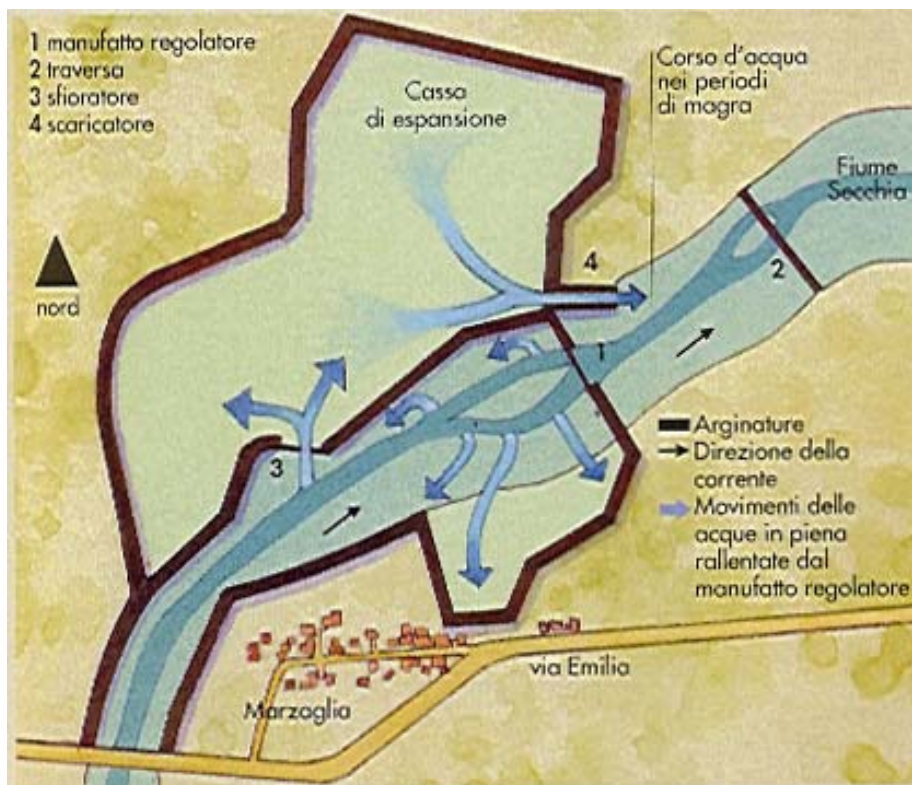
In many cases the floodplains, enclosed between the main and the secondary levee host wetlands. Stagnant waters and water infiltrating from the main river channel feeds small ponds, that host a rich flora and bird fauna. These areas are often marked as recreational zones with particular ecological value giving way to a series of recreational activities.

### Storage basins (“*casse d’espansione*”)

Another frequently used flood protection measure consists of particular uninhabited areas or former gravel or sand mining pits, that have been designated as storage basins (in Italian ‘expansion boxes’). During exceptional runoff events water can be diverted towards these basins reducing the flood peak further downstream.

These basins are either defined by local topography or are confined by a levee. The expansion basin is separated from the main river bed by a levee. During an exceptional event water is diverted into the basin by means of an artificial spillway. In the case that the water level in the river reaches a threshold, the spillway is overtopped and the expansion basin flooded, leading to a reduction of the flood peak. It is clear that such a basin can only absorb a limited volume of water and may prove insufficient as protection from exceptional events with a low frequency of exceedance. During dry times the basins are used either for agricultural purposes or form natural ecosystems.

A schematic view showing such a storage basin, with an inlet spillway, and a bottom release structure, is depicted in Figuur 10-5. once the flood peak is over, part of the water is released in a controlled fashion through an outlet. Part of the water can be detained, leading to the formation of a wetland and ecologically valuable areas.



Figuur 10-5 Schematic view of an expansion basin for the Secchia (tributary of the river Po).

### Habitation of floodplains

It is important to note that floodplains in many Italian rivers harbour houses or other premises. The reason is that the land in the floodplains has in the past been sold by the public administration at low cost and some people accepted the economic advantage in exchange of exposure to risk from flooding. In some cases houses have been standing in flood prone areas over some centuries and are thus still used for historical reasons, as they have survived past flooding events. The people living in these areas are commonly aware of the risk and do not expect to be protected by the government beyond common evacuation measures. The population living on the land side of the main levees, in the plains, expect that the main levees offer full protection from flooding. Figuur 10-6 shows a situation of an inhabited floodplain.



Figuur 10-6 Main levee along the river Po, in the vicinity of the town of Agoiolo, with a house in the floodplain. Agricultural activities such as fields and young plantation trees are also visible.

### Levee cutting

Extreme runoff events may require the cutting of levees at critical locations, in order to reduce the peak discharge. The cutting is performed at particular points that have been identified as most suitable through experience. These locations are known to the civil protection agencies and to the local communities that are potentially affected by the removal of the levee.

In the particular case of the river Po, a technical committee, the AIPO (Interregional Agency of the river Po), takes the decision, if, when and where such interventions have to be made. This technical body also has knowledge of the operational rules of weirs, hydro-electricity plants, including alpine dams and lake outlets, that can impact the flow regime in the river. All decisions of technical and hydraulic nature are in the responsibility of AIPO. AIPO is supra-regional and includes representatives of all regions whose territory is crossed by the river. Once decisions that require evacuation or could imply danger for the citizens are taken, they are communicated to the civil protection agency that must act in case of evacuation and rescue. The civil protection agency is exclusively responsible for the protection and rescue of the citizens.

### Civil protection

The civil protection has a central office in Rome and regional or provincial branches spread over the country. The local branches are acquainted with particular and potential threats to the citizens in their area of action and are supposed to know how to intervene in case a natural disaster, including a flood, strikes. They are responsible for evacuating people, rescuing them from dangerous situations and providing food and shelter should their houses be no longer habitable. For the particular situation of floods, the civil protection agencies are trained on the spot for a series of possible scenarios.

## Damage compensation

Once damage has occurred, the area affected by damage is identified and declared as a calamity zone by the mayor or competent local authority to the central government. Subsequently financial aid is provided by the central government. This aid constitutes a base funding, that is mainly directed at fixing most urgent damage, such as the road and communication network, public infrastructure and guarantees some compensation for farmers and individuals in the case of total loss. This aid can (and is in most cases) integrated with financial aid supplied by the regional and/or provincial governments. This aid obviously depends on the specific economic strength of a particular region and its capability to aid the citizens. A rich, prosperous area has obviously better capability of integrating central national aid, than a relatively poor and economically depressed region. Finally, financial aid from donations and fund raising actions at a national level can help to compensate damage from a natural catastrophe.

As a common rule, the financial aid of national and local governments are supplied in a distributed manner, and compensation payments are carried out in instalments that can stretch out over several years. Thus, most urgent interventions are carried out immediately, while less important actions are taken at a later stage.

### Sources of information:

Dr. Claudio Grassia, Assessorate for public works, Province of Rovigo

Ing. Vergnani, AIPO, via Garibaldi 75, Parma

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

[www.parcogolenadelpo.it](http://www.parcogolenadelpo.it)

[www.parcodeltapo.it](http://www.parcodeltapo.it)

## 10.8 Polen: Wisla en Oder

In het stroomgebied van de twee grote rivieren in Polen, de Wisla (Vistula) en de Oder, hebben in het recente verleden omvangrijke overstromingen plaatsgevonden.

In Juli 1997 veroorzaakte extreme neerslag in het stroomgebied van de Oder afvoeren die (ver) uitstegen boven de afvoer waarop het beschermingssysteem is berekend. Om een indruk te geven van de ramp: 1400 steden en dorpen (totaal 50 duizend woningen) zijn ondergelopen, ruim 160 duizend mensen zijn geëvacueerd, en er vielen 54 dodelijke slachtoffers. Het totale overstroomde oppervlak bedroeg globaal een half miljoen hectares. Over een lengte van ruim 300 km zijn dijken beschadigd, waarbij op tal van plaatsen doorbraken zijn ontstaan. De totale schade wordt geschat op € 3 miljard. Deze gebeurtenis vormde de meest ingrijpende overstromingsramp van de Oder in de 20<sup>e</sup> eeuw.

In Juli 2001 trad de Wisla (Vistula) over grote lengte buiten haar oevers. Net als bij de overstroming van de Oder in 1997 traden grootschalige overstromingen op van door dijken beschermde gebieden: het beschermingssysteem van de Wisla bleek niet berekend op de optredende extreme afvoer.

Het hoogwaterbeschermingssysteem in Polen bestaat primair uit bovenstrooms gelegen stuwmeren met retentiefunctie in combinatie met dijken langs de midden- en benedenloop

van de rivieren. In veel gevallen is het opwekken van elektriciteit een neven doel van deze stuwmeren, met gevolg dat slechts een deel van het reservoirvolume kan worden gebruikt voor het opvangen van afvoerpieken. Het beschermingsniveau is in Polen aanzienlijk lager dan langs de hoofd rivieren in Nederland: globaal 1/100 per jaar, waarbij steden over het algemeen een hoger beschermingsniveau hebben dan rurale gebieden.

Tijdens de overstromingsramp van de Oder in 1997 werkten de crisiscentra niet optimaal en was er, behalve van een slechte staat van onderhoud van dijken, sprake van gebrekkige voorbereiding en coördinatie. Donosy Liberal Digest meldt dat lokale bewoners het doorsteken van dijken bovenstrooms van Wroclaw (700.000 inwoners) verhinderden, mede omdat toezeggingen over het vergoeden van overstromingsschade niet werden geloofd. Deze *ad-hoc* noodmaatregel was bedoeld om Wroclaw voor overstroming te behoeden.

Op 1 augustus 2001 blies het Poolse leger een bres in een dijk nabij Braciejowice, 140 km ten zuidoosten van Warschau, met als doel om met een bewuste overstroming van het achterliggende rurale gebied de hoogwatergolf op de rivier richting de hoofdstad te verlagen.

Door differentiatie in het beschermingsniveau langs de Poolse rivieren zijn dichtbevolkte gebieden relatief beter beschermd dan minder drukbevolkte gebieden. In het Poolse rampenbeheer tijdens hoogwater blijkt - in aanvulling op deze structurele maatregelen - het bewust doorsteken van dijken te worden toegepast met als doel om dichter bevolkte gebieden te beschermen. De wet- en regelgeving bleek onvoldoende om deze maatregel in voorkomende gevallen ook steeds daadwerkelijk te kunnen toepassen. Van een systeem van noodoverloopgebieden zoals die voor de Nederlandse situatie zijn voorgesteld is in Polen geen sprake.

Geraadpleegde bronnen:

Donosy Liberal Digest ([www.info.fuw.edu.pl/donosy-english/970718.html](http://www.info.fuw.edu.pl/donosy-english/970718.html)) 17 juli 1997.

Jaskula-Joustra, A. (2001). Overstroming van de Oder in 1997. Drie artikelen in H20, 2001, resp. nummers 16, 17 en 18.

## 10.9 Hongarije

Ongeveer de helft van Hongarije is potentieel overstroombaar vanuit de Donau en haar zijrivieren en bij intensieve regenval en sneeuwsmelt. Een oppervlak van ruim 20 duizend km<sup>2</sup> wordt beschermd tegen overstroming vanuit rivieren door in totaal ruim 4.200 km aan dijken, waarmee in totaal 151 polders zijn gevormd. In deze polders wonen 2,5 miljoen mensen. Binnen polders zijn compartimenten gevormd met dijken en verhoogd liggende (spoor-)wegen. In de bovenloop van de rivieren bevinden zich stuwmeren die mede als doel hebben om hoogwaterpieken op te vangen / af te vlakken.

Het beschermingsniveau tegen overstromingen varieert in Hongarije tussen de 1/100 voor dunbevolkte gebieden en 1/1000 per jaar voor dichtbevolkte gebieden. Recentelijk zijn deze beschermingsniveaus geëvalueerd en in grote lijnen akkoord bevonden. Wel is vastgesteld dat een aanzienlijk deel van de dijken versterking behoeft om de gewenste bescherming ook daadwerkelijk te kunnen bieden.

De rampenbeheersing tijdens extreme situaties wordt in Hongarije mede mogelijk gemaakt door 11 bestaande noodoverloopgebieden (zie Figuur 10-7). In deze gebieden kan in totaal 300 - 360 miljoen m<sup>3</sup> water worden geborgen. In de periode 1966 - 1997 is het 14 keer voorgekomen dat een noodoverloopgebied daadwerkelijk is gebruikt. Deze inzet bleek effectief: benedenstroomse waterstanden werden significant verlaagd.



Figuur 10-7 Locatie en naam van bestaande noodoverloopgebieden in Hongarije

In Hongarije wordt net als in Nederland onderscheid gemaakt tussen retentiebekkens (*normal flood reservoirs*) en noodoverloopgebieden (*emergency storage*). Retentiebekkens (stuwmeren) vormen een onderdeel van de structurele hoogwaterbescherming en worden dan ook ingezet voordat maatgevende omstandigheden worden bereikt. Noodoverloopgebieden worden ingezet wanneer de omstandigheden uitstijgen boven (erger zijn dan) de maatgevende omstandigheden, en worden per definitie dan ook minder frequent gebruikt dan retentiebekkens c.q. stuwmeren.

Noodoverloopgebieden worden daadwerkelijk ingezet om de piek van de afvoergolf af te scheren, met andere woorden: als de waterstanden de maatgevende waterstanden (de waterstand die de maat geeft aan de dijken) dreigen te overschrijden. Dit kan voorkomen (1) als de afvoer groter is dan de maatgevende afvoer, (2) als ijssdammen optreden, (3) als gevreesd wordt voor de stabiliteit van dijken, of (4) om bij een dijkdoorbraak benedenstrooms de schade die daarbij ontstaat te beperken. Het doel is om met de inzet van deze gebieden grote schade op andere locaties te voorkomen. Het vullen en ledigen van deze gebieden geschiedt ofwel met het maken van een bres (graafmachine of explosieven) ofwel via een sluis.

Bij het vaststellen van ontwerpcriteria voor noodoverloopgebieden wordt in Hongarije uitsluitend rekening gehouden met bovenmaatgevende afvoeren. Andere mogelijke redenen voor de daadwerkelijke inzet van deze gebieden (zie boven: ijssdammen, instabiele dijkvakken, etc.) spelen in de kosten-baten analyse die ten grondslag ligt aan het ontwerp geen rol.

Bij de aanwijzing van noodoverloopgebieden worden de betreffende gronden niet aangekocht. In bestemmingsplannen is het mogelijk gebruik van deze gebieden voor waterberging vastgelegd, met daarbij beperkingen op toekomstig grondgebruik. Een voorbeeld van dergelijke beperkingen is een verbod op nieuwe bouwactiviteiten. De schade die ontstaat bij daadwerkelijk gebruik wordt door de staat vergoed.

De planvorming voor verdere verbetering van de rampenbeheersing wijst in de richting van het vasthouden / opslaan van water waar mogelijk, ten gunste van het vergroten van de afvoercapaciteit door het verhogen van dijken of het verruimen van de rivier. Dit is mede omdat is vastgesteld dat de huidige beschermingsniveau's een goede balans vormen tussen benodigde investeringen en de omvang van overstromingsschade. In het zogenaamde Vásárhelyi Plan werden in eerste instantie 14 aanvullende noodoverloopgebieden voorgesteld. In het publieke debat dat volgde vatte men dit plan in brede kring op als 'vaststaand', met als gevolg zware oppositie. Dit plan is daarom teruggetrokken en thans wordt opnieuw een publiek debat gevoerd, ditmaal op basis van een ruimere zoekruimte, waarbij 30 locaties worden beschouwd met in totaal een bergend vermogen van 1500 miljoen m<sup>3</sup>.

#### Geraadpleegde bronnen:

- Vituki Plc.(1998). Water management in Hungary at the turn of the Millenium. Ministry of Transport, Communication and Water Management, National Water Authority, Water Resources Research Centre Vituki Plc. Budapest, 1998.
- Szlavik, L. (1999). Emergency flood storage in Hungary. Published in the proceedings of the seminar on flood prevention and protection. Berlin, Germany, 7-8 October 1999.
- Szlavik, L. (2000). Emergency flood reservoirs in the Tisza Basin. Published in J. Marsalek et al. (eds.), Flood Issues in Contemporary Water Management, pages 375-384. Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Halcrow, Vituki Consult and partners (1999). Feasibility study on flood control development in Hungary. Budapest, November 1999.

## 10.10 Verenigde Staten van Amerika: Mississippi River

Het stroomgebied van de Mississippi beslaat met ruim 3 miljoen km<sup>2</sup> bijna de helft van het landoppervlak van de Verenigde Staten. Dat is globaal 15 keer groter dan het stroomgebied van de Rijn.

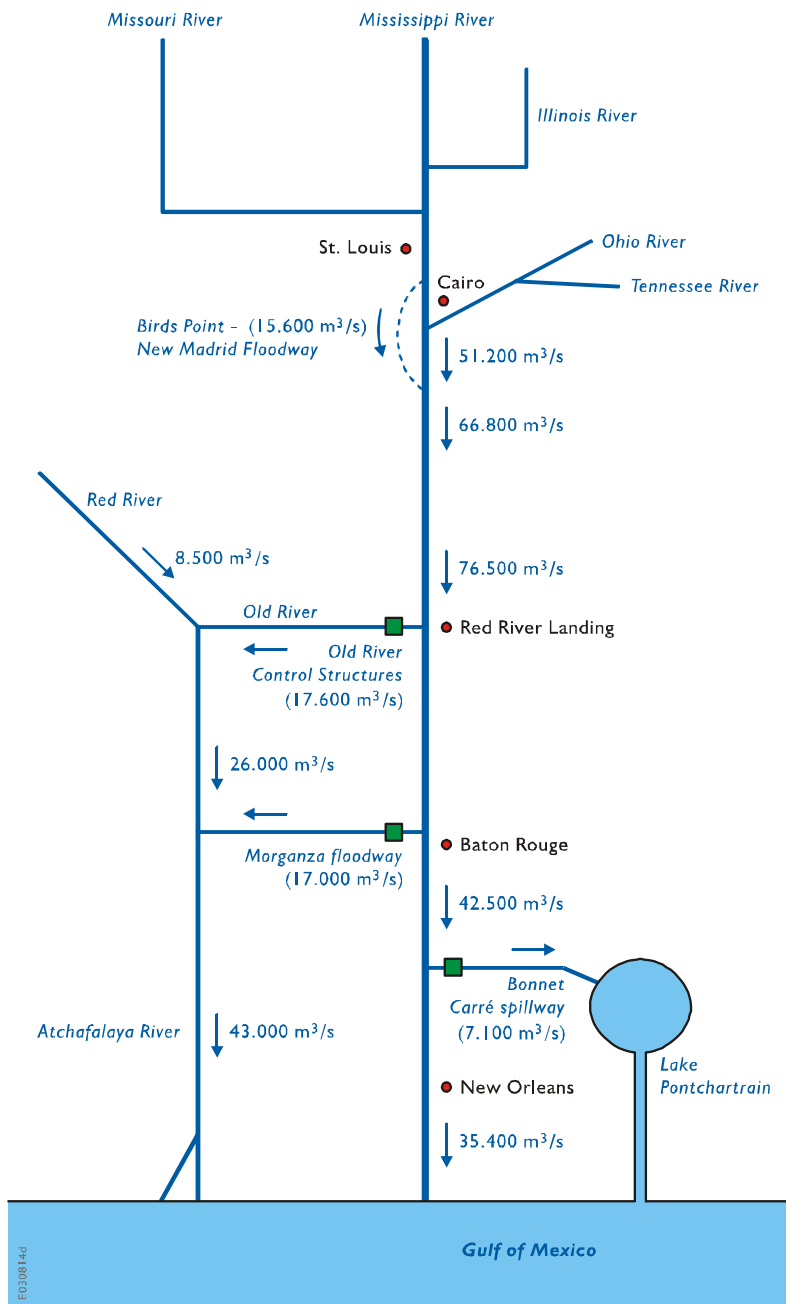
In 1927 ontstond langs de midden- en benedenloop van de Mississippi een grootschalige overstromingsramp, waarbij 500 mensenlevens verloren gingen, ruim 160 duizend woningen overstromden, 650 duizend mensen direct getroffen werden (*homeless*) en in totaal ruim 60 duizend km<sup>2</sup> langs de benedenloop overstroomde. Op tal van plaatsen overstromden en bezweken de dijken.

In 1928 nam het Congress de *Flood Control Act* aan, waarmee het Army Corps werd geautoriseerd om het Mississippi River and Tributaries (MR&T) Project uit te voeren. Het MR&T-Project kent de volgende hoofdelementen:

1. de aanleg c.q. versterking van 2500 km dijken langs de hoofdrievier;
2. het stabiliseren van het rivierbed (aanleg van kribben), bedoeld om erosie van het voorland van dijken (en daarmee dijkval) te voorkomen, maar ook voor het verbeteren van de scheepvaartweg;

3. de bouw van vier afleidingswerken, vier retentiebekkens en een groene rivier, bedoeld om hoogwaterstanden te verlagen; en
4. het realiseren van een aantal werken in zijrivieren van de Mississippi, waaronder de aanleg van dijken, stuwdammen en pompstations.

In het onderstaande volgt een beknopte beschrijving van het riviersysteem, met daarbij speciale aandacht voor de diverse infrastructurele werken die in aanvulling op dijken onderdeel uitmaken van de structurele hoogwaterbescherming. Figuur 10-8 geeft ter ondersteuning van deze beschrijving een schematisch overzicht van het riviersysteem en – ter oriëntatie – de ligging van enkele grote steden.



Figuur 10-8 Schematisch overzicht Mississippi riviersysteem, met daarbij voor enkele locaties de maatgevende afvoeren (m³/s). Enkele relatief kleine zijrivieren zijn niet in de figuur opgenomen.

Het ontwerp van de diverse structurele maatregelen van het MR&T project is gebaseerd op de zogenaamde ‘*standard project flood*’, goed vergelijkbaar met het in Nederland gehanteerde begrip maatgevende afvoer. Het beoogde beschermingsniveau bedraagt naar schatting 1/500 per jaar. Vanwege de grote lengte van de rivier en de grootte van de diverse zijrivieren is er niet (als in Nederland) sprake van één maatgevende afvoer: per locatie is deze afvoer anders. In 1956 en 1973 zijn de maatgevende afvoeren geëvalueerd en hoogwaterstanden herberekend. Enkele kentallen:

- bij Cairo (Illinois), juist benedenstrooms van de samenvloeiing met de Ohio River, bedraagt de maatgevende afvoer  $66.800 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- bij Red River Landing is de maatgevende afvoer van de Mississippi  $76.500 \text{ m}^3/\text{s}$  en van de Red River (die zonder de aanwezigheid van later te bespreken stuwen water zou afvoeren naar de Mississippi) bijna  $8.500 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Vanuit het perspectief van noodoverloopgebieden is het van belang dieper in te gaan op de afleidingswerken, groene rivieren en retentiebekkens die een structureel onderdeel uitmaken van de hoogwaterbescherming langs de Mississippi.

Afleidingswerken kunnen in westelijke richting water afleiden naar de Atchafalaya rivier, en in oostelijke richting naar Lake Pontchartrain.

In westelijke richting kan water worden afgeleid naar het aangrenzende Atchafalaya basin ter plaatse van de samenvloeiing met de Red River, ongeveer 80 km bovenstrooms van Baton Rouge. Daartoe zijn de volgende afleidingswerken zijn gebouwd: de Old River Control Structure (1962) en de Auxiliary Structure (1986, capaciteit  $17.600 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Deze bieden de mogelijkheid om op gecontroleerde wijze (sluizen met schuiven) in totaal 30% van de afvoer van de Mississippi en de Red River af te leiden naar het Atchafalaya Basin. De Old River Control Structure heeft als belangrijk nevensdoel om te voorkomen dat de Mississippi de hoofdgeul verlegt ten gunste van de Atchafalaya, hetgeen o.a. de scheepvaartbelangen van New Orleans ernstig zou benadelen. Bij het hoogwater van 1973 is de Old River Control Structure voor vrijwel de gehele beschikbare capaciteit ingezet. Daarbij ontstond overigens zware schade als gevolg van erosie direct boven- en benedenstrooms van de sluizen. Ongeveer 25 km benedenstrooms van deze afleidingswerken ligt de Morganza Floodway, waarmee een extra hoeveelheid van ongeveer  $17.000 \text{ m}^3/\text{s}$  van de Mississippi naar de Atchafalaya kan stromen. De Morganza Floodway is tot op heden alleen in 1973 gebruikt, waarbij maximaal  $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$  is afgeleid.

In oostelijke richting kan water worden afgevoerd naar Lake Pontchartrain. Daartoe is de Bonnet Carré Spillway aangelegd, 40 km bovenstrooms van New Orleans. De lengte van het sluiscomplex is ruim 2 km, onderverdeeld in 350 vakken. De normale procedure om de sluis te openen vraagt 36 uur. Daarbij worden met een hijskraantje 7.000 houten balken weggetild. In noodgevallen kan de sluis binnen 3 uur worden geopend. De afstand tussen de Mississippi en Lake Pontchartrain is ongeveer 9 km. Vanuit Lake Pontchartrain stroomt het water naar de Golf van Mexico. De capaciteit van de Bonnet Carré Spillway bedraagt  $7.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deze Spillway is sinds de bouw in 1933 tot op heden 8 keer in gebruik geweest. Bij de meest recente inzet in 1997 werd 97% van de afvoercapaciteit benut.

Langs de benedenloop van de Mississippi bestaat één groene rivier: de Birds Point – New Madrid Floodway. Doel hiervan is de hoogwaterstanden bij Cairo (de meest zuidelijke stad

in Illinois) te verlagen. De lengte is ruim 50 km, de breedte gemiddeld 10 km. De ontwerp-capaciteit van deze bedijkte groene rivier is 15.600 m<sup>3</sup>/s. Daadwerkelijk gebruik van de groene rivier vraagt om het opblazen van erodeerbare dijken (*fuse plug levees*): één aan de bovenstroomse zijde (18 km lengte) en één aan de benedenstroomse zijde (8 km lengte). Deze groene rivier is tot op heden alleen in 1937 gebruikt.

Tussen Cairo en de samenvloeiing met de Red River bij het Old River Complex zijn vier retentiebekkens aangelegd, die als doel hebben om door het openen van *fuse plug levees* ('breekpennen') de top van de hoogwatergolf af te scheren. Dit betreft de Red River Backwater Area, White River Backwater Area, St. Francis Backwater Area, en Yazoo Backwater Area. Tot op heden zijn deze gebieden nog niet gebruikt.

De Flood Control Act van 1928 bood de gelegenheid om het recht van inundatie bij eigenaren van grond en opstallen af te kopen (*flow easement*), ofwel grond en opstallen te onteigenen (*purchase in fee*). Van onteigening van gronden is alleen gebruik gemaakt bij de Bonnet Carré Spillway. Bij de overige afleidingswerken is het recht van gebruik afgekocht.

Het maatschappelijk belang van het vooraf goed regelen van het mogelijk gebruik van overstromingsgebieden kan worden geïllustreerd met onderstaande beschrijving van het hoogwater van 1937, toen de rivierbeheerder de groene rivier Birds Point – New Madrid in gebruik wilde stellen om de stad Cairo (Illinois) te vrijwaren van overstroming:

*The biggest problem occurred at the Birds Point-new Madrid Floodway, one of the projects authorized in the 1928 Mississippi River and Tributaries Act. The Corps had purchased flowage rights and constructed a fuse plug levee. By blowing the levee, the Engineers would allow the Mississippi floodwaters to disperse into the floodway, thereby relieving the danger to Cairo. The floodway was ordered evacuated, but the Corps had not acquired all the necessary flowage easements. Some people refused to leave. Men armed with shotguns gathered at the fuse plug to prevent the Engineers from opening the fuse plug. Soon Missouri state police and National Guard units cleared the levee, and on January 25, the Corps began dynamiting the fuse plug. By the next day the river was moving through the floodway. The floodway accommodated about a quarter of the total flow past Cairo. Memphis District held the mainline levees successfully, with flooding only in the backwater areas and along tributary streams.*<sup>8</sup>

De hierboven genoemde rivierkundige maatregelen maken alle onderdeel uit van het structurele hoogwaterbeschermingssysteem langs de Mississippi. Het totale systeem biedt een beschermingsniveau van 1/500 per jaar. Dit impliceert dat de kans dat de diverse floodways, retentiebekkens en groene rivieren daadwerkelijk gebruikt worden, en daarmee de kans dat bewoners en landeigenaren van deze gebieden met overstroming te maken hebben, aanzienlijk groter is dan 1/500 per jaar. Behalve bij de Bonnet Carré Floodway (een natuurgebied) ontstaat er bij het daadwerkelijk gebruik van de diverse afleidingswerken, retentiebekkens en de groene rivier schade aan bebouwing, op landbouwgronden en langs de Atchafalaya Floodway aan daar gevestigde industrieën. Omdat het recht op onder water zetten is afgekocht (*flow easement*) betaalt de overheid geen compensatie voor mogelijke

<sup>8</sup> Bron: Army Corps of Engineers: *the evolution of the Memphis District*.  
[www.mvm.usace.army.mil/history/evolution.htm](http://www.mvm.usace.army.mil/history/evolution.htm)

schade. Voor zover bekend bij de geraadpleegde deskundigen is het ook niet voorgekomen dat schade door de overheid is gecompenseerd.

In geval onverhoopt een situatie ontstaat waarbij het systeem van dijken, groene rivier, afleidingswerken en retentiebekkens niet voldoende capaciteit biedt, dan verwachten deskundigen dat in het kader van de rampenbeheersing dijken van relatief dunbevolkte gebieden *ad-hoc* zullen worden opgeblazen, teneinde dichtbevolkte gebieden te vrijwaren van overstroming.

In het kader van het inwinnen van informatie over het beschermingssysteem langs de Mississippi gaf dhr. Joseph R. McCormick Jr. (tot 2001 hoofd van de Water Control Branch, U.S. Army Corps of Engineers, Mississippi Valley Division / Mississippi River Commission) een advies, dat hieronder integraal wordt weergegeven (personal communication, 12 Aug. '03):

*Lessons Learned:*

1. *If at all feasible (economically and politically) it would be wise to purchase floodway lands in fee. Otherwise, flowage easements will be required.*
2. *If the floodway operations are infrequent (i.e. less often than once in 50 years or so) the use of gated structures may not be economically or otherwise feasible, because of the infrequency of operation, and erodible fuse plug levee sections may be the best solution.*
3. *If at all possible do not use explosives or other methods that require an action by your agency to operate. This can involve many technical, institutional and political problems similar to those we have at the Birds Point- New Madrid Floodway. If fuse plug levees are required to crevasse and form a passage for floodwaters into your floodways I suggest you design an erodible fuse plug levee section that will scour the required opening when overtopped. Possibly a sand core levee with a clay blanket on the riverside that when overtopped would scour the required opening from overflow onto the landside.*

Geraadpleegde bronnen:

Mr. Joseph R. McCormick Jr., tot 2001 hoofd van de Water Control Branch, U.S. Army Corps of Engineers, Mississippi Valley Division / Mississippi River Commission.

Mr. Claude N. Strauser, Chief, Potamology Section, Hydrologic & Hydraulics Branch, U.S. Army Corps of Engineers, St. Louis District.

McPhee, John. In control of Nature. Toronto, Harper Collins, 1989.

Barry, John M. Rising tide. The great Mississippi flood and how it changed America.

Websites van het U.S. Army Corps of Engineers: [www.mvm.usace.army.mil](http://www.mvm.usace.army.mil)

## A Hoogwaterbeheer langs de Loire

*Onderstaande tekst is opgesteld door dr. Nicolas-Gérard Camp'huis, Directeur Equipe pluridisciplinaire plan Loire grandeur nature, Orléans.*

### **Les déversoirs présents sur les levées de la Loire : comment fonctionnent-ils en quoi sont-ils des ouvrages de sécurité pour la population?**

Les déversoirs qui existent sur les levées qui protègent les vals de la Loire moyenne entre Nevers et Montjean, sont présentés comme des ouvrages de protection, qui existent depuis plus d'un siècle et même pour certains depuis trois à quatre siècles.

Ces ouvrages permettent à la Loire de pénétrer dans les vals, en franchissant les levées, à des endroits déterminés à l'avance par l'homme. Ils provoquent une inondation, alors que les levées sont censées protéger les personnes vivant dans les vals inondables derrière elles. On se pose à leur sujet fréquemment les questions suivantes auxquelles cette note apporte des éléments de réponse : Comment expliquer alors qu'il s'agisse d'ouvrages de sécurité, puisqu'ils provoquent des inondations ? Ne sont-ils pas là plutôt pour inonder volontairement certains vals dans des zones rurales habitées afin de protéger des vals urbains situés plus en aval ? Pourquoi et comment envisager d'en réaliser encore des nouveaux ?

#### **A.1 Tout d'abord un peu d'histoire !**

Les déversoirs de sécurité semblent exister à peu près depuis aussi longtemps que les levées elles-mêmes. Les premières traces écrites de l'existence des « turcies », ancien nom des levées actuelles, datent du XI<sup>e</sup> siècle. A l'époque, elles ne devaient pas dépasser un à deux mètres de hauteur et les crues devaient assez souvent passer par-dessus elles. Dès que les levées ont commencé à atteindre trois à quatre mètres de hauteur, les crues qui passaient par-dessus provoquaient derrière un grand désastre, car la rupture de la levée s'accompagnait de conséquences graves sur les maisons et les cultures situées derrière les levées.

L'histoire de levées montre que dès que les crues du fleuve n'apparaissaient pas régulièrement, les riverains de la Loire ont cru que les crues qui avaient dévasté historiquement les vals étaient plus qu'exceptionnelles et qu'ils pouvaient donc, en surélevant simplement de quelques 30 à 50 cm les levées où des surverses étaient apparues, empêcher les inondations lors des prochaines crues.

Après chacune des inondations qui ont ravagé les vals habités ou ruraux au cours des siècles (dont 1711, 1789, 1846, 1856 et 1866 par exemple), d'intenses débats ont opposé partisans du rehaussement des levées, au risque d'aggraver les inondations pour les habitations situées en aval ou sur la rive opposée et partisans de « faire la part de l'eau », c'est-à-dire de considérer qu'à partir d'un certain niveau de crue, variable suivant les situations géographiques des vals, il n'est plus possible que tout le débit de crue passe dans l'espace

laissé au fleuve entre les digues et qu'il vaut mieux alors choisir l'endroit où la crue détruira la levée et envahira le val.

La part de l'eau a laissé des traces dans le paysage et le système de protection qui existe aujourd'hui, puisque certains déversoirs actuels ont plusieurs siècles d'existence et ont été à plusieurs reprises fermés, puis réouverts lorsque la Loire a rappelé qu'il n'était pas possible, à cet endroit là, de faire passer tout le débit de crue entre les digues construites.

Les trois crues les plus dévastatrices du XIX<sup>e</sup> siècle (1846, 1856 et 1866) ont ouvert chacune 166 brèches au long des 600 km de levées qui existent le long de la Loire entre Nevers et Angers (soit 450 km de fleuve). Un débat entre ingénieurs a duré près de vingt ans, entre partisans de nouveaux barrages à réaliser dans les montagnes à l'amont du fleuve et de ses affluents et adeptes de nouveaux déversoirs de sécurité sur les vals. Il a fallu attendre la troisième crue pour conclure que les volumes à stocker à l'amont pour réduire la crue sur la Loire moyenne étaient tellement gigantesque (entre 500 millions et un milliard de m<sup>3</sup>), que jamais les barrages ne suffiraient à protéger sur le long terme les vals de la Loire, d'autant que les sites propices aux barrages n'étaient pas nombreux. Ensuite, près de dix ans d'études et de débats locaux ont été nécessaires pour arriver à réaliser cinq déversoirs sur un programme qui en comptait initialement dix-neuf. Sur trois vals, les propriétaires agricoles se sont farouchement opposé au déversoir prévu, au point d'en décourager la réalisation ; sur d'autres vals, traversés par une voie ferrée alors privée, les négociations pour le niveau et le coût des protections à créer en plus du déversoir n'ont jamais abouti.

Les dégâts provoqués dans les vals par les brèches sont catastrophiques, car les hauteurs d'eau sont toujours très fortes. Pourtant la pente hydraulique de l'écoulement en crue est très fort (entre 45 cm par km à l'amont et 22 cm par km à l'aval) aussi bien dans le lit endigué que dans les vals et permet à l'inondation de ne pas durer plus de quelques jours.

## **A.2 Et aussi quelques rappels sur les enjeux et les dommages en jeu**

La vallée de la Loire entre le Bec d'Allier et le Bec de Maine représente 1.500 km<sup>2</sup> de vallées naturellement inondables. Au cours des siècles, 1.000 km<sup>2</sup> de vals ont été progressivement soustraits de l'inondation fréquente de la Loire à l'aide de 600 km de levées, qui créent 33 vals différents. Aujourd'hui, 300.000 habitants et 13.600 entreprises sont implantés en zone inondable. 80 à 85 % d'entre eux sont regroupés au sein de neuf pôles principaux (Tours, Orléans, Saumur, Authion, Amboise, Sully, Blois, Chinon et Gien). Aucun val le long de la Loire se trouve sans habitants ou sans enjeux économiques : l'activité humaine est partout présente et partout susceptible d'être atteinte et endommagée par les crues.

Une crue de période de retour 50 ans touche déjà directement de l'ordre de 25.000 habitants et 1.750 entreprises, provoquant de l'ordre de 500 millions d'euros de dommages. Tout ceci parce que le système n'est pas conçu pour assurer une protection intégrale qui est totalement impossible lorsque l'on analyse la situation de certaines villes (Cosne, Briare, Gien, Blois, Les Ponts-de-Cé, etc.). Une crue cinq-centennale pendant laquelle les levées protégeant les vals de Tours et de Cisse ne cèderaient pas accidentellement, inonde 120.000 personnes et 5.700 entreprises, entraînant de l'ordre de 3 milliards d'euros. Si toutes les levées cèdent et

tous les vals sont inondés, comme cela s'est passé à deux reprises au XIX<sup>e</sup> siècle, il faudrait faire face à près de 6 milliards de dommages.

Les crues de la Loire sont particulières car elles durent peu longtemps mais mobilisent des volumes gigantesques. Une crue sur la Loire moyenne dure entre cinq à huit jours. Entre 1,5 et 2 milliards de m<sup>3</sup> passent dans le lit fleuve, dans des secteurs où il n'a que 300 à 500 m de large entre les digues, et 2 à 3 km de largeur naturelle entre les coteaux.

La Loire fait ainsi entrer dans les vals, des volumes d'eau dépassant la centaine de millions de m<sup>3</sup>, en quelques jours. A cause de la forte pente naturelle, ces volumes ne restent pas dans le val et rejoignent vite la Loire. Pourtant les hauteurs maximales moyennes d'inondation simulées dans les vals inondés sont déjà très fortes et dépassent généralement 2 m.

### **A.3 Des déversoirs mais pas tous identiques !**

Actuellement, il existe trois types de déversoirs dans le système de sécurité de la Loire moyenne :

- Des déversoirs dont le niveau de fonctionnement est celui du terrain naturel : il s'agit en fait tout simplement d'une interruption de la levée, qui permet à la crue de rentrer dans le val pour des crues fréquentes. Par exemple le déversoir sur le val de Léré laisse entrer l'inondation dans le val dès une crue de période de retour 5 ans, celui de Passy sur le val de la Charité dès une crue de période de retour 15 à 20 ans et celui de Gohier dès une crue 5 à 10 ans. En matière de génie civil, ces déversoirs consistent en une simple protection du sol contre la vitesse de passage de l'eau, par un empierrement souvent protégé par de l'herbe. Ces déversoirs n'empêchent pas l'inondation de val consacré à l'agriculture, qui ont souhaité de tout temps un apport régulier d'eau et de limon.
- Des déversoirs qui fonctionnent pour des crues de période de retour comprise entre la cinquantennale et la centennale. Ils sont installés sur des levées très anciennes (au moins 7 à 8 siècles) autour d'un franchissement de la Loire par un pont datant du XVI<sup>e</sup> ou XVII<sup>e</sup> siècle, qui présente une largeur de moins de 300 m, avec un grand nombre d'arche laissant un faible débouché aux crues. C'est le cas pour les déversoirs en amont des villes (et ponts) de Gien, Beaugency et Blois, ainsi que du déversoir du val situé à la confluence de la Loire et de l'Allier. Lorsque ces déversoirs fonctionnent, des débordements apparaissent déjà dans les villes riveraines et les empêcher de déborder aggraverait ces premiers débordements. Ces déversoirs sont en fait une partie abaissée de la levée, protégée sur les versants amont et aval par un empierrement et avec un bassin de dissipation extrêmement rudimentaire, car ils fonctionnent très vite en régime noyé.
- Des déversoirs qui entrent en fonctionnement pour des crues plus rares que la centennale et sont généralement dotés d'un fusible en terre qui permet de faire entrer rapidement une importante quantité d'eau dans le val, pour provoquer un écrêtement de la crue en Loire et une baisse des niveaux d'eau dans le fleuve.

Aujourd'hui, parmi les déversoirs existant sur les 33 vals différents le long de la Loire, on compte déversoirs au terrain naturel, déversoirs avec un seuil sans fusible et déversoirs avec fusible.

## A.4 Comment fonctionnent-ils et à quoi servent-ils

Chacun des trois types de déversoirs décrits ci-dessus laisse entrer la crue dans les vals. Mais, comme chacun ne le fait pas au même moment de la crue, les conséquences pour le déversoir et le val, ainsi que les effets sur la crue et l'inondation au droit du val et sur les vals à l'aval sont très différents.

Comme nous allons le montrer par la description ci-dessous, les déversoirs n'ont pas pour but premier d'écarter les crues, mais plutôt de maintenir un niveau d'eau en Loire suffisamment bas pour éviter des surverses par-dessus les levées. Les déversoirs existent parce qu'on ne peut pas faire passer tout le débit de la Loire en crue uniquement entre les levées et qu'à partir d'un certain moment on ne peut empêcher la Loire de rentrer dans les vals en passant par-dessus les levées. Ils sont les lieux où la crue entre dans les vals de manière sécurisée pour les habitants. Ils permettent aussi de maintenir un certain niveau maximal de la Loire entre ses digues pour éviter des surverses.

Voici les différences que l'on peut modéliser et constater pour deux niveaux de crues, par exemple une crue centennale et une crue deux-centennale :

- Les déversoirs au terrain naturel entrent en fonctionnement pour un débit en Loire correspondant à une crue inférieure à la vingtennale (soit de l'ordre de 3.000 à 3.500 m<sup>3</sup>/s entre le Bec d'Allier et Tours). Lorsque le maximum d'une crue centennale ou plus rare<sup>9</sup> survient, le déversoir fonctionne déjà depuis un ou deux jours ce qui conduit le val situé derrière eux à se remplir aussi vite que la Loire monte dans son lit. Ces déversoirs permettent à la crue d'utiliser toute la largeur du lit naturel (de l'ordre de 2 km dans ces secteurs qui sont naturellement étroits). Ils sont de simples « courts-circuits » (by-pass) entre le site du déversoir et le lieu où l'eau entrée par le déversoir retourne en Loire. Suivant la longueur du seil déversant, ils permettent de dériver vers le val entre 1.000 et 1.500 m<sup>3</sup>/s. L'eau n'est pas stockée dans le val. C'est en fait physiquement impossible quand on constate déjà des inondations de 3 à 5 m dans ces vals lorsque ces déversoirs fonctionnent.
- Le niveau de fonctionnement des déversoirs protégeant Gien, Beaugency, Blois ou le Bec d'Allier, correspond généralement aux premiers dégâts constatés lors des crues historiques. Comme tous ces déversoirs fonctionnent pour une crue de l'ordre de 5.000 m<sup>3</sup>/s, ils fonctionnent déjà depuis plusieurs heures lorsque le niveau maximum d'une crue centennale ou deux-centennale survient et les vals contiennent déjà de l'ordre de 2 m d'eau ou plus localement. Ils laissent entrer de l'ordre de 500 à 1.000 m<sup>3</sup>/s dans le val au passage du maximum de la crue. L'onde de crue se propage presque aussi vite dans le val déjà très inondé qu'en Loire, et rejoint la Loire en aval du val sans avoir produit d'écarternement significatif. L'eau n'est pas stockée dans le val. C'est en fait physiquement impossible quand on constate déjà des inondations de 3 à 5 m dans ces vals lorsque ces déversoirs fonctionnent. Comme les déversoirs au terrain naturel, ils fonctionnent comme de simple court-circuit ou by-pass.
- Les déversoirs avec fusible ont été installés sur les vals où les surverses par-dessus les levées apparaissent pour des crues supérieures à la centennale. Ils ont été conçus pour retarder le plus tard possible l'entrée de l'eau dans le val, ce qui présentait un double avantage : seules les crues les plus rares inondaient réellement le val ; le val étant

<sup>9</sup> Le maximum de débit pour une centennale entre le Bec d'Allier et Tours atteint entre 5.500 et 6.000 m<sup>3</sup>/s.

maintenu longtemps non inondé, préservait le plus longtemps possible un volume utilisable pour l'écêtement. Ces deux aspects conduisaient à inonder les habitants des vals plus rarement et moins longtemps. La crue commence par s'appuyer sur le fusible qui surmonte le seuil du déversoir, sans rompre ce fusible et donc sans entrer dans le val<sup>10</sup>. Lorsque la crue passe par-dessus le sommet du fusible, elle le rompt, ce qui conduit à faire entrer très brutalement, en moins d'une heure, un très important débit, puisque les déversoirs ont tous entre 500 et 900 m de longueur et peuvent faire entrer ainsi de 500 à 1.500 m<sup>3</sup>/s dans le val. Un fusible qui s'efface provoque une véritable chasse d'eau vers le val, ce qui conduit à un très fort écêtement instantané en Loire et amène le niveau d'eau en Loire à baisser de quelques décimètres. Le débit très important qui entre dans le val va rapidement remplir la partie qui était restée non inondée. Si la crue continue à augmenter en Loire et que le maximum de la crue n'est pas encore parvenu là où se trouve le déversoir, les modélisations montrent que le val peut se remplir au point que le déversoir se noie et que la Loire va recommencer à monter. Si, par contre, le fusible rompt alors que le maximum en Loire approche du site du déversoir, le déversoir permet de maintenir un niveau bas en Loire et protège la levée contre une augmentation de la hauteur d'eau en Loire et donc contre le risque de surverse.

## A.5 Jusqu'où et comment encore améliorer cette protection ?

L'étude conduite montre qu'il y a encore au moins quatre vals, abritant chacun quelques milliers d'habitants où des surverses apparaissent que l'on ne peut éviter. Comme ces surverses inévitables provoqueront des brèches difficiles à contrôler, la situation est jugée suffisamment dangereuses pour les riverains pour que la stratégie de réduction des risques d'inondation propose de réaliser au moins trois nouveaux déversoirs de sécurité.

Elle prévoit aussi de modifier les conditions de fonctionnement, donc les caractéristiques techniques, de tous les déversoirs avec fusible existants, car ces déversoirs réalisés au XIX<sup>e</sup> siècle ont des seuils trop longs et laissent entrer trop de volumes d'eau dans les vals. Les simulations conduites montrent qu'un seuil de l'ordre de 400 m de long pourrait avoir la même efficacité hydraulique pour les crues de période de retour 100 à 200 ans que ceux qui actuellement mesurent 600 à 900 m de long. On peut aussi diminuer la hauteur des fusibles à une valeur de l'ordre de 1 m à 1,20 m, ce qui pourrait permettre de remonter la cote du seuil et donc réduire encore la durée de fonctionnement, donc le volume introduit dans le val.

Il convient aussi de modifier les déversoirs existants, quels qu'ils soient, par ce que les extractions de granulats réalisés entre 1960 et 1990 dans le lit de la Loire ont retiré en 30 ans ce que la Loire mettra 4 siècles à apporter naturellement. Ceci a des conséquences très graves sur les fondations des ouvrages de protection et des ponts. Mais surtout l'enfoncement n'est pas homogène tout le long de la Loire, variant localement entre 0 et 2,50 m de profondeur, et il n'est pas le même en face de chaque déversoir, ce qui fait qu'ils ne fonctionnent plus dans l'ordre prévu par les ingénieurs du XIX<sup>e</sup> siècle.

<sup>10</sup> La crue s'est ainsi appuyée pendant près de 36 heures sur le fusible du déversoir de Jargeau lors de la crue de 1907 (crue cinquantennale), atteignant les deux tiers de sa hauteur, sans rompre et sans inonder le val.

Par contre, les simulations ont montré que sur certains vals déjà inondés par le fonctionnement des déversoirs, on ne peut pas empêcher les surverses pour des crues plus fortes encore, par exemple des crues de période de retour 500 ans. Le déversoir apporte une sécurité et une protection pour un certain niveau de crue, en permettant que l'inondation du val se fasse le plus sûrement possible et que l'eau passe par le déversoirs mais pas par un autre endroits simultanément (par exemple suite à une surverse). Mais comme les volumes qui entrent dans les vals sont très importants, l'inondation finit par être très forte partout dans le val, avec 2 à 3 mètres d'eau partout, ce qui conduit le déversoir à ne plus pouvoir inonder davantage le val. Dans ce cas, si la crue continue à croître en Loire, le niveau d'eau montera en Loire et on pourra assister à des surverses en d'autres endroits de la levée. Les ingénieurs du XIX<sup>e</sup> siècle l'avaient déjà prévu, puisqu'ils avaient proposé dans leur programme de travaux de réaliser deux déversoirs dans certains vals qui sont particulièrement longs (Ouzouer, Orléans, Cisse, Authion). On pourrait bien sûr augmenter encore la hauteur des digues, mais cela poserait des difficultés importantes, sur des aspects techniques, paysagers, sociaux et stratégiques, et aujourd'hui la question de surélévation des digues n'est pas d'actualité. On considère que les personnes auront évacué les vals avant l'inondation et que les brèches, qui apparaîtront n'auront pas le même effet dévastateur puisque le val sera déjà en partie inondé.

Les modifications ne peuvent prévoir un stockage pendant quelques temps de la crue dans le val, pour réduire davantage le niveau en Loire. Ce n'est pas possible pour des raisons géographiques, car les hauteurs d'inondation avec écoulement de l'eau dans le val dépassent déjà 2 à 3 m. S'il fallait faire un surstockage, on atteindrait des hauteurs jugées insupportables par les personnes qui seraient ainsi sur-inondées et réaliser de nouveaux ouvrages de protection (digues) très rarement utilisées et dont les gens oublieraient très vite la raison d'être. Ce choix stratégique n'a pas été actuellement retenu sur la Loire.

Ces modifications seront aussi l'occasion d'une information systématique sur les déversoirs et le rôle qu'ils jouent pour augmenter la sécurité des populations. Aujourd'hui en effet, les riverains ne réalisent pas réellement le danger que représente une rupture accidentelle de la levée : on peut se retrouver le long de la Loire moyenne, avec des inondations très subites (flash floods), qui peuvent entraîner la mort des personnes qui se trouveraient piégées dans des secteurs inondés en moins de quelques heures si elles n'avaient pas évacué au préalable la zone inondable.

## **A.6 Les habitants de la Loire et le fonctionnement des déversoirs**

Trois enquêtes réalisées dans trois vals différents, où des inondations apparaissent soit par des surverses soit par un déversoir de sécurité ont montré que les riverains se font une très mauvaise représentation de comment fonctionne un déversoir et de comment il les protège réellement. Pour beaucoup d'entre eux, un déversoir c'est d'abord un moyen de provoquer une inondation de leur val qui n'aurait pas eu lieu en l'absence de déversoir, afin de protéger des vals plus urbanisés situés à l'aval. Il est extrêmement difficile de faire comprendre autre chose que ce discours que l'on retrouve partout le long de la Loire quand on parle de déversoir.

En France, toute personne inondée lors d'une crue qui a été déclarée officiellement « catastrophe naturelle » a droit à une indemnisation des dommages matériels constatés sur ses biens. Ce sont les assureurs qui prennent en charge cette indemnisation des dommages constatés lors d'une expertise, et l'Etat ré-assure les compagnies d'assurance, à l'aide d'un Fond catastrophe naturelle alimenté par un prélèvement obligatoire sur tous les contrats d'assurances multi-risque habitations et véhicules automobiles. L'indemnisation couvre les dommages et permet de reconstruire à l'identique ; elle ne prend pas en compte les pertes de valeur foncière ou autres dépréciations. Il n'existe aujourd'hui aucune indemnisation spécifique pour les personnes situées en aval d'un déversoir de sécurité existant. Les dommages sont pris en charge au même titre que toute personne vivant en zone inondable.

Une nouvelle Loi Risque qui vient d'être votée le 30 juillet 2003 va permettre d'indemniser les personnes pour des ouvrages de surstockage, dans certaines conditions décrites dans l'article 48 joint en annexe. Il précise que des servitudes pourront être imposées en particulier pour *créer des zones de rétention temporaire des eaux de crues ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage de ces eaux, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans des secteurs situés en aval*. Cette nouvelle Loi favorise les ouvrages de surstockage mais elle ne change pas la situation pour les personnes habitant en aval immédiat des déversoirs existants.

La situation pour les déversoirs nouveaux à créer dans des zones qui seront en tous cas inondés même si on ne réalise pas les déversoirs, n'est pas encore étudiée.

Par contre, un projet démarre pour racheter, détruire et reconstruire en dehors de la zone inondable une centaine de maisons que les pouvoirs publics ont laissé construire dans l'axe d'un déversoir de sécurité qui fonctionne pour une crue de période de retour de 70 ans. C'est un groupement de communes qui est responsable de l'opération qui va être financée sur une dizaine d'année, avec des fonds provenant de l'Etat, de la Région et du groupement de communes.

N-G Camp'huis  
18.08.03

## Nouvelle loi risque votée le 30 juillet 2003

[...]

## Chapitre II

## Utilisation du sol et aménagement

## Article 48

Le chapitre Ier du titre Ier du livre II du code de l'environnement est complété par un article L. 211-12 ainsi rédigé :

« Art. L. 211-12. - I. - Des servitudes d'utilité publique peuvent être instituées à la demande de l'Etat, des collectivités territoriales ou de leurs groupements sur des terrains riverains d'un cours d'eau ou de la dérivation d'un cours d'eau, ou situés dans leur bassin versant, ou dans une zone estuarienne.

« II. - Ces servitudes peuvent avoir un ou plusieurs des objets suivants :

« 1° Créer des zones de rétention temporaire des eaux de crues ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage de ces eaux, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans des secteurs situés en aval ;

« 2° Créer ou restaurer des zones de mobilité du lit mineur d'un cours d'eau en amont des zones urbanisées dans des zones dites «zones de mobilité d'un cours d'eau, afin de préserver ou de restaurer ses caractères hydrologiques et géomorphologiques essentiels.

« III. - Les zones soumises à ces servitudes sont délimitées par arrêté préfectoral. Celui-ci est pris après enquête publique menée conformément au code de l'expropriation pour cause d'utilité publique.

« IV. - Dans les zones de rétention temporaire des eaux de crues ou de ruissellement mentionnées au 1° du II, l'arrêté préfectoral peut obliger les propriétaires et les exploitants à s'abstenir de tout acte de nature à nuire au bon fonctionnement, à l'entretien et à la conservation des ouvrages destinés à permettre l'inondation de la zone. A cet effet, l'arrêté préfectoral peut soumettre à déclaration préalable, auprès des autorités compétentes en matière d'urbanisme, les travaux qui, en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, sont susceptibles de faire obstacle au stockage ou à l'écoulement des eaux et n'entrent pas dans le champ d'application des autorisations ou déclarations instituées par le code de l'urbanisme.

« L'arrêté préfectoral peut également soumettre à déclaration préalable les ouvrages qui, en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, sont susceptibles de faire obstacle au stockage ou à l'écoulement des eaux et n'entrent pas dans le champ d'application des autorisations ou déclarations instituées par le code de l'urbanisme. Le préfet peut, par décision motivée, dans un délai de deux mois à compter de la réception de la déclaration, s'opposer à la réalisation de ces ouvrages ou prescrire les travaux nécessaires. Les travaux de réalisation de ces ouvrages ne peuvent commencer avant l'expiration de ce délai.

« Pour les travaux visés au premier alinéa du présent IV, ainsi que pour les travaux et ouvrages soumis à une autorisation ou à une déclaration instituée par le code de l'urbanisme et qui sont susceptibles, en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, de faire obstacle au stockage ou à l'écoulement des eaux, l'autorité compétente pour statuer en matière d'urbanisme recueille l'accord du préfet qui dispose d'un délai de deux mois à compter de la réception de la déclaration ou de la demande d'autorisation pour s'opposer à l'exécution des travaux ou prescrire les modifications nécessaires. Les travaux ne peuvent commencer avant l'expiration de ce délai.

« En outre, l'arrêté préfectoral fixe les dispositions nécessaires dans un délai déterminé pour évacuer tout engin mobile pouvant provoquer ou subir des dommages.

« VI. - L'arrêté préfectoral peut identifier, le cas échéant, les éléments existants ou manquants faisant obstacle à l'objet de la servitude, dont la suppression, la modification ou l'instauration est rendue obligatoire. La charge financière des travaux et l'indemnisation du préjudice pouvant résulter de ces derniers incombent à la collectivité qui a demandé l'institution de la servitude. Toutefois, si lesdits éléments appartiennent à l'Etat ou à ses établissements publics, la charge des travaux incombe à celui-ci.

« VIII. - L'instauration des servitudes mentionnées au I ouvre droit à indemnités pour les propriétaires de terrains des zones grevées lorsqu'elles créent un préjudice matériel, direct et certain. Ces indemnités sont à la charge de la collectivité qui a demandé l'institution de la servitude. Elles sont fixées, à défaut d'accord amiable, par le juge de l'expropriation compétent dans le département.

« IX. - Les dommages matériels touchant les récoltes, les cultures, le cheptel mort ou vif, les véhicules terrestres à moteur et les bâtiments causés par une surinondation liée à une rétention temporaire des eaux dans les zones grevées de servitudes mentionnées au II ouvrent droit à indemnités pour les occupants. Toutefois, les personnes physiques ou morales qui auront contribué par leur fait ou par leur négligence à la réalisation des dommages sont exclues du bénéfice de l'indemnisation dans la proportion où lesdits dommages peuvent leur être imputables. Ces indemnités sont à la charge de la collectivité qui a demandé l'institution de la servitude grevant la zone.

« Les dommages touchant les récoltes, les cultures, les bâtiments et le cheptel mort ou vif affectés aux exploitations agricoles sont évalués dans le cadre de protocoles d'accords locaux. A défaut, ils sont évalués dans les conditions prévues par l'article L. 361-10 du code rural.

« X. - Pour une période de dix ans à compter de la date de publication de l'arrêté préfectoral constatant l'achèvement des travaux mentionnés au VI ou, si de tels travaux ne sont pas nécessaires, à compter de la date de publication de l'arrêté préfectoral instituant une ou plusieurs des servitudes mentionnées au I, le propriétaire d'une parcelle de terrain grevée par une de ces servitudes peut en requérir l'acquisition partielle ou totale par la collectivité qui a demandé l'institution de la servitude. Ce droit de délaissement s'exerce dans les conditions prévues aux articles L. 230-1 et suivants du code de l'urbanisme. Le propriétaire peut, dans le même temps, requérir l'acquisition partielle ou totale d'autres parcelles de terrain si l'existence de la servitude compromet leur exploitation ou leur usage dans des conditions similaires à celles existant avant l'institution de la servitude.

« XI. - Dans les zones mentionnées au II, les communes ou les établissements publics de coopération intercommunale compétents peuvent instaurer le droit de préemption urbain dans les conditions définies à l'article L. 211-1 du code de l'urbanisme. Ils peuvent déléguer ce droit à la collectivité qui a demandé l'institution de la servitude.

« XII. - Un décret en Conseil d'Etat fixe les conditions d'application du présent article. »

## B Examples Switzerland

### B.1 Beispiel Urner Reuss: Hochwasserschutzprojekt Reuss See – Attinghausen

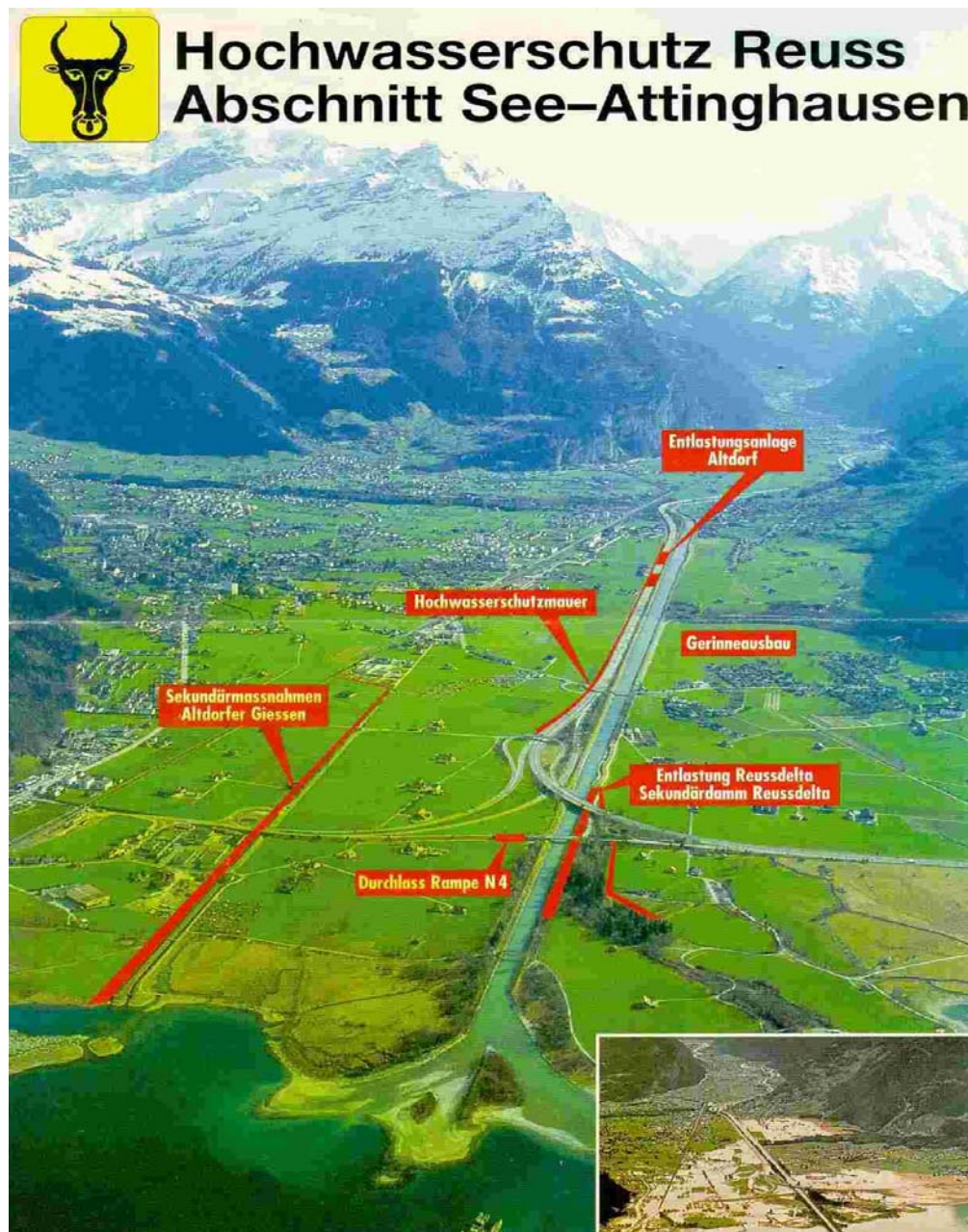


Abb.1 Überblick über die Massnahmen des 3 stufigen Sicherheitskonzeptes: Stufe 1 Bis zu einem HQ20 keine Ausuferungen; Stufe 2 Erste Entlastungen ins Reussdelta um den Wasserspiegel im Brückenbereich niedrig zu halten; Stufe 3 Ab HQ50 Entlastung auf die Gotthardautobahn (N2) bei Altdorf. Bis zu einem HQ100 beschränkt sich die Überflutung auf die Autobahn und den Nahbereich bis zum Durchlass. Bei Hochwasser grösser als 1987 (kleines Bild) wird die ganze Ebene bis zum Sekundärdamm Altdorfer Giessen betroffen.

## Projektüberblick

Im Reussabschnitt Altdorf (See-Attinghausen) wurde ein mehrstufiges Konzept zur Bewirtschaftung der grossen Hochwasser umgesetzt. Einerseits baute man beim primären Gerinne zwei Entlastungsanlagen (feste Wehre; kurze Dammsrecken, die beim Überströmen keinen Schaden nehmen) und andererseits wurden, zur Begrenzung der Überflutungen ausserhalb des Flussbettes, sekundäre Massnahmen (kleine Dämme, Mauern) errichtet (Abb. 1).

Die linksufrige Entlastung im Reussdelta springt bereits bei einem HQ 20 an. Sie dient hauptsächlich dazu, dass beim EHQ die Abflusskapazität bei den N2-Brücken ausreichend ist (tieferhalten des Wasserspiegels bei EHQ im Brückenbereich).

Die rechtsufrige Entlastung bei Altdorf (Abb. 2) springt bei einem HQ 50 an. Ein Teil des Abflusses bei  $Q \geq HQ 50$  fliesst direkt auf die Nationalstrasse (N2). Mit der Hochwasserschutz-Mauer entlang der N2 bildet die N2 das Entlastungsgerinne der ersten Stufe (Abb. 3). Bevor das Wasser auf die N2 gelangt wird der Verkehr mit einer Alarmorganisation, die durch das Betriebspersonal der N2 im 24 Stunden-Betrieb sichergestellt wird, umgeleitet. Direkte Schäden müssen, mit Ausnahme von einigen Reinigungsarbeiten, am Trassé der N2 nicht erwartet werden.



Abb.2 Hochwasserentlastung Altdorf



Abb.3 Die Nationalstrasse (N2) wirkt als Entlastungsgerinne und die Hochwasser-schutzmauer dient auch als Schallschutz

Sobald grössere Abflussmengen, wie sie beim Hochwasser von 1987 (HQ1987) aufgetreten sind, einstellen, wird auch die Hochwasserschutzmauer entlang der N2 überflutet. Der zusätzliche Überflutungsraum wird durch einen niedrigen Damm entlang des Giessenkanals (Meliorations/Entwässerungskanal) gegen die Siedlungen von Altdorf und Flüelen abgegrenzt. In diesen Raum fliesst ebenfalls Wasser, das ab einem HQ1987 unterhalb von Erstfeld (oberliegendes Gebiet der Reuss) aus dem primären Gerinne der Reuss austritt. Aus diesem Grunde hätte es auch keinen Sinn das Entlastungsgerinne N2 mit einer grösseren Kapazität zu versehen.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Projektes war die Verbesserung Stabilität der Schutzbauten. Dies gilt im Besonderen auch für die Dammbauten am Reussgerinne zwischen der Mündung und Attinghausen.

*Frage A: Wie und wie oft werden Grundeigentümer/Hausbesitzer als Folge der „geplanten Überflutungen“ betroffen?*

Unterhalb der N2 im rechtsufrigen Deltabereich befinden sich zwei Landwirtschaftsbetriebe und einzelne Wohngebäude, die durch das entlastete Wasser ab einem HQ50 überflutet werden. Bis zu einem Abfluss von der Grösse des Hochwassers 1987 (HQ 1987  $\approx$  HQ200) beträgt in diesem Gebiet die Wassertiefe maximal ein Meter. Mit Schäden an den Gebäuden muss, ausgenommen von den Vernässungen, nicht gerechnet werden. Auf dem landwirtschaftlich genutzten Land werden sich Schwebstoffe und Geschwemmsel ablagern. Ernteauffälle und allenfalls Rekultivierungsarbeiten müssen in Kauf genommen werden.

Werden die Abflussmengen vom Hochwasser 1987 ( $\approx$  HQ200) überschritten, wird auch die Ebene oberhalb des Autobahnzubringers betroffen. In dieser befinden sich vorwiegend Landwirtschaftsbetriebe, sowie einige Einzelgebäude und lokale Infrastrukturanlagen. Bei EHQ-Abfüssen muss in diesem Gebiet mit Wassertiefen von ca. ein bis zwei Metern gerechnet werden. Zerstörungen an den Gebäuden und an den Infrastrukturen werden nicht auftreten, da die Beanspruchungen durch das Wasser gering ausfallen. Schäden werden an Gebäuden als Folge der Vernässungen und an den Kulturen der Landwirtschaft entstehen.

*Frage B: Information und Verhandlungen mit den Betroffenen*

Wer unterschiedliche Schutzziele akzeptiert muss auch akzeptieren, dass nicht jedermann gleich behandelt wird. Diesem Umstand wurde mit gezielter Information Rechnung getragen.

Zur Mitarbeit wurden alle betroffenen Fachstellen und wichtige Betroffene, zum Beispiel Umweltorganisationen, eingeladen. Je konkreter die Massnahmen wurden, desto mehr standen direkte Gespräche mit einzelnen Betroffenen im Vordergrund.

Als der Entwurf des Gesamtkonzeptes vorlag, wurde ein Informationstag und eine Presseorientierung durchgeführt. Das Gesamtkonzept diente als Grundlage für die Volksabstimmung. Vor der Abstimmung wurde jedem Haushalt eine Informationsbroschüre zugestellt. Darin wurden die neue Schutzphilosophie, Massnahmen, Kosten, Termine und die Finanzierung erläutert. Zusätzlich führte die Baudirektion in den Gemeinden Informationsveranstaltungen durch, zu denen die Einwohnerschaft eingeladen wurde. Mit einer Tonbildschau wurde der Inhalt der Abstimmungsvorlage erläutert. Ergänzend kamen noch Fachvorträge dazu und es gab Gelegenheit zur Diskussion.

Nachdem das Volk mit grosser Zustimmung das Gesamtkonzept genehmigt hatte, konnte mit der Projektierung der Schutzmassnahmen begonnen werden. Bereits der Entwurf des Bauprojektes wurde den Behörden der Gemeinden und den betroffenen Grundeigentümern unterbreitet. Damit konnten viele berechtigte Anliegen in einem frühen Stadium der Projektierungsarbeiten integriert werden. Vor der Planaufgabe wurde das Projekt in den Gemeinden vorgestellt. Zusätzlich wurde allen Haushalten eine Broschüre mit Erläuterungen zum Projekt zugestellt und in der Lokalpresse wurde über die bevorstehenden Vorhaben und Verfahren berichtet. Diese breit abgestützte Kommunikation in allen Projektphasen führte dazu, dass nur relativ wenige Einsprachen erhoben wurden. Dazu konnten diese Einsprachen anschliessend ohne zusätzliche Beschwerdeverfahren erledigt werden.

*Frage C: Zugeständnisse an Grundeigentümer in den geplanten Überflutungsgebieten*

Zwar werden die Grundeigentümer nicht alle gleich behandelt, aber die Schutzzielrichtlinie, die der Regierungsrat erlassen hat, gibt den projektierenden Fachleuten vor, dass bei vergleichbaren örtlichen Verhältnissen vergleichbare Massstäbe für den Hochwasserschutz

angewendet werden. Dazu wird, wo immer möglich, darauf geachtet, dass die bestehenden Abflusskapazität im Primärgerinne nicht unterschritten wird.

Weil viele Grundeigentümer auf der linken Seite der Reuss gegen höhere Hochwasser geschützt sind, als auf der rechten Seite und diese Raum für die grossen Hochwasser zur Verfügung stellen, wurde im Rahmen der Verhandlungen den Grundeigentümern, die im Überflutungsgebiet ab einem HQ50 bis zu einem HQ1987 angesiedelt sind, folgende Zugeständnisse gemacht:

*Im Rahmen des Hochwasserschutzkonzeptes Reuss werden die nicht gesetzlich obligatorisch zu versichernden Schäden, die als Folge von Reussabflüssen zwischen einem HQ50 und einem HQ1987 entstanden sind, durch den Kanton soweit getragen wie dies wirtschaftlich vertretbar ist.*

Da die Gebäude obligatorisch gegen Elementarschäden zu versichern sind, verbleiben danach nur allfällige Schäden an Kulturen und Ertragsausfälle. Diese werden nach den aktuellen Einschätzungen sehr gering ausfallen.

Für Schäden als Folge von Abflüssen grösser als ein HQ1987 wurden durch die öffentliche Hand keine Zusicherungen abgegeben.

Heinz Weber, dipl. Bauing. HTL, HWB Bauberatung, Bäch, 18. August 2003

## **B.2 Hochwasserschutzprojekt an der Engelberger Aa**

Die Engelberger Aa entspringt in der Zentralschweiz oberhalb von Engelberg und mündet bei Buochs (südöstlich von Luzern) in den Vierwaldstättersee. Das Gebirgsflüsschen entwässert ein Einzugsgebiet von 227 km<sup>2</sup> in der Höhenlage von 434 bis 3239 müM. Im Mittel- und Unterlauf durchfliesst es das Haupttal des Kantons Nidwalden.

Zum Schutz der wichtigen Siedlungsgebiete im Talboden wird im Auftrag des Kantons eine Erneuerung des Hochwasserschutzes projektiert und in Etappen ausgeführt. Im untersten Abschnitt von Dallenwil bis nach Buochs, in dem der Fluss durchgehend mit Hochwasserschuzdämmen versehen ist, erfolgt auf knapp 8 km Länge eine umfassende Sanierung des Flusses.

Das Hochwasserschutzkonzept an der Engelberger Aa hat die folgenden zwei grundsätzlichen Ziele zu erfüllen:

- Differenzierte Schutzziele: Für die verschiedenen Gebiete und Objekte in der Talebene werden unterschiedliche Schutzziele definiert. Siedlungsgebiete sind beispielsweise bis zu seltenen Hochwasserereignissen zu schützen, während auf Landwirtschafts- und Naturflächen auch häufigere Überflutungen toleriert werden, da die dabei entstehenden Schäden klein bleiben.
- Konstruktive Sicherheit des Systems: Das Hochwasserschutzsystem darf bei einem Überlastfall nicht zusammenbrechen und muss auch ein extremes, sehr seltenes Hochwasserereignis mit begrenzten Schäden abführen können. Auch bei einem extremen, sehr seltenen Ereignis dürfen keine unkontrollierten Dammbüche mehr auftreten.

Diese beiden Ziele werden einerseits durch eine Verbreiterung des Gerinnes und eine Verstärkung der Dämme sowie andererseits mit der Einrichtung eines Systems aus vier Hochwasserentlastungen erreicht.

## Hochwasserentlastungen

### *Entlastungssystem*

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den Unterlauf der Engelberger Aa mit den Siedlungen und den vier Hochwasserentlastungen "Buochs A", "Buochs B", "Vorentlastung" und "Extremereignis-Entlastung". Diese funktionieren bei einem grossen Hochwasser wie "Sicherheitsventile", leiten einen Teil des Abflusses dosiert in Überflutungsräume und verhindern damit eine Überlastung und Zerstörung der flussabwärts liegenden Dämme.

Die Entlastungen springen unterschiedlich häufig an:

- Buochs A und B: Anspringen bei einem Abfluss von ca.  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ; entspricht etwa einem 30-jährlichen Hochwasser.
- Vorentlastung: Anspringen bei einem Abfluss von ca.  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ; entspricht etwa einem 100-jährlichen Hochwasser.
- Extremereignis-Entlastung: Anspringen bei einem Abfluss von ca.  $260 \text{ m}^3/\text{s}$ ; entspricht etwa einem 300- bis 500-jährlichen Hochwasser.

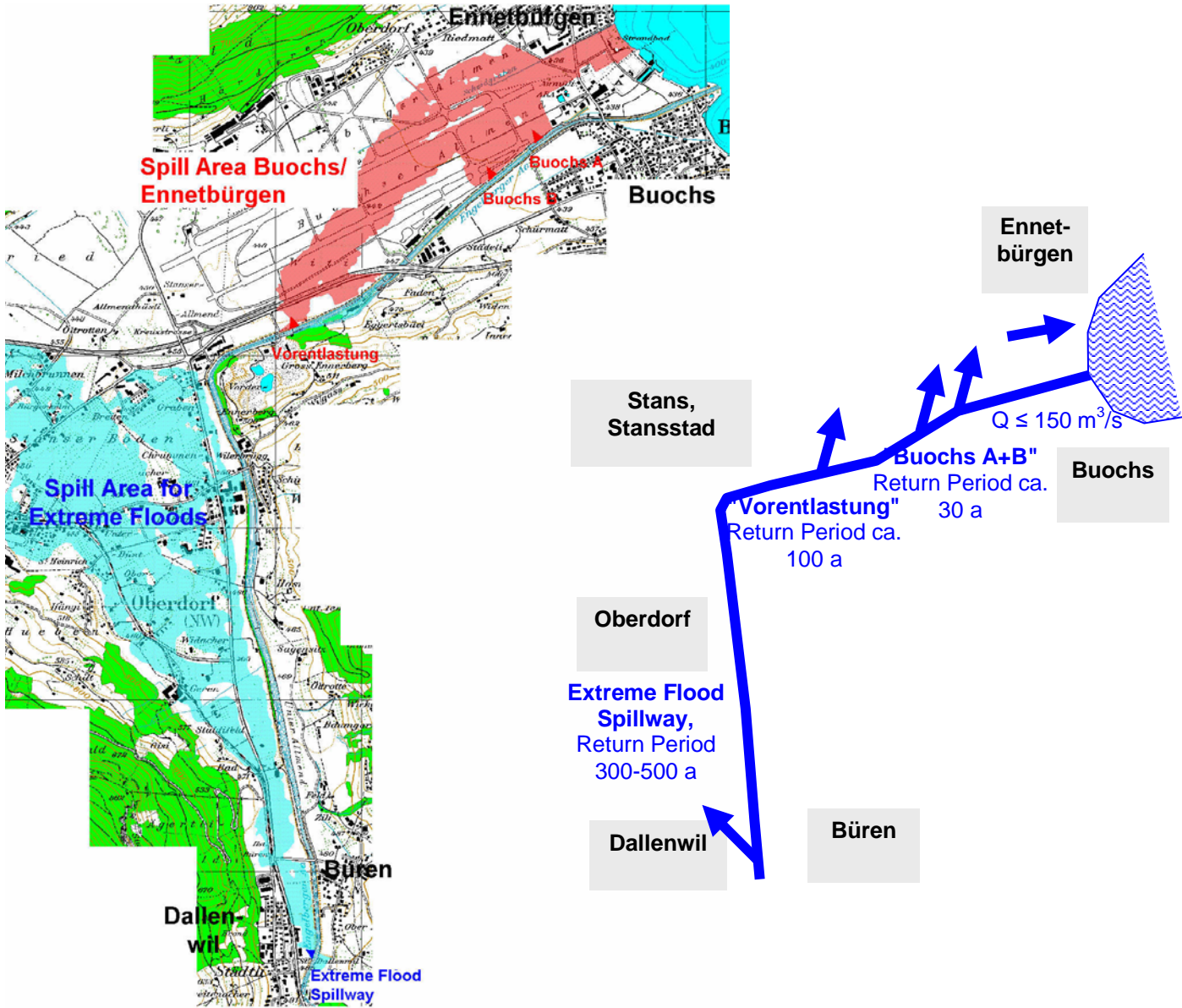


Abb. 1 und 2: Unterlauf der Engelberger Aa, Abschnitt Dallenwil - Buochs mit den vier Hochwasserentlastungen samt dazugehörigen Überflutungsräumen

## Technische Ausbildung und Wirkungsweise

Die Entlastungen werden als 100-150 m lange Streichwehre entlang des Dammes ausgebildet. Das zu entlastende Wasser tritt über eine Wehrkante mit genau definierter Höhenkote und hydrodynamisch geformtem Querschnitt aus dem Fluss in den Überflutungsraum aus. Der Dammkörper wird mit einer in den Untergrund vergrabenen, unsichtbaren Sickerbetonschicht vor Erosion geschützt. Aufgrund des recht grossen Gefälles des Flusses von bis zu 10‰ muss das Gerinne flussabwärts lokal verengt werden, damit kein Fließwechsel entsteht.

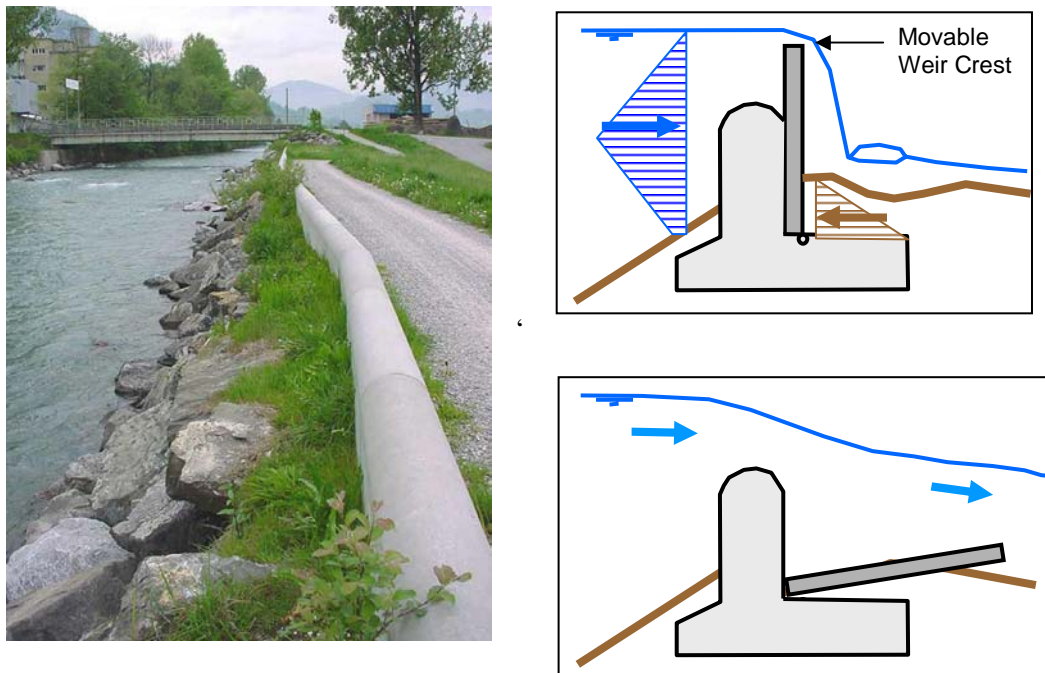


Abb. 3 und 4: Streichwehr, rechts zusätzlich mit beweglichem Kippelement

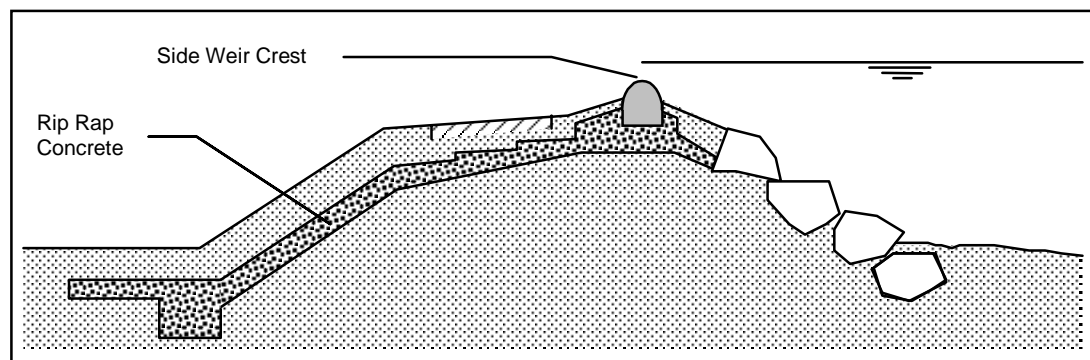


Abb. 5: Dammquerschnitt beim Streichwehr

Die Höhe der Wehrkante bestimmt einerseits den Zeitpunkt des Anspringens und andererseits die hydraulische Leistungsfähigkeit der Entlastung. Bei der häufig anspringenden Entlastung "Buochs A" wird zusätzlich ein frei bewegliches Kippelement montiert. Es zögert den Zeitpunkt des Anspringens so lange wie möglich hinaus und kippt dann aufgrund des Wasserdruckes um, sodass danach die volle Entlastungsleistung zur Verfügung steht.

Die als Streichwehre ausgebildeten Entlastungen benötigen sehr wenig Unterhalt und bestehen nicht aus mechanischen oder elektrischen Teilen. Sie sind während ihrer ganzen Lebensdauer dauernd einsatzbereit und werden bei einem plötzlich auftretenden Ernstfall selbstständig und weitgehend ohne menschliche Steuerung funktionieren.

### Entlastungsleistung, Effizienz und Zuverlässigkeit Gesamtsystem

Die Entlastungsleistung ist aufgrund der speziellen Hydraulik des Streichwehrs begrenzt und wurde mittels einer fein abgestimmten hydraulischen Berechnung ermittelt. Die Abb. 6 zeigt beispielsweise die Entlastungsleistung von "Buochs A", mit und ohne Kippelement.

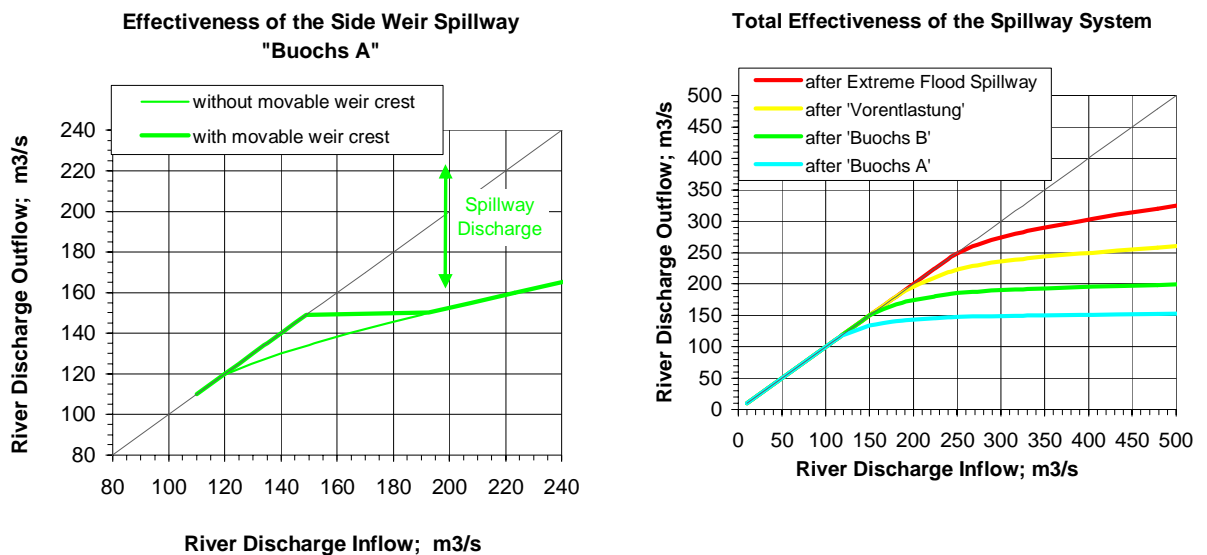


Abb. 6 und 7: Entlastungsleistung des Streichwehrs "Buochs A" und des Gesamtsystems.

Das gesamte Entlastungssystem (Abb. 7) gewährleistet, dass bei Hochwasserabflüssen in beliebiger Grössenordnung nie mehr als 150 m<sup>3</sup>/s im kritischen Engpass bei Buochs ankommen.

Ein System von mehreren hintereinander geschalteten Entlastungen funktioniert zuverlässiger als eine einzelne grosse Anlage. Ein einzelnes Streichwehr kann aufgrund von schwer abschätzbaren Prozessen<sup>11</sup> nicht wie geplant funktionieren und zu wenig oder zu viel Wasser ausleiten. Bei einer Serie von Entlastungen wird dieses Fehlverhalten durch die flussabwärts liegenden Entlastungen wieder ausgeglichen.

<sup>11</sup> Zum Beispiel lokale Erosion oder Auflandung im Flussbett während des Hochwasserereignisses.

## Entlastungskorridor Buochs / Ennetbürgen

### *Funktionsweise*

Der etwa 0.5 - 1 km breite Entlastungskorridor Buochs / Ennetbürgen (vgl. Abb. 1) nimmt das Wasser der drei unteren Entlastungen auf und leitet es durch die Grünzone zwischen den beiden Dörfern in den See ab. Er wird im unteren Teil ab einem 30-jährlichen Hochwasser, im oberen Teil ab einem 100-jährlichen Hochwasser gezielt überflutet.

Die gezielte Überflutung wird auf beiden Seiten durch niedere Erdwälle, Mauern und Dammbalkensysteme begrenzt. Diese Massnahmen verhindern zusammen mit einer konsequenten Abdichtung der Werkleitungen im Untergrund, dass sich die Überflutung in die Siedlungsgebiete von Buochs und Ennetbürgen ausbreiten kann.



Abb. 8 und 9: Erdwälle und Mauern entlang des Entlastungskorridors Buochs / Ennetbürgen.

## Nutzungen und Risiko innerhalb des Entlastungskorridors

Innerhalb des gezielt überfluteten Gebiets des Entlastungskorridors befinden sich Landwirtschaftsflächen, Sportplätze, eine Badeanstalt, eine Strasse von regionaler Bedeutung sowie im oberen Teil ein Militärflugplatz und die Gotthardautobahn. Es sind keine dauernd bewohnten Siedlungen, Industrien und Gewerbebetriebe oder weitere schadensintensive Nutzungen betroffen. Dadurch bleibt das Risiko trotz der relativ häufig stattfindenden Überflutung klein. Alle Schutzziele können eingehalten werden. Auch eine durchschnittlich alle 100 Jahre stattfindende Überflutung der Gotthardautobahn ist vertretbar.

Die Überflutungstiefen bleiben im Entlastungskorridor in der Regel unter 0.5 m und sind kaum lebensgefährlich. Dennoch sollten Personen, Tiere und Fahrzeuge aus dem Korridor entfernt werden, sobald sich ein Anspringen der Entlastungen abzeichnet.

## Nutzungsvorschriften

Aufgrund der relativ häufig möglichen Überflutung werden für die Gebiete innerhalb des Korridors strenge raumplanerische Nutzungsvorschriften eingeführt. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Innerhalb des Korridors wird eine Gefahrenzone ausgeschieden. Die Nutzung darf nicht intensiviert werden. Eine Überbauung des Gebiets oder die Errichtung weiterer Objekte,

welche von der Überflutung geschädigt werden könnten, ist nicht gestattet. Die bestehende Nutzung kann jedoch im bisherigen Rahmen weiter betrieben werden.

- Terrainveränderungen, neue Zäune oder ausgedehnte Gebüschpflanzungen können die Hydraulik innerhalb des Entlastungskorridors massiv beeinträchtigen. Deshalb müssen solche Vorhaben von der kantonalen Wasserbaubehörde geprüft und bewilligt werden.
- Regelungen für den langfristigen Unterhalt der Massnahmen im Entlastungskorridor.

Für die Einführung und Überwachung der Nutzungsvorschriften sind die Gemeindebehörden zuständig. Diese werden durch die kantonale Wasserbaubehörde fachlich unterstützt.

## **Öffentliche Akzeptanz**

Dank frühzeitigem Miteinbezug von Gemeinden und Betroffenen sowie wiederholter Information der Öffentlichkeit ist die Akzeptanz des Projekts sehr gut. Die Notwendigkeit und die Funktionsweise der Entlastungen und des Entlastungskorridors werden allgemein anerkannt. Der sich daraus ergebende, wesentlich verbesserte Schutz für die Siedlungsgebiete wird begrüsst. Ausserdem ist bekannt, dass die Flächen innerhalb des Korridors mit der zukünftigen dosierten Überflutung nicht stärker gefährdet sind als im bisherigen unsanierten Zustand.

Das Hochwasserschutzprojekt an der Engelberger Aa wurde mitsamt dem Entlastungssystem und dem Entlastungskorridor 1996 öffentlich aufgelegt und bei Gemeinden, kantonalen und eidgenössischen Ämtern in die Vernehmlassung gegeben. Es ergaben sich keine Einsprachen, welche sich gegen das Schutzkonzept mit den Entlastungen richteten.

Es ist die siedlungsplanerische Absicht der beiden Gemeinden, den Grünstreifen zwischen Ennetbürgen und Buochs von einer Überbauung frei zu halten, damit ihre Siedlungsgebiete nicht zusammenwachsen. Die Nutzungsvorschriften des Entlastungskorridors stehen mit diesem Ziel im Einklang.

## **Entschädigungen**

Das Gebiet innerhalb des Entlastungskorridors erleidet keine Nutzungseinbusse. Der Hochwasserschutz wird nicht verschlechtert. Den Grundeigentümern werden deshalb keine Nutzungsentschädigungen ausbezahlt.

Im Fall einer Flutung des Entlastungskorridors wird ebenfalls kein Schadenersatz ausbezahlt. Hingegen werden der Kanton und die Gemeinden die Aufräum- und Instandstellungsarbeiten übernehmen.

## **Extremereignis-Entlastung bei Dallenwil**

### *Funktionsweise, Risiko*

Im Unterschied zu den Entlastungen bei Buochs springt die Extremereignis-Entlastung bei Dallenwil nur bei extremen, äusserst seltenen Hochwassern an. Das Streichwehr ist unmittelbar am Beginn des Hochwasserschutzdammes angeordnet und schützt die flussabwärts liegende Damfstrecke vor einer Überlastung.

Bei einem Extremereignis mit Jährlichkeit >300 Jahre gibt sie einen Teil des Wassers dosiert in die besiedelte Ebene des Talbodens ab. Dadurch können Siedlungsgebiete mit geringer Wassertiefe überflutet werden. Aufgrund der Seltenheit des Ereignisses wurde jedoch auf

die Ausscheidung eines Entlastungskorridors und auf überflutungsbegrenzende Massnahmen verzichtet. Die Schutzziele können auch hier überall eingehalten werden.

#### *Auswirkungen auf die Nutzung des Talbodens*

Auch wenn einzelne Flächen bei einem Extremereignis überflutet würden, wird das Risiko nicht erhöht. Dank der gezielten Entlastung ergibt sich im Gegenteil ein grosser Sicherheitsgewinn für alle Gebiete im Talboden, da in Zukunft keine unkontrollierten Dammbüche mit massiven Wasseraustritten und schweren Überflutungen mehr möglich sind.

Für die von der Extremereignis-Entlastung betroffenen Flächen werden aufgrund des sehr geringen Risikos keine Nutzungsvorschriften erlassen. Alle regulären Nutzungen inklusive Überbauung bleiben gestattet. Ausnahmenvorschriften würden nur für Anlagen mit erheblichem Schadenpotential wie z.B. Chemiefirmen oder Tankanlagen erlassen

#### *Öffentliche Akzeptanz*

Es ist grundsätzlich dieselbe gute Akzeptanz wie in Buochs / Ennetbüren vorhanden. Das Wegfallen von Nutzungsvorschriften wird zusätzlich begrüsst.

Einzelne Gewerbebetriebe unmittelbar neben der Entlastung verlangten eine Verschiebung der Entlastung weiter flussabwärts oder eine Verlegung auf die andere Flusseite. Ihnen konnte gezeigt werden, dass dies technisch nicht möglich ist und dass ihnen durch die Entlastung keinerlei Nutzungsbeschränkungen erwachsen, worauf sie ihr Begehren wieder zurückzogen.

Es werden keine Entschädigungen ausbezahlt, da sich überall eine Verbesserung des Hochwasserschutzes ergibt.

Dipl. Ing. Roger Kolb, Projektleiter Hochwasserschutz Engelberger Aa, 3. und 4. Etappe, Niederer + Pozzi Umwelt AG, Uznach

### B.3 Täsch Kanton Wallis

Konzept; Auflage in der Gemeinde



Bild des Murganges Oktober 2000

Das Konzept sieht eine Erhöhung des rechten im Vergleich zum linken Ufer vor. Dadurch wird das deutlich höhere Schadenpotential rechtsufrig besser geschützt. Die Schutzziele (HQ 100) werden jedoch auch für den linksufrigen Ortsteil eingehalten. Durch kleinere Massnahmen zur Lenkung der Wassermengen an den Häusern vorbei, soll dort der Schaden begrenzt werden.

Es gibt keine speziellen Bauverbote und Entschädigungen. Linksufrig werden jedoch Bauvorschriften erlassen um grosse Schäden an Gebäuden zu vermeiden.

## B.4 Kanton Vaud Pissot

Realisiert 2000



Ablenkbauwerk im Falle eines Murganges (Debris flow). Um den in der Fliessrichtung liegenden Industriebetrieb und die Nationalstrasse zu schonen, werden die überschüssigen Massen auf die linksufrige Landwirtschaftsfläche (Weinbau)geleitet. Die am Rande des Gefahrenbereiches liegende Gärtnerei, mit einem vergleichsweise geringen Schadenpotential, wird auch bei sehr grossen Ereignissen wahrscheinlich nicht mehr erreicht.

Entschädigungen an den Kulturen des Weinbaugebietes sind im Ereignisfall nicht vorgesehen. Die Fläche wäre auch ohne die Massnahme betroffen.

## B.5 Brücke über die Saltina

Realisiert 1998



Überschreitet der Wasserstand in der Saltina ein bestimmtes Niveau, füllt sich linksufrig ein Wassertank und die Brücke wird automatisch angehoben.

Während des Hochwassers 1993 bildete diese Brücke ein Hindernis, verstopfte sich mit Geschiebe und verursachte so eine Überschwemmung der Stadt.