



Meer water voor de Maas

een verruimende blik





Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg

Meer water voor de Maas

een verruimende blik

RIZA rapport nr.: 2001.019

ISBN: 9036953731

Mei 2001

Inhoud

Voorwoord	3
De Maas: Van begin tot eind	5
Droge voeten in 2050?	9
Hoe staan we ervoor: Het heden	11
Hoe gaat het worden: De toekomst	12
Waar gaan we vanuit?	15
De aanpak: Van losse maatregelen naar inrichtingsvarianten.	18
Wat hebben we geleerd?	30
We zijn nog niet klaar	35

Voorwoord

Net als alle andere Nederlandse grote rivieren staat de Maas op dit moment volop in de belangstelling. Enerzijds zijn de hoogwaters van 1993 en 1995 daar nog steeds de aanleiding toe: het programma om de dijken en kaden te versterken, alsmede nieuwe kaden aan te leggen, werd ten gevolge daarvan versneld uitgevoerd en het projectbureau De Maaswerken werd opgericht. Anderzijds liggen alweer nieuwe uitdagingen op de weg: Hoe kunnen we het beste omgaan met de gevolgen van een klimaatverandering waarvan algemeen wordt aangenomen dat die zich in de komende eeuwen zal voltrekken en die waarschijnlijk hogere afvoeren tot gevolg zal hebben?

Om een antwoord op die vraag te kunnen geven is veel onderzoek nodig, waarbij steeds wordt gezocht naar mogelijkheden om verhoogde afvoeren veilig door de Maas af te voeren. Dijk- en kadeverhoging worden daarbij bij voorkeur zoveel mogelijk voorkomen. Met andere woorden: kan er voldoende ruimte worden gevonden om de verhoogde afvoeren zonder verhoging van de topwaterstanden op te vangen? De studies dienen daarnaast rekening te houden met de andere aspecten waar een rivierenlandschap mee te maken heeft: scheepvaart, natuur, drinkwatervoorziening etc.

Deze brochure is de weerslag van een eerste verkennend onderzoek dat in 2000 heeft plaatsgevonden. Het onderzoek Verkenning Verruiming Maas (VVM) heeft plaatsgevonden in opdracht van de Directie Limburg van Rijkswaterstaat en is uitgevoerd door het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA). Het grootste deel van het werk is uitgevoerd door het adviesbureau HKV LIJN IN WATER. Het onderzoek is een eerste vingeroefening om enig gevoel te krijgen voor de rivierkundige mogelijkheden om in de toekomst nog extreme hoogwatergolven veilig door de Maas af te voeren. Met het onderzoek wordt geprobeerd een aanzet te geven tot een meer integrale studie IVM (Integrale Verkenning Maas) die in het voorjaar van 2001 is begonnen.

De brochure is bedoeld voor de belanghebbenden in de Maasvallei, zoals provincies, waterschappen, dienstkringen en gemeenten.

De Maas: Van begin tot eind

Een internationale rivier

De Maas is 935 kilometer lang. Zij ontspringt ongeveer 200 km ten noordoosten van Dijon, op een hoogte van 490 meter boven zeeniveau. Vandaar vindt ze haar weg verder door Frankrijk, Luxemburg en België, voordat ze bij Eijsden ons land bereikt. In Nederland stroomt ze door Limburg en Brabant om in het Haringvliet in Zuid-Holland samen te stromen met het Rijnwater. Het Nederlandse deel is bijna 300 km lang.

Het stroomgebied van de Maas is ongeveer zo groot als Nederland en daarmee relatief klein. Dit, samen met het feit dat de Maas een echte regenrivier is, maakt dat intensieve regenval al binnen een dag kan leiden tot hoge waterstanden. Het zijn van een regenrivier betekent ook dat de afvoeren in de winter hoog zijn en in de zomer, als gevolg van minder neerslag en door verdamping laag. De gemiddelde afvoer is zo'n 230 m³/s terwijl de hoogste afvoer ooit gemeten plaatsvond in 1993 en ruim 3.000 m³/s bedroeg.

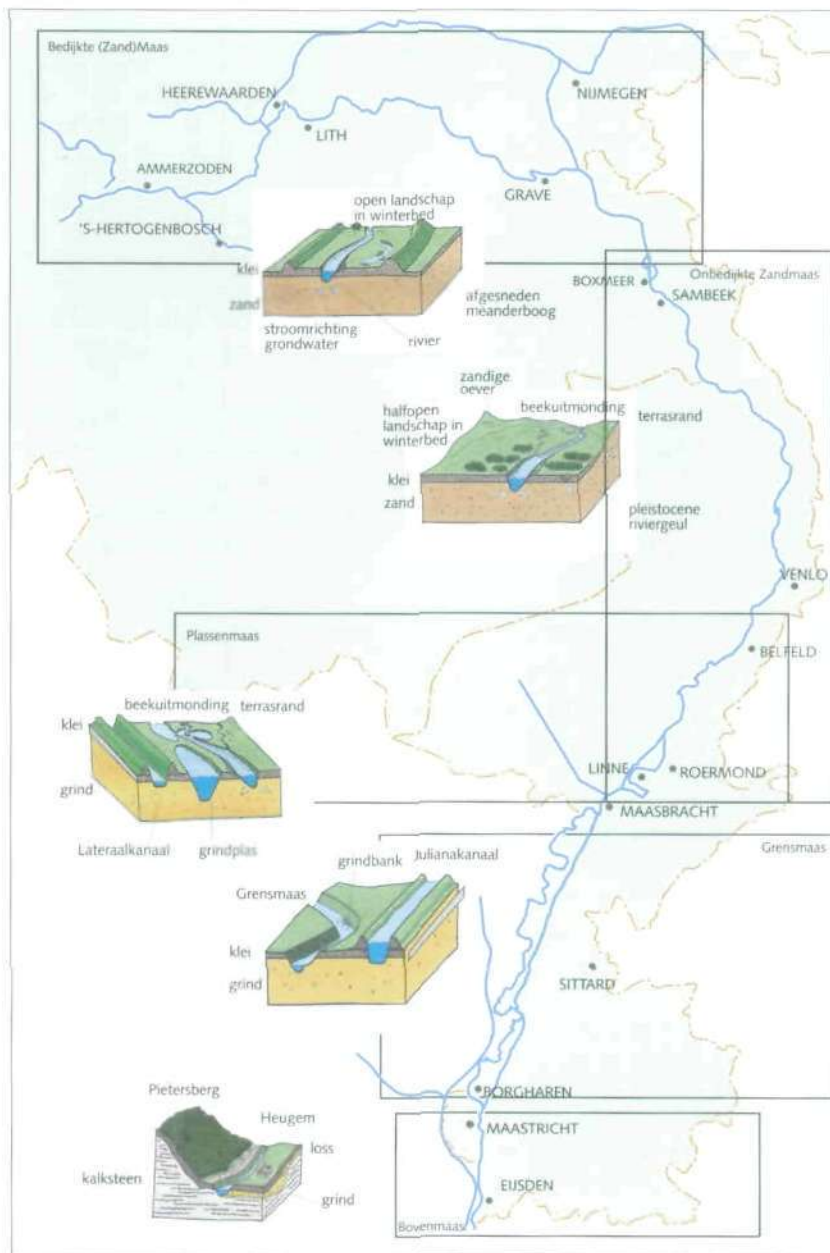
De bovenloop van de Maas staat bekend als de Lotharingse Maas. Zij loopt in Frankrijk vanaf de bron bij Pouilly-en-Bassigny tot de samenvloeiing met de rivier de Chiers. Het grootste gedeelte van dit traject kent nog de oorspronkelijke dynamiek met erosie- en sedimentatieprocessen. Het stroomgebied is hier langgerekt en smal en het winterbed is er breed. Daardoor heeft de afvoer er tot aan de monding van de Chiers een vrij kalm verloop. De smalle middenloop, de Ardenner Maas, loopt tot de Nederlandse grens bij Eijsden en doorsnijdt de harde gesteenten van het Ardens Plateau. Hierdoor zijn een smalle loop en een groot verhang ontstaan. Een aantal belangrijke zijrivieren voegt zich hier bij de Maas: de Viroin, Semois, Lesse, Sambre en Ourthe. Dit gedeelte is volledig gekanaliseerd, gestuwd en bevaarbaar. Door de V-vorm die het Maasdal hier heeft, de slechte doorlatendheid van de bodem en reductie van de overstromingsvlakte van de Maas en haar zijrivieren in de loop van de tijd, wordt het regenwater dat in de Ardennen valt zeer snel afgevoerd. De bijdrage van dit gebied aan hoogwatergolven in de Maas is dan ook erg groot. De bijdrage aan de lage afvoeren is daarentegen gering.

De Maas vormt tussen Eijsden en Maasbracht (met uitzondering van Maastricht) de grens tussen Nederland en België en heet daar dan ook toepasselijk Grensmaas. Het stuk tussen Eijsden en de stuw bij Borgharen (nabij Maastricht) wordt ook wel de Bovenmaas genoemd. Benedenstrooms van Maasbracht, tot aan Ammerzoden, spreken we over de Zandmaas. De Zandmaas wordt verder nog onderverdeeld in een onbedijkt en bedijkt stuk (onbedijkt tussen Maasbracht en Boxmeer, bedijkt benedenstrooms van Boxmeer).

De Grensmaas is de snelst stromende grote rivier van Nederland. Door het grove bodemmateriaal wordt dat gedeelte ook wel de Grindmaas genoemd.



Stroomgebied van de Maas



De Nederlandse Maas en haar trajecten

Op dit traject komen stroomsnelheden voor tot 4 m/s. Tot aan Maasbracht is de rivier vrijwel onbevaarbaar en gaat de scheepvaart over het parallel gegraven Julianakanaal. Bij Maasbracht en Roermond heeft grootschalige grindwinning plaatsgevonden en is een groot plassegebied ontstaan. Het gedeelte tussen Maasbracht en de stuw Belfeld (km 100,8¹) wordt daarom ook wel als de Plassenmaas aangeduid. Van Maasbracht tot aan Lith is de Maas gestuwd en daardoor goed bevaarbaar. Het economisch belang is daar dan ook aanzienlijk. Benedenstrooms van Lith stroomt de rivier weer vrij af. Bij lage afvoer is de invloed van het getij trouwens nog bij Lith merkbaar.

¹ Het betreft hier rivierkilometers, gemeten langs de as van de rivier. Eijsden ligt op km 2,56.

Hoogwater op de Maas



Hoogwater, januari 1995 (Visserweert)

De twee hoogwaters in het rivierengebied in 1993 en 1995 drukten ons met de neus op de feiten: de veiligheid in het rivierengebied is geen vanzelfsprekendheid. Langs de Maas veroorzaakten de hoogwaters grote overstromingen en aanzienlijke schade (voor beide hoogwaters samen ca 450 miljoen gulden). In 1993 werd de Commissie Watersnood Maas – beter bekend als de Commissie-Boertien II – in het leven geroepen. In december 1994 adviseerde de commissie over de mogelijkheden om toekomstige overlast te beperken. Na het hoogwater van januari 1995 kwam een en ander in een stroomversnelling. De regering kwam met het Deltaplan Grote Rivieren (DGR), waarmee de uitvoering van de geplande dijkversterkingen werd versneld. In het kader van DGR werd tevens onmiddellijk gestart met de aanleg van ruim 140 km kaden in het onbedijkte deel van de Maas, om steden en dorpen beter tegen de hoogwaters te beschermen. Deze kaden worden aangeduid als DGR-kaden. Naast de dijkversterking en kadanaanleg adviseerde de Commissie-Boertien II om de Maas belangrijk te verruimen om de gewenste veiligheid te bereiken. In 1996 werd dit streven formeel vastgelegd in de beleidslijn "Ruimte voor de rivier" van de ministeries van Verkeer en Waterstaat (V&W) en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM). Voor de Rijntakken en het benedenrivierengebied resulteerde dit in de studies Ruimte voor Rijntakken (RvR), respectievelijk Integrale Verkenning Benedenrivieren (IVB). Voor de Rijntakken was voorafgaande aan RvR reeds de studie Integrale Verkenning Rijntakken (IVR) uitgevoerd. Daarin werd onderzocht in hoeverre natuurontwikkeling in de uiterwaarden van de Rijntakken te combineren valt met

andere functies van de rivier (zoals scheepvaart en recreatie), alsmede winning van zand. Kort samengevat is in al deze studies bekeken hoe deze rivierengebieden zonder grootschalige dijkverhoging duurzaam kunnen worden beveiligd tegen hoogwater. Duurzaam betekent hier, dat gezocht is naar oplossingen die de veiligheid op de lange duur verhogen en tevens andere rivierfuncties (bv natuur en scheepvaart) bevorderen, of tenminste niet schaden. Bovendien werd rekening gehouden met hogere rivierafvoeren en zeewaterstanden als gevolg van klimaatveranderingen. In december 2000 heeft de Staatssecretaris van V&W haar definitieve standpunt over de gewenste vervolgaanpak gepresenteerd in de notitie Ruimte voor de Rivier.



Studies in waterland

Voor de Maas werd de handschoen voor het bereiken van de gewenste veiligheid opgepakt door Projectbureau De Maaswerken, een samenwerkingsverband van het Ministerie van V&W, het Ministerie van Landbouw, Natuurontwikkeling en Visserij (LNV) en de provincie Limburg. Het projectbureau werd in 1997 opgericht en betreft een samenvoeging van de twee deelprojecten:

Grensmaas (Maastricht - Roosteren) en Zandmaas/Maasroute (Maastricht - Den Bosch/Nijmegen). Naast het verminderen van de hoogwateroverlast streven deze projecten naar grootschalige natuurontwikkeling in combinatie met grindwinning (Grensmaas) en bevordering van vervoer over water en beperkte natuurontwikkeling (Zandmaas/Maasroute). De gevolgen van klimaatverandering worden echter niet beschouwd binnen De Maaswerken; het gaat hier om de veiligheid op de kortere termijn (tot 2015). Tenslotte dient in dit verband zeker het Actieplan Hoogwater Maas (1998) te

worden genoemd, dat een internationaler karakter heeft. In dit plan, opgesteld na de hoogwaters van 1993 en 1995, hebben de landen in het stroomgebied van de Maas afspraken gemaakt om tot een samenhangende duurzame hoogwaterbescherming te komen voor het hele stroomgebied, onder meer door rivierverruimende maatregelen te treffen.

NOTA'S EN RAPPORTEN	GEBEURTENISSEN	
	1993	Hoogwater Maas
	1993	Installatie Commissie Watersnood Maas (Boertien II)
Deltaplan Grote Rivieren (DGR) en Noodwet kaden	1995	Hoogwater Rijn en Maas
Beleidslijn Ruimte voor de Rivier	1996	
Nota Integrale Verkenning Rijntakken (IVR)	1996	
	1997	Oprichting Projectbureau Maaswerken
	1997	Start Ruimte voor Rijntakken (RvR)
	1997	Start Integrale Verkenning Benedenrivierengebied (IVB)
	1997	Start Verkenning Verruiming Maas (VVM)
Hoogwater Actieplan Maas	1998	
	2000	Afronding rivierdijkversterkingen i.k.v. DGR
Advies Integrale Verkenning Benedenrivieren	2000	Aanbieding advies RvR en IVB aan staatssecretaris
Advies Ruimte voor Rijntakken	2000	
Eindrapport Verkenning Verruiming Maas	2000	

Belangrijke momenten in de laatste 10 jaar

Uitdaging voor de toekomst.

De doorkijk naar de toekomst wordt geboden door de studie Verkenning Verruiming Maas (VVM). Daarin wordt onderkend, dat het klimaat in de komende eeuw kan veranderen en dat dat consequenties zal hebben voor de afvoer van de Maas en de zeewaterstand. Door beide effecten kunnen de huidige kaden en dijken weer te laag worden. Vraag is dan of nieuwe dijk- en kadeverhogingen nodig zijn, of dat de verhogingen van rivierafvoer en zeewaterstand op een andere manier veilig kunnen worden opgevangen. Deze vraag staat in VVM centraal.

Maas versus Rijn.

Een vergelijking met de Rijntakken, waar na het hoogwater van 1995 tot een versnelde uitvoering van het dijkverzwaringproject werd besloten, ligt voor de hand. Toch zijn er wezenlijke verschillen tussen de Rijntakken en de Maas, die het verschil in aanpak tussen enerzijds de acute hoogwaterbescherming (kade- en dijkverhogingen) en anderzijds de studies als Verkenning Verruiming Maas en het equivalent voor de Rijntakken (Integrale Verkenning Rijntakken) verklaren.

Om te beginnen is er natuurlijk een verschil in afvoer. De gemiddelde afvoer van de Rijn is met bijna 2.300 m³/s tien keer zo groot als op de Maas. De variatie tussen maximumafvoer en minimumafvoer is bij de Rijn echter relatief veel kleiner dan bij de Maas.

Alleen de Nederrijn is over een klein stuk gestuwd; de Waal en de IJssel stromen beide vrij af. De Maas daarentegen is over een veel groter deel gestuwd. De Grensmaas is een grindrivier (de enige in Nederland trouwens) en heeft daardoor specifieke morfologische processen, zoals afpleistering van de rivierbodem. De Rijntakken zijn overal bedijkt, terwijl de Maas in het bovenstroomse gebied onbedijkt is.

De waterstanden van de Maas zijn, zeker benedenstrooms van de Grensmaas, goed voorspelbaar. De langzaam oplopende wanden van het Maasdal vormen een soort natuurlijke dijken. Daarom is ook tijdens extreem hoogwater veel minder sprake van levensbedreigende situaties, omdat er voldoende mogelijkheden zijn voor de bevolking om bezittingen in veiligheid te brengen en te vluchten. De poldergebieden achter de dijken van de Rijntakken zijn een soort badkuipen. Bij een dijkdoorbraak zouden zij razendsnel vollopen, en leiden tot grote rampen en mogelijkveel slachtoffers. De poldergebieden zijn ook veel intensiever in gebruik dan de gebieden in het Maasdal. Hierdoor zijn de beschermingsniveaus van de dijken van de Rijntakken anders dan die van de kaden die het Limburgse achterland beschermen. Wel is het zo dat hoogwaters op de Maas en de Rijn vaak gelijktijdig voorkomen. Evenals voor de Maas was 1926 een berucht jaar voor de Rijn. Op de Maas werd een topafvoer van ca. 3.000 m³/s geregistreerd en op de Rijn bereikte de afvoer een recordwaarde van 12.600 m³/s.

Droge voeten in 2050?

In VVM is gezocht naar mogelijkheden om het beschermingsniveau van dijken en kaden langs de Nederlandse Maas van de Belgische grens tot Ammerzoden voor de lange termijn te garanderen en de gevolgen van een verhoogde afvoer door klimaatverandering te bestuderen. Dit alleen op grond van rivierkundige maatregelen zonder rekening te houden met bestuurlijke of soortgelijke beperkingen. Daarbij is uitsluitend gekeken naar verruimingsmaatregelen in het beheersgebied van Rijkswaterstaat Directie Limburg (van Eijsden tot aan Ammerzoden), waardoor de afvoer- en bergingscapaciteit in dat stuk van de Maas worden vergroot. Verhoging van de kaden en dijken is daarbij als ongewenst beschouwd en dus niet meegenomen.

In feite is de vraag dus:

"Kunnen we er voor zorgen dat in het jaar 2050 de huidige dijken en kaden langs de Maas nog voldoende bescherming tegen hoogwater bieden?"



Kade langs de Grensmaas

Voldoende houdt hierbij in, dat de Maasdijken de waterstanden nog moeten kunnen keren, die eens in de 1250 jaar worden verwacht. De kaden in de onbedijkte Maas mogen niet vaker dan eens in de 250 jaar overstromen. Dat houdt in dat *gemiddeld*, gezien op zeer lange tijdschalen van duizenden jaren, de kaden eens in de 250 jaar zouden mogen overstromen. Op de korte termijn van een aantal decennia kan het dan nog steeds voorkomen dat twee hoogwaters vlak na elkaar optreden, zoals gebeurd is in '93 en '95. Op grond van deze statistieken mag overigens zeker niet worden geconcludeerd dat een volgend hoogwater nog wel even op zich zal laten wachten, omdat er nog maar kort geleden eentje is geweest. Een hoogwater met een herhalingstijd van 250 of 1250 jaar kan ons ieder jaar overkomen.

Net als bij de studies IVB en RvR zijn scenario's voor de mogelijke klimaatveranderingen in de 21^e eeuw aangehouden. Een scenario bestaat uit een schatting van temperatuurstijging en daaraan gekoppelde zeespiegelstijging en toename van neerslag en dus rivierafvoer. Verder deelt VVM met de twee andere studies de doelstelling, dat problemen in een stuk stroomge-



Luchtfoto traject Grensmaas

bied niet mogen worden afgewenteld op de burens. Voor de Maas betekent dit bijvoorbeeld, dat het benedenrivierengebied geen extra last mag krijgen door rivierverruiming bovenstrooms. Zo is het niet de bedoeling, dat door rivierverruiming in de Maas de hoogwatergolf sneller benedenstrooms aankomt. Dat kan er namelijk toe leiden, dat de afvoer van zijrivieren als Dommel en Aa wordt gestremd door hogere Maaswaterstanden, waardoor langs die zijrivieren wateroverlast ontstaat.

Groot verschil met IVB en RvR is dat in VVM in eerste instantie vooral naar de veiligheid is gekeken. Andere rivierfuncties zoals natuur en scheepvaart zijn in deze eerste verkenning nog niet echt beschouwd, maar die zullen in de IVM-studie uiteraard aan de orde komen. VVM kan dus worden gezien als een vingeroefening om de 'rek' in de Nederlandse Maas te verkennen.

Hoe staan we ervoor: Het heden

Veiligheid

De dijken langs de grote Nederlandse rivieren zijn ontworpen op bepaalde afvoerniveaus. Deze afvoerniveaus worden voorspeld, door alle hoogwaters die zich gedurende de afgelopen eeuw hebben voorgedaan (we spreken van een hoogwater op de Maas als de afvoer de $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ overschrijdt) te beschouwen. Op basis van alle afvoergegevens en een risicobeschouwing (wat is wel en niet aanvaardbaar?), wordt een zogenaamde maatgevende afvoer (of ontwerpafvoer) vastgesteld. Het idee is dan, dat als een afvoergolf zich voordoet met een topafvoer die dezelfde is als de maatgevende afvoer, de dijken niet mogen overstromen. Het kan natuurlijk niet worden gegarandeerd, dat er nooit een afvoer komt die hoger is dan de maatgevende afvoer, maar die (kleine) kans wordt geaccepteerd. De maatgevende afvoer voor de bedijkte Maas zal in 2001 naar verwachting worden vastgesteld op $3.800 \text{ m}^3/\text{s}$. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat zo'n afvoer zich gemiddeld niet vaker dan eens in de 1250 jaar zal voordoen.

De maatgevende afvoer is overigens 25% hoger dan de hoogste afvoer (van $3.039 \text{ m}^3/\text{s}$ in 1993) die ooit is geregistreerd.

De overschrijdingskans van eens in de 1250 jaar is niet voor alle gebieden in Nederland die mogelijk door water worden bedreigd hetzelfde. Voor de Randstad bijvoorbeeld, die beschermd wordt door zeedijken, geldt een beschermingsniveau van eens in de 10.000 jaar. Dat betekent dus dat het acceptabel wordt geacht, dat gemiddeld eens in de 10.000 jaar de Randstad overstroomt. Het verschil ligt daarin, dat voor de Randstad een mogelijk gevaar vanuit zee komt. De waarschuwingstijden zijn dan erg kort, aangezien stormen en de gevolgen daarvan voor de golven zich moeilijker laten voorspellen. Bovendien leven er veel mensen in een economisch erg belangrijk gebied.

Inwoneraantal en economische belangen zijn ook de twee factoren waarom het beschermingsniveau in het rivierengebied is gesteld op 1250 jaar. Daarnaast speelt het feit mee dat hoogwaters voor rivieren langer van tevoren te voorspellen zijn en er dus eerder maatregelen kunnen worden genomen. Het onbedijkte deel van de Maas heeft daarbij dan ook nog eens het voordeel, dat door de geografische ligging het gebied slechts langzaam volloopt en de inundatiediepte in de gebieden veel kleiner is dan in polders langs de Rijntakken en de bedijkte Maas. Daardoor is de kans op slachtoffers langs de onbedijkte Maas veel kleiner. Dat vollopen gebeurt overigens wel al bij middelhoge hoogwaters. Al deze aspecten in ogenschouw nemend heeft de Commissie-Boertien II geadviseerd om in de niet-landelijke gebieden uit te gaan van een overstromingskans van eens in de 250 jaar. Om dat te bereiken zijn er in het kader van de no-dwet (eerste fase Deltaplan Grote Rivieren) in 1995 langs de bebouwde delen ringvormige dijken aangelegd, de al eerder genoemde kaden. Deze kaden bieden in de huidige situatie (zonder rivierverruiming) een bescherming tegen waterstanden die optreden met een kans van eens in de 50 jaar. In het kader van de Maaswerken moet het veiligheidsniveau voor dit traject in 2015² overigens zijn verhoogd naar eens in de 250 jaar. Een overstromingskans van eens in de

² In de 4^e nota Waterhuishouding en een daarop volgende brief (oktober 1997) heeft de minister van Verkeer en Waterstaat aangegeven de realisatie van de beschermingsdoelstelling langs de onbedijkte Maas te verschuiven van 2005 naar uiterlijk 2015.

250 jaar komt overeen met een topafvoer bij Borgharen van 3.275 m³/s. De hoogst gemeten afvoer van de Maas ooit is nog altijd zo'n 250 m³/s lager, hetgeen een duidelijk signaal is dat na afloop van de Maaswerken de rivier er weer een stuk veiliger op is geworden.

Hoe gaat het worden: De toekomst

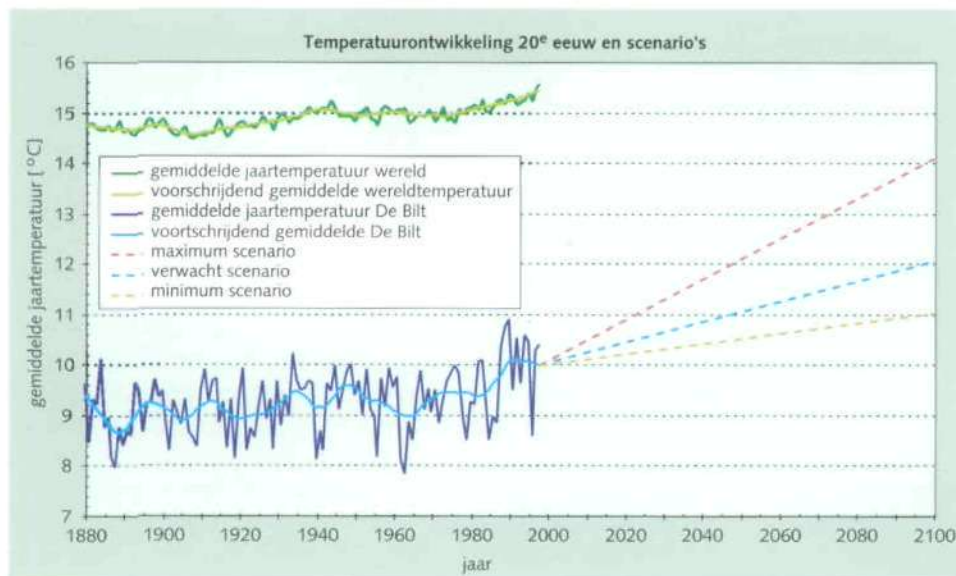
Klimaatveranderingen

Hoe en wat er met het klimaat gaat gebeuren was geen doel van de studie. Alleen de consequenties van klimaatveranderingen en het effect van rivierversuiming zijn geïnventariseerd. Daarvoor is dankbaar gebruik gemaakt van het vele klimaatonderzoek dat is en wordt uitgevoerd.

Vervolgens ging de interesse uit naar het effect van de klimaatveranderingen op de afvoer van de Maas. Anders gezegd: uit wetenschappelijke studies volgt de verwachting dat het klimaat in de komende eeuw zal wijzigen; uit andere studies blijkt dat dat gepaard gaat met meer regenval (met name in de winter) en dus hogere rivierafvoeren. Vraag is dan natuurlijk hoe de afvoergolf die bij Eijsden Nederland binnenkomt zal wijzigen door de geschetste klimaatveranderingen. Dat was het uitgangspunt voor deze studie, waarin vervolgens werd gekeken hoe die golf veilig door het Nederlandse deel van de Maas (of eigenlijk: het beheersgebied van de Directie Limburg van Rijkswaterstaat) kan worden afgevoerd.

De hele discussie rond globale klimaatverandering is met veel onzekerheid omgeven. Over de 'global warming' is op dit moment wel een zekere consensus bereikt: de wetenschappelijke wereld is het er over eens dat de gemiddelde temperatuur op aarde aan het stijgen is. Wat de lokale gevolgen voor Nederland zullen zijn is onzekerder. Om echter niet verrast te worden door de effecten van klimaatveranderingen, is besloten het probleem van verhoogde afvoer op de Maas te bestuderen en daarvan te leren.

In onderstaande grafiek is de temperatuurontwikkeling in de Bilt voor de afgelopen eeuw gepresenteerd. Tevens zijn prognoses voor de temperatuurontwikkeling voor de komende 100 jaar gegeven, die zijn gebaseerd op scenario's voor ontwikkeling van de wereldtemperatuur.



Temperatuurverloop De Bilt en scenario's tot 2100

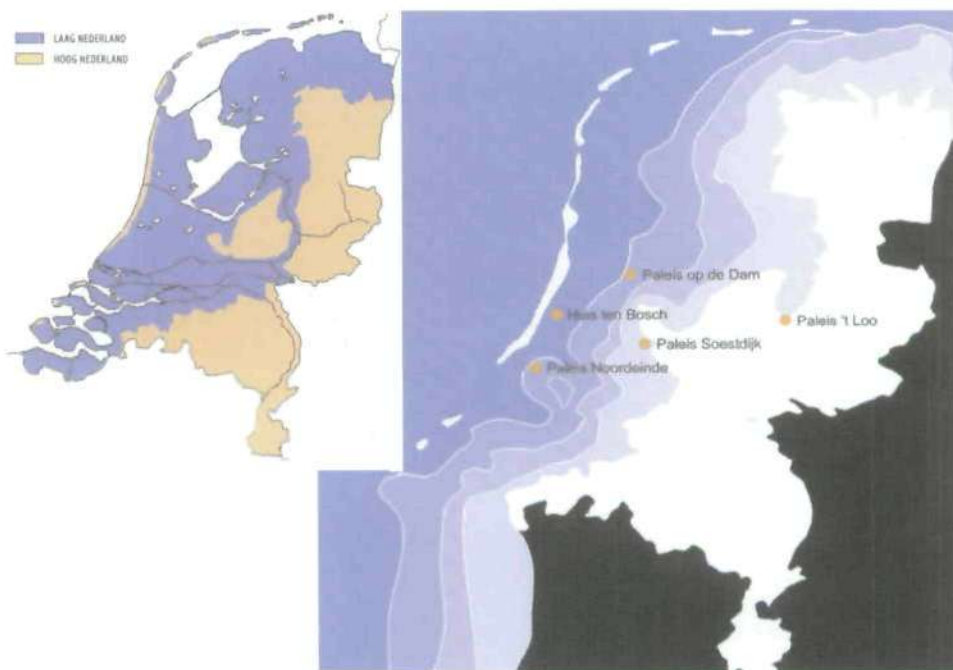
In de klimaatstudies van het KNMI wordt uitgegaan van een verwachte stijging van de temperatuur in 2050 van 1 graad Celsius. Daaromheen is een bandbreedte aangegeven: maximaal wordt een stijging van 2 graden aangehouden, minimaal moet op 0,5 graad worden gerekend³.

Klimaatveranderingen en de afvoer

Er is aangetoond, dat door de temperatuurstijging de neerslag door het jaar heen verandert. Als gevolg van 1 graad temperatuurstijging wordt in de winter een toename van de neerslag met 10% verwacht. Onderzoek heeft uitgewezen, dat dit kan worden vertaald in een afvoertoeename van eveneens 10%. De maximale temperatuurstijging van 2 graden leidt dus zelfs tot 20% afvoertoeename. De minimale afvoertoeename is toch nog altijd 5%. Voor de maatgevende afvoer betekent dat, dat in het beste geval moet worden uitgegaan van een topafvoer van 3.990 m³/s, in het slechtste geval van een topafvoer van 4.560 m³/s en gemiddeld gezien van een topafvoer van 4.180 m³/s. In de praktijk zal overigens vaak gerekend worden met afgeronde waarden: 4.000, 4.600 en 4.200 m³/s. Wanneer dit niet wordt gedaan, wordt de indruk gewekt dat de resultaten die uit de studie komen ook 'tot op de kuub' nauwkeurig zijn. Er moet steeds in de gaten worden gehouden dat het hier een verkennende studie betreft en dat de resultaten dus ook in dat licht worden gezien.

Klimaatveranderingen en de zeewaterstand

De volgende vraag is dan natuurlijk welke gevolgen klimaatverandering heeft op het Haringvliet, waar de Maas in uitstroomt. Omdat het zeeniveau zal stijgen door de klimaatverandering, zal ook op het Haringvliet het peil omhoog gaan. Een hoger zeeniveau betekent, dat de Maas haar water minder makkelijk kwijt kan. Net als voor de neerslag en de afvoer is onderzocht wat de invloed van een temperatuurstijging is op de zeewaterstand. Voor de minimale stijging wordt uit-



Hoogwaterdreiging vanuit zee (bron: Waterbeleid voor de 20^e eeuw, respectievelijk Office for Metropolitan Architecture)

³ In het meest recente rapport van het International Panel on Climate Change (IPCC) van januari 2001 is gesteld dat de in 1995 afgeleide bandbreedte van de temperatuurstijging van 1 tot 4 graden Celcius in 2100 conservatief is. Recent onderzoek geeft aan dat rekening moet worden gehouden met een wereldwijde stijging van de gemiddelde temperatuur van 1,4 tot 5,8 graden Celcius in 2100. De gevolgen voor Nederland worden op dit moment door het KNMI en het RIVM onderzocht en waren ten tijde van publicatie van dit rapport nog niet beschikbaar.

gegaan van 10 cm in 2050. Dit is in feite gebaseerd op een doorzetten van de huidige trend en wordt daarom wel de autonome ontwikkeling genoemd. De gemiddelde verwachting voor de zeespiegelstijging in 2050 is 25 cm. Een maximale schatting is 45 cm. Onderzocht is hoe een zeespiegelstijging doorwerkt op de waterstanden in het Haringvliet. Daaruit bleek dat van een zeespiegelstijging van 10 cm, 8 cm (dus 80%) overblijft op het Haringvliet bij de Anna Jacominaplaat. Deze plaats is als benedenrand gekozen in de voor de studie gebruikte rekenmodellen.

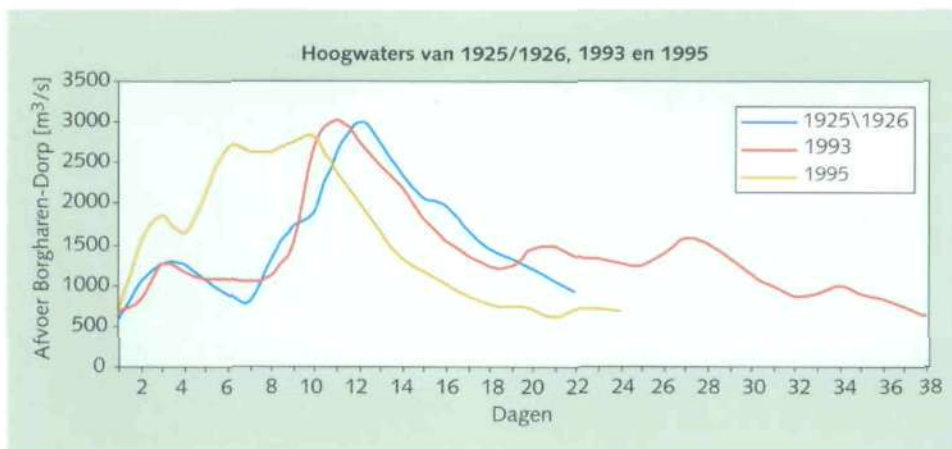
Op deze locatie zijn derhalve minimale, gemiddelde en maximale scenario's voor de waterstandstoename aangehouden van respectievelijk 8, 20 en 36 cm.

Klimaatveranderingen en de zijrivieren

Tenslotte is het nog interessant om te kijken naar de gevolgen van de klimaatverandering op de zijdelingse toestromen, zoals bijvoorbeeld de Roer en de Niers. Ook die zullen waarschijnlijk wel ten gevolge van meer neerslag een hogere afvoer kennen en door hun uitstroom in de Maas bijdragen aan een verhoogde Maasafvoer. Het probleem is echter, dat dit moeilijk te schatten is. Gemakshalve wordt echter aangenomen, dat de verhouding tussen de afvoer bij Eijsden en de zijdelingse toestromen vóór en na klimaatverandering gelijk zal zijn. En aangezien voor de afvoer bij Eijsden vóór en na de klimaatverandering wel een schatting bekend is, kan ook een schatting worden gemaakt voor de toekomstige zijdelingse toestromingen.

Vorm hoogwatergolf

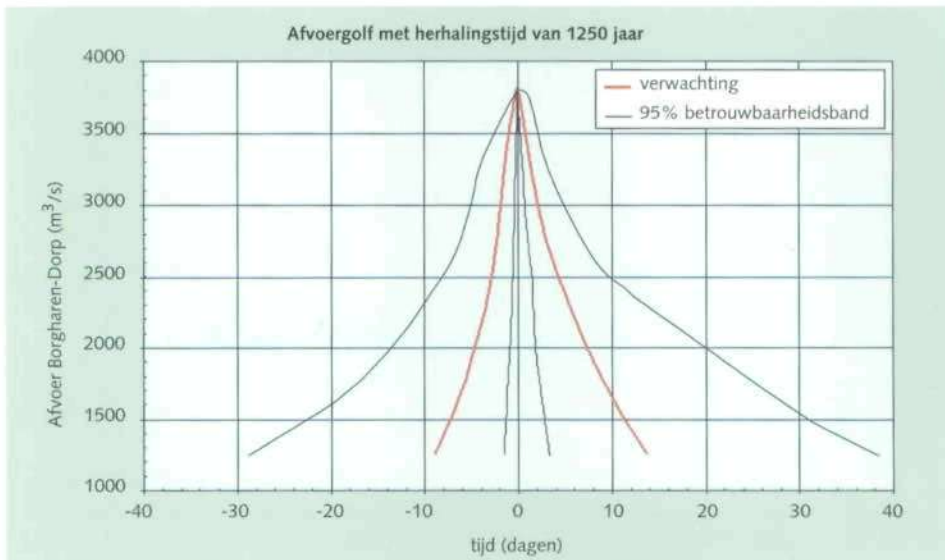
De grootte van de topafvoer is één ding, de vorm van de afvoergolf is een ander verhaal. Als de historische afvoergolven, zoals die voor de Maas sinds 1922 bekend zijn, met elkaar worden vergeleken, is een grote verscheidenheid te zien. Er zijn spitse golven, stompe, lange, korte, met twee pieken vlak achter elkaar, enz. Een categorisatie lijkt moeilijk te maken. Toch is dat belangrijk, omdat een spitse golf, met een snelle was (stijging van de waterstand) en val (daling), langs de Maas tot heel andere topwaterstanden kan leiden dan een stompe golf. Dit wordt veroorzaakt door het verschil in demping (of inzakken) tussen spitse en stompe golven. Een



Historische hoogwatergolven bij Borgharen

stompe of lange golf dempt minder dan een spitse golf. Een goed voorbeeld van een stompe hoogwatergolf is die van januari 1995. Hoewel de topafvoer bij Borgharen in januari 1995 bijna 300 m³/s lager was dan in december 1993 (spitse hoogwatergolf), waren de topwaterstanden verderop in de Maas belangrijk hoger dan in 1993. Bij het meetstation Grave-beneden (km 177) was het verschil bijvoorbeeld ca 20 cm.

Omdat de historische golven zo divers zijn en het onmogelijk is om alle mogelijke golfvormen mee te nemen in de berekeningen, is er een standaardgolf gedefinieerd. Op basis van alle gemeten historische golven is een soort gemiddelde golf gedestilleerd. Deze is te zien als een golf waarin in zekere zin alle bekende historie is verdisconteerd. Om de gemiddelde golf zit dan ook nog een betrouwbaarheidsband, die leidt tot een spitse en een stompe variant. Verondersteld wordt, dat in 95% van de gevallen de golfvorm valt tussen de spitse en stompe variant. De theoretische golven kunnen bij iedere topafvoer worden afgeleid. Een plaatje van de beschouwde golfvormen is hieronder te zien. De hoogwatergolf boven 1500 m³/s duurt tussen de 4 dagen (voor de spitse variant) en de 54 dagen (voor de stompe variant).



Theoretische afvoergolven Borgharen met herhalingsstijd van 1250 jaar.

Scenario's

Op basis van de klimaatscenario's en de mogelijke golfvormen zijn zogenaamde randvoorwaardenscenario's voor de studie tot stand gekomen. Voor de meeste berekeningen is uitgegaan van een verwachtingsscenario voor 2050, bestaande uit een temperatuurstijging van 1 °C, een afvoertoeename van 10%, een waterstandstoename bij de Anna Jacominaplaat van 20 cm en een gemiddelde golfvorm. Daarnaast zijn scenario's samengesteld waarin of temperatuurstijging, of de golfvorm, of beide anders zijn gekozen. Hier rolden de volgende extreme randvoorwaardenscenario's uit:

- Optimistisch, ofwel 'best case scenario': 0,5 °C temperatuurstijging, 8 cm waterstandstoename bij Anna Jacominaplaat en spitse golfvorm
- Pessimistisch, ofwel 'worst case scenario': 2 °C temperatuurstijging, 36 cm waterstandstoename bij Anna Jacominaplaat en stompe golfvorm

De topwaterstanden behorende bij het best case scenario worden beschouwd als een ondergrens. Hogere waterstanden dan horend bij het worst case scenario zijn onwaarschijnlijk.

Waar gaan we vanuit?

Voorafgaande aan de studie Verkenning Verruiming Maas is een definitiestudie uitgevoerd, waarin onder meer de uitgangspunten voor de studie zijn vastgelegd. Het is erg belangrijk om

deze helder en duidelijk uiteen te zetten, omdat alle resultaten in de vorm van plaatjes, grafieken, of getallen altijd geïnterpreteerd moeten worden met deze aannamen en uitgangspunten in het achterhoofd.

Hydraulische verkenning

De resultaten van de studie zijn uitsluitend hydraulisch beoordeeld. Hiermee wordt bedoeld, dat van allerlei ingrepen uitsluitend de hydraulische (dus: van invloed zijnde op de waterstand en afvoer) effecten zijn meegenomen. De effecten van de maatregelen op bijvoorbeeld de bodemverandering (de morfologie), de scheepvaart, of op de natuur (de ecologie) zijn buiten beschouwing gelaten. Ook een uitstapje naar de kosten van maatregelen en inrichtingsvarianten is niet genomen. Overigens betekent dit niet dat de studie geheel onrealistisch was. Het is bekend dat de Maas morfologisch niet erg actief is, dus het negeren van dat aspect hoeft niet op voorhand de resultaten onzeker te maken. De invloed van de scheepvaart is vaak heel lokaal en past dus niet in de verkennende opzet. De natuurlijke situatie langs de Maas is uiteraard wel meegenomen. De locaties van bossen, akkerland, ruigtes etc. en de aard van de bodem zijn meegenomen in de beschrijving van de ruwheid van het zomerbed en winterbed.

Geen dijkverhoging, liever meer ruimte

Eens in de 5 jaar worden de maatgevende afvoeren voor de grote Nederlandse rivieren vastgesteld. Als er gedurende de voorafgaande 5 jaar veel hoogwaters zijn geweest, kan dat betekenen dat de maatgevende afvoer omhoog gaat. Voor de vaststelling van de laatste maatgevende afvoer voor de Maas is het advies van de Commissie-Boertien I uit 1993 overgenomen. Dit advies hield in, dat er geen redenen waren om de destijds geldende maatgevende afvoer van 3.650 m³/s te wijzigen. De nieuwe maatgevende afvoeren voor de Maas en de Rijnakken worden in 2001 vastgesteld (het zogenaamde Randvoorwaardenboek 2001) en daarin tellen dus de hoogwaters van 1993 en 1995 mee. Voor de Maas zal daardoor de maatgevende afvoer naar verwachting (het Randvoorwaardenboek 2001 is nog niet volledig af) van 3.650 m³/s omhoog gaan naar 3.800 m³/s. De dijken langs de bedijkte Maas zouden dan mogelijk moeten worden verhoogd om het achtergelegen land weer veilig te maken. Echter, de Nederlandse regering heeft in haar op 19 april 1996 in werking getreden beleidslijn "Ruimte voor de rivier" bepaald, dat een verhoging van dijken niet wenselijk is. Nu niet en bij voorkeur ook in de toekomst niet. Op zich is dat logisch, want hoge dijken ontsieren het landschap en versterking heeft tot gevolg dat allerlei karakteristieke landschapselementen dreigen te verdwijnen. Bovendien zijn de gevolgen veel groter als zo'n hoge dijk onverhoopt toch zou bezwijken. Tenslotte speelt er nog een ander argument een rol. Toegenomen investeringen in het binnendijkse gebied (het gebied aan de landzijde van de dijken) houden in dat overstromingen een steeds ingrijpender effect hebben. Door steeds maar weer de dijken te verhogen wordt het gevoel van veiligheid versterkt, waardoor de investeringen weer toenemen en uiteindelijk de roep om dijkversterkingen weer opduikt. Zo dreigt een spiraal waar niet eenvoudig uit te komen is. Daarom is besloten dat alleen als het echt niet anders kan, de dijken mogen worden verhoogd. Maar eerst moeten alle andere maatregelen, die tot doel hebben de rivier te verbreden en te verdiepen en zodoende de mogelijkheid te geven meer water af te voeren, worden onderzocht.

Daarbij moet ook direct vooruit worden gekeken naar de toekomst, waarin ten gevolge van klimaatveranderingen meer hoogwaters van het kaliber '93 en '95 mogen worden verwacht. Dat betekent dat de maatgevende afvoer, die eens in de 5 jaar wordt vastgesteld, ook steeds hoger gaat worden. Dat houdt dan weer in dat de dijken weer omhoog zouden moeten en dat druist weer tegen het kabinetstandpunt in. Dus moeten er meer verruimingsmaatregelen worden getroffen. Maar welke dan, is daar wel ruimte voor en met welke afvoer moet dan eigenlijk in bijvoorbeeld 2050 rekening worden gehouden? En hoe gedragen allerlei stedelijke knelpunten, waar op voorhand al geen verruimingsmogelijkheden zijn, zich onder zo'n hoge afvoer? Allerlei vragen, waarop nu een antwoord moet worden gegeven. We moeten ons nu voorbereiden, zodat we gesteld staan voor de problemen die we in de toekomst wellicht zullen tegenkomen.

Schaalniveau

VVM is inderdaad een verkenning geweest. Dat weerspiegelt zich direct in de mate van detail waarnaar is gekeken. Verderop ("De aanpak: Van losse maatregelen naar inrichtingsvarianten") wordt hierop overigens nog teruggekomen. Er is duidelijk niet op uiterwaard-niveau gekeken (hetgeen een schaal van enkele honderden meters zou zijn) maar er moet eerder worden gedacht in termen van trajecten van een aantal kilometer lang, met daarin meerdere uiterwaarden. Wanneer er in het vervolg van maatregelen wordt gesproken, moet ook op die schaal worden gedacht: afgraven betekent afgraven over een stuk rivier van minimaal één of twee kilometer lang. Op die schaal vervaagt ook het onderscheid tussen bijvoorbeeld een nevengeul of een verbreding. Beide maatregelen zorgen voor een vergroting van het doorstroomoppervlak en de nadere specificering kan op dat schaalniveau niet meer worden gemaakt.

Vergelijkenderwijs

Het verhoogde afvoerscenario voor 2050 zal tot hogere waterstanden leiden indien de ruimtelijke situatie ongewijzigd blijft. Die situatie is vergeleken met de situatie zoals die nu geldt. Vervolgens is er gezocht naar maatregelen die nodig zijn om de situatie in 2050 de baas te kunnen. Het woord 'vergelijken' in het voorgaande is erg belangrijk. De ene situatie is met de andere vergeleken en er zijn geen uitspraken gedaan in de vorm van absolute getallen voor de situatie van 2050. De gebruikte modellen en technieken zijn daarvoor niet geschikt. In het volgende hoofdstuk wordt daarop nog teruggekomen. Voor de uitgangspunten heeft de studie zich beperkt tot de hydrologische (dat is: betrekking hebbende op afvoeren) omstandigheden en zijn geen uitspraken gedaan over een hele hoop andere zaken zoals die in 2050 zouden kunnen zijn. Zo is er bijvoorbeeld van uitgegaan, dat de bodemligging gelijk zal zijn. De vegetatieontwikkeling in de uiterwaarden is niet beschouwd als een autonome ontwikkeling (zoals de klimaatontwikkeling), maar als een externe factor waarop middels beheer invloed kan worden uitgeoefend. Concreet betekent dat, dat óf de oorspronkelijke vegetatie wordt gehandhaafd (na afgraving bijvoorbeeld), óf dat op voorhand al wordt ingeschat dat zich een andere vegetatie zal ontwikkelen. Wat in ieder geval niet is meegenomen is vegetatieontwikkeling. Dat proces is te ingewikkeld om te worden meegenomen in deze fase van de studie. Vegetatie vormde dus een onderdeel van de inrichting van de Maasvallei. Ondanks alle vereenvoudigingen en aannamen die ten grondslag hebben gelegen aan de studie, kan het resultaat interessante ideeën voor bepaalde oplossingsrichtingen opleveren.

Een goede beschrijving van de huidige situatie vormde een belangrijk onderdeel van het onderzoek, omdat het de uitgangssituatie voor de gehele studie vormde. In het vervolg wordt dat de *referentiesituatie* genoemd. Elke uitspraak die is gedaan over de situatie in 2050 is gebaseerd op vergelijking met de referentiesituatie. De situatie, zoals wordt verwacht dat die zal gelden in 2050 als er geen maatregelen worden genomen, wordt de *probleemdefinitie* genoemd. Voor zowel de referentiesituatie als de probleemdefinitie zijn de randvoorwaarden bij Eijsden (de bovenrand van de Maas in Nederland) en bij Ammerzoden (de benedenrand van het beheersgebied van Limburg) vastgelegd.

Omdat de studie Verkenning Verruiming Maas als zichtjaar 2050 heeft en ten tijde van het begin ervan de Maaswerken al bezig waren, leek het voor de hand om de gevolgen van de Maaswerken (die ook allerlei verruimingswerken gaan voorstellen) mee te nemen als uitgangspunt voor de studie, dus in de referentiesituatie. Daarmee zou een compleet beeld geschapen worden: De Maaswerken laat op redelijk gedetailleerd niveau zien wat er tot 2015 zal gaan gebeuren. Vanaf 2015 wordt verder verkend tot aan 2050 met in het achterhoofd de beschreven scenario's voor klimaatverandering.

Alhoewel de Maaswerken nu aardig op stoom beginnen te raken was de situatie aan het begin van 2000 nog erg onduidelijk. Onduidelijkheid over het huidige beschermingsniveau van de kaden, de te gebruiken afvoergolven en rekenmodellen, alsmede de besprekingen met grind- en

zandhandelaren waren daar mede debet aan. Wel werden er enkele proefprojecten gedefinieerd en in baggerbestekken ook uitgegeven. Dit alles betekende echter wel, dat alhoewel in het ideale geval het uitgangspunt van de studie Verkenning Verruiming Maas de situatie na de Maaswerken zou zijn, er uiteindelijk besloten is om de meest recente bodemligging vlak vóór de Maaswerken als uitgangspunt te nemen. Deze beslissing werd op pragmatische gronden genomen. De aanleg van de DGR-kaden langs de onbedijkte Maas is uiteraard wel in de referentiesituatie meegenomen.

De aanpak: Van losse maatregelen naar inrichtingsvarianten.

Het gereedschap

De in de studie gewenste voorspellingen kunnen niet worden gedaan zonder de hulp van geavanceerde computermodellen, waarin het natuurlijke systeem van de Maas op een of andere manier is gevat. Omdat het belangrijk is voor het begrip, wordt hier wat dieper ingegaan op de manier hoe een natuurlijk Maasysteem in een model kan worden gegoten, waarmee vervolgens hoogwatersituaties kunnen worden doorgerekend.

Het startpunt daarbij is de rivier zelf. Een paar elementen daarin zijn zeer eenvoudig: de Maas heeft een bedding, waardoor het water stroomt. Als bekend is hoé dat water door die bedding stroomt, kunnen daaruit de waterstanden en afvoeren worden gehaald. Het water voldoet aan allerlei fysische wetten, die in wiskundige vergelijkingen kunnen worden vertaald. Het probleem is echter, dat de natuur erg ingewikkeld is. De bedding van de Maas is geen rechthoekige bak, maar heeft een grillig verloop. Er staan bomen en heggen langs die het stromingsbeeld op een complexe manier beïnvloeden. Het plassen gebied en de splitsingspunten maken de zaak er niet eenvoudiger op. Hierdoor is de stroming in een rekenmodel niet exact na te bootsen, maar met vereenvoudigingen wel goed te benaderen. In plaats van de precieze bedding van de Maas als uitgangspunt te nemen, is de situatie vereenvoudigd. Niet elk boompje, bochtje, en steentje is in beschouwing genomen, maar er is op wat grovere schaal gekeken, zodat alleen de grotere elementen overblijven. Bovendien is een aantal vereenvoudigingslagen uitgevoerd met betrekking tot de dimensies. Berekening van de waterstanden en stroomsnelheden in alleen de langsrichting werd voldoende geacht. Variaties in dwarsrichting zijn dus genegeerd. Dit wordt de één-dimensionale (1D) benadering genoemd.

Bij Rijkswaterstaat worden de berekeningen daarvoor uitgevoerd met het programma SOBEK. De natuurlijke omstandigheden, met andere woorden de bossen, ruigtes, akkers, weilanden, heggen en andere landschapselementen die langs de Maas worden gevonden, hebben allemaal hun invloed op het stroombeeld. Deze invloed wordt in SOBEK op vereenvoudigde wijze verdisconteerd door de ruwheid of weerstand van het rivieroppervlak te variëren.

Voor SOBEK is de Maas in stukken van ongeveer 500 meter lang geknipt (de zogenaamde SOBEK-vakken). Dat is dan ook het fijnste niveau waarop uitspraken kunnen worden gedaan. Per vak wordt dan één waterstand en één stroomsnelheid berekend en er hoort slechts één gecombineerde ruwheid bij een vak.

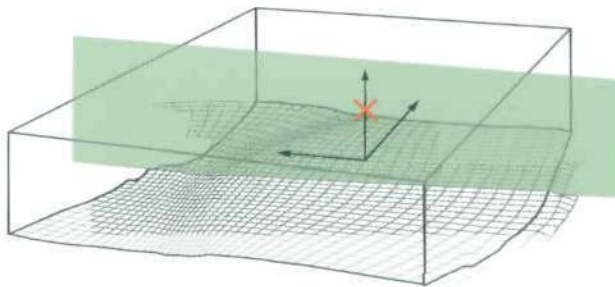
Alle maatregelen die in de studie zijn beschouwd, zijn in SOBEK geschematiseerd. Om dat op een handige manier te kunnen doen, is SOBEK opgenomen in een zogenaamd BeslissingsOndersteunend Systeem (BOS), het VVM-BOS. Daarin kunnen eenvoudig maatregelen worden ingevoerd (bijvoorbeeld: een weerdverlaging over 4 km, beginnend bij km 45), waarna de gevolgen voor de originele schematisatie (de referentie) kunnen worden bepaald. Vervolgens worden de hydraulische consequenties dan weer berekend met SOBEK en kan het BOS die op een makkelijke manier tonen. Het BOS vormt in deze zin dus een soort gebruikersschil rondom SOBEK.



de rivier

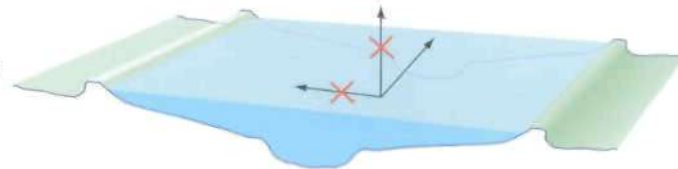


de topografie



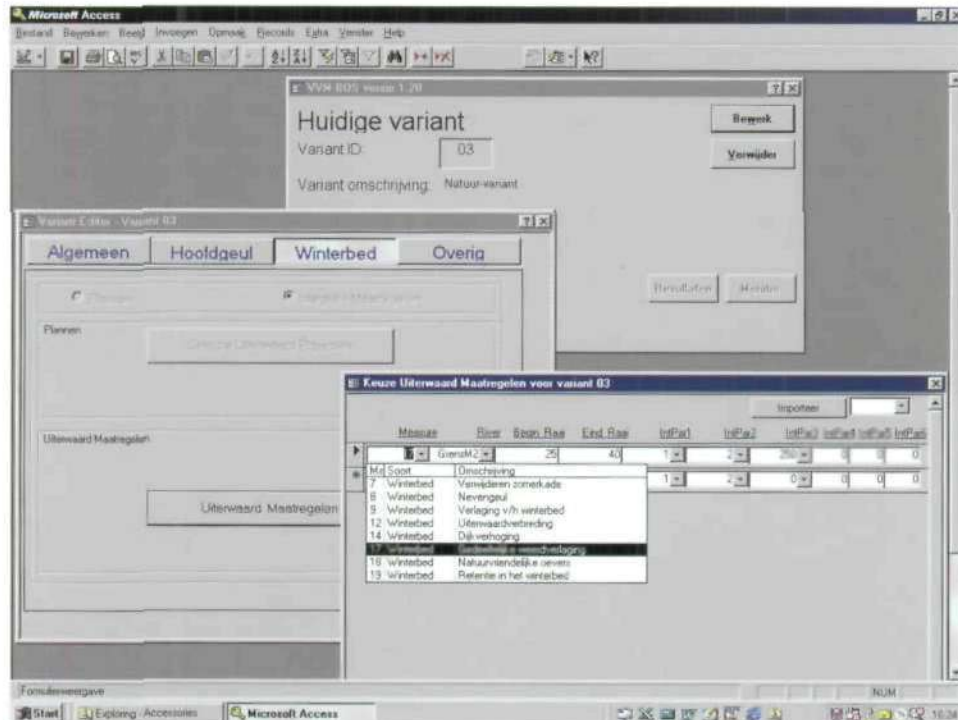
schematisatie in 2 dimensies

dwarsprofiel voor
1D model



Van werkelijkheid naar model

Het feit dat is gerekend met een 1D model heeft belangrijke voordelen. Vooral de beperking van de rekentijd in vergelijking met meer gedetailleerde rekenmodellen was belangrijk. Daardoor was het mogelijk om veel verschillende verruimingsmaatregelen door te rekenen om te kijken wat het waterstandsverlagende effect daarvan is. Er zijn echter ook belangrijke nadelen. Door alle aannames zijn een hoop details verloren gegaan. Daardoor mag niet worden verwacht, dat uitspraken kunnen worden gedaan over de situatie bij een afzonderlijke boerderij of veerstoep. Door alle vereenvoudigen moet voorzichtig worden omgesprongen met absolute uitspraken. Een modelresultaat dat bijvoorbeeld bij km 55 een waterstand van 34,44 m +NAP aangeeft, zegt nog weinig. De onzekerheid van de berekende waterstanden in het afvoerbereik dat in het verleden nog nooit is opgetreden, is naar verwachting aanzienlijk. Op basis van de berekeningen kan echter wel wat worden gezegd over de verschillen tussen de huidige situatie (de referentie) en de toekomstige situatie.



Het VVM-BOS: een gebruikersvriendelijke schil

Waar nu nog niet over is gesproken, is hoe alle uitgangspunten uit het vorige hoofdstuk (benedenrand en bovenrand, dijken, kaden) in het model zijn verwerkt.

Het lag voor de hand om voor het model op bedijkte delen de bandijken als grens te nemen. Immers, het doel was niet om te zien wat er gebeurt als de dijken overstromen; maar juist om zodanige maatregelen te nemen, zodat dat niet gebeurt. Dijken en kaden zijn daarom zo hoog verondersteld dat zij nooit kunnen overstromen ('oneindig' hoog). Uiteraard is bij alle berekeningen wel geanalyseerd of met alle genomen maatregelen de waterstand inderdaad onder het gewenste niveau is gebleven.

In het model zijn verder zoveel mogelijk de belangrijkste elementen opgenomen, geheel in lijn met een 1D-benadering.

Het startpunt van alle berekeningen was een geschematiseerde hoogwatergolf, zoals al eerder is uitgelegd.

De maatregelen

Er is nu al een aantal keren gesproken over maatregelen. Hier wordt ingegaan op de gebruikte maatregelen die zijn beschouwd om die hogere afvoeren op te vangen en hoe die maatregelen 'gevangen' zijn in een model.

Op basis van ervaringen met de Rijn en het benedenrivierengebied, alsmede specifieke eigenschappen van de Maas, zijn mogelijke rivierverruimingsmaatregelen voor de Maas vastgesteld. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen maatregelen in het zomerbed van de rivier, de uiterwaarden of het winterbed van de rivier en het binnendijkse gebied (gebied achter de dijken en de kaden).

Zomerbed

- Verdieping: uitdiepen van de rivier;
- Verbreding: de rivier wordt breder gemaakt door de oevers weg te graven;

Winterbed

- Uiterwaardverlaging: de uiterwaarden worden verlaagd, door overal een laag weg te graven (afpellen), of door de uiterwaard op een vast niveau te brengen. Hierbij is het mogelijk om in de vergraven stukken natuur te laten ontstaan (natuurontwikkeling), die dan wel voor wat opstuwung kan zorgen;
- Gedeeltelijk weerdverlaging: de uiterwaard wordt in een strook direct grenzend aan de rivier vergraven, waarbij de diepte van de vergraving het grootste is dicht bij de rivier;
- Uiterwaardverbreding: het verleggen van dijk of kade in binnendijkse richting;
- Nevengeulen en hoogwatergeulen: geulen die parallel lopen aan de rivier en die vooral tijdens hogere afvoeren een deel van het water transporteren;

Binnendijks

- Retentie: dit is de tijdelijke opvang van water. Hierbij moet worden gedacht aan het tijdelijk bergen van water in de zijrivieren, of in gebieden achter de kaden en de dijken (zie ook verderop).

In onderstaande schets zijn de maatregelen grof ingetekend.



- | | |
|---|---|
| 1. Zomerbedverdieping | 5. Uiterwaardverlaging |
| 2. Zomerbedverbreding | 6. Hoogwatergeul |
| 3. Weerdverlaging met natuurontwikkeling (natuurvriendelijke oever) | 7. Retentie |
| 4. Natuurontwikkeling | 8. Dijkverlegging (bedijkte Maas) of verbreding winterbed (onbedijkte Maas) |

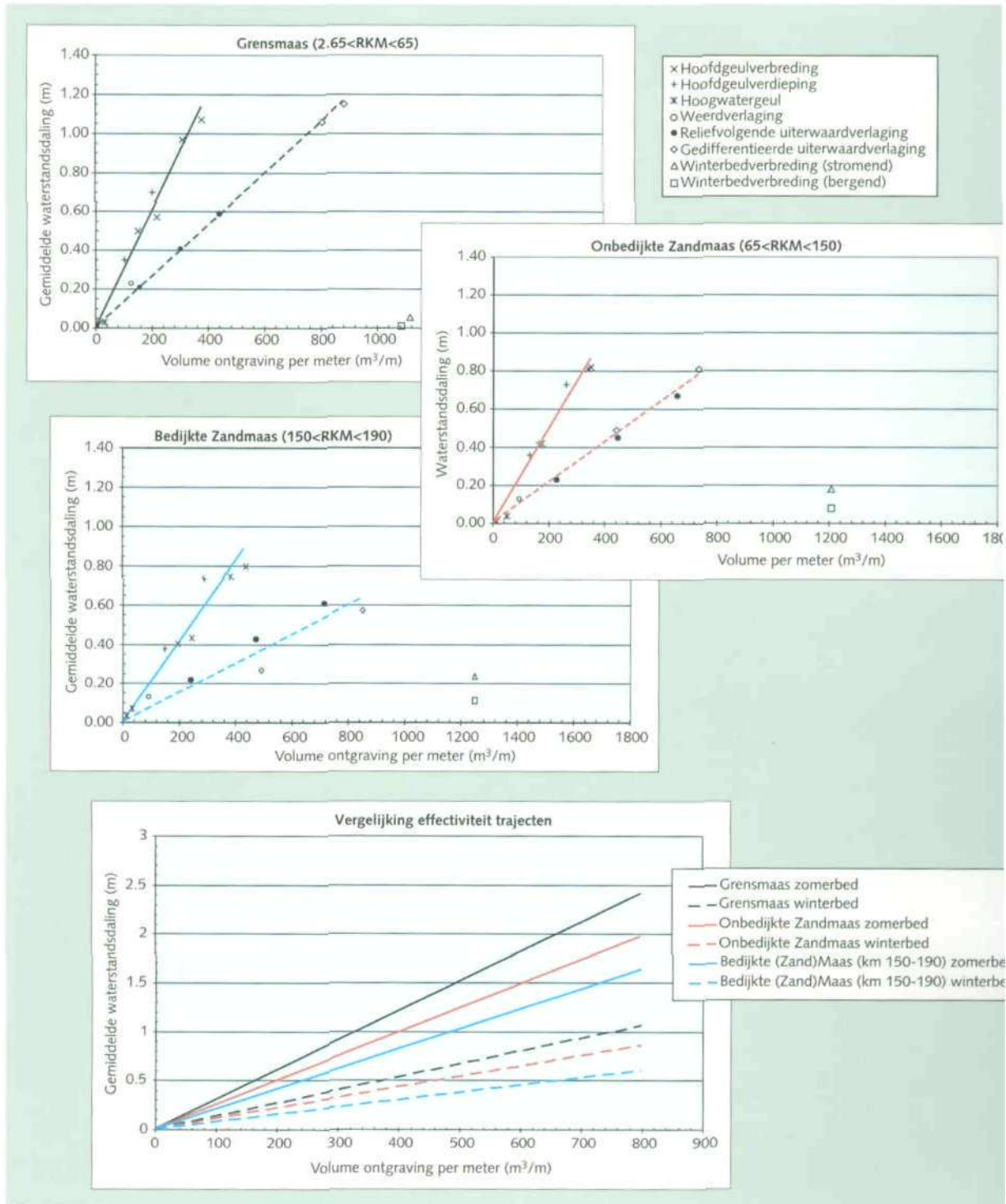
Verruimingsmaatregelen Maas

Als eerste stap in de verkenning is voor al deze maatregelen bekeken welk effect ze hebben op de waterstanden en de afvoeren, als de maatregelen langs de gehele rivier worden uitgevoerd. Hierbij is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van infrastructuur en steden en dorpen, waardoor verruiming daar mogelijk niet kan. De berekeningen zijn slechts bedoeld om idee te geven van het mogelijke effect van maatregelen. Daarbij ging de interesse uit naar de maximale waterstanden en de maximale afvoeren tijdens hoogwater, de overstromingsoppervlakte in het hoogwaterbed van de Maas en de snelheid waarmee een hoogwatergolf door de Maas beweegt. Dit laatste wordt uitgedrukt in de looptijd van hoogwatergolven tussen Eijsden en Ammerzoden.

In onderstaande grafieken is aangegeven welk effect de maatregelen in zomer- en winterbed hebben op de topwaterstanden in de Maas. Hierbij is uitgegaan van een afvoergolf die eens in de 250 jaar wordt verwacht. Er is onderscheid gemaakt tussen drie trajecten van de Maas die ieder een eigen karakter en eigenschappen hebben:

1. De Grensmaas: het steilste stuk Maas tussen Eijsden bij de grens met België (km 2,56) en Maasbracht (km 65).
2. De Onbedijkte Zandmaas: de Maas met kaden en zonder dijken tussen Maasbracht en Boxmeer (km 150), waar het rivierverhang klein is ten opzichte van de Grensmaas. In het zuidelijke deel van de Zandmaas zijn veel grindplassen.
3. De Bedijkte (Zand)Maas: de Maas tussen Boxmeer en Ammerzoden (km 226), waarlangs dijken zijn aangelegd.

Voor het laatste traject is alleen naar het stuk tussen Boxmeer (km 150) en Megen (km 190) gekeken. Tussen Megen en Ammerzoden (km 226) moet de waterstandsdeling zich nog opbouwen, aangezien in de studie benedenstrooms van Ammerzoden geen rivierverruiming is voorzien. De maximale waterstandsdeling van een verruimingsmaatregel op de bedijkte (Zand)Maas wordt derhalve pas ca 35 km bovenstrooms van Ammerzoden bereikt. Deze opbouw van de waterstandsdeling wordt wel het 'stuwkromme-effect' genoemd. Voor een zuivere vergelij-



Effect van verruimingsmaatregelen op topwaterstanden per traject

king tussen Grensmaas, Onbedijkte Zandmaas en Bedijkte (Zand)Maas ligt het dus voor de hand om het 'opbouw'gebied tussen Megen en Ammerzoden buiten beschouwing te laten.

De grafieken laten duidelijk zien dat verruimingsmaatregelen in het zomerbed grotere invloed hebben op de waterstanden dan maatregelen in het winterbed. Een verlaging van het winterbed in de vorm van weerd- en uiterwaardverlaging of hoogwatergeulen, geeft een waterstands daling die ongeveer de helft is van de waterstands daling als gevolg van eenzelfde (in termen van ontgraving) verruiming in het zomerbed. Dit kan worden verklaard doordat tijdens hoogwaters gemiddeld gezien zo'n 60 à 70% van de rivierafvoer door het zomerbed van de rivier gaat. Verruimingsmaatregelen hebben het grootste effect op de waterstanden als ze worden genomen in het deel van de rivier waardoor het meeste water gaat: voor de Maas is dat dus het zomerbed.

De grafieken tonen tevens, dat er verschillen zijn tussen de drie riviertrajecten. De effectiviteit (gedefinieerd als de gemiddelde waterstands daling als functie van de ontgraving per meter rivier) is op de Onbedijkte Zandmaas ca 20% kleiner dan op de Grensmaas. Op de Bedijkte (Zand)Maas is de effectiviteit zelfs 35 tot 40% kleiner dan die op de Grensmaas. Het verschil in effectiviteit heeft onder meer te maken met het gemiddelde dwarsprofiel per traject. In de nauwe dwarsprofielen van de Grensmaas betekent een ontgraving van een zeker volume per meter rivier, een relatief grotere verruiming dan op de rest van de Maas, waar de dwarsprofielen wat ruimer zijn. Een relatief grotere verruiming betekent tevens dat de waterstanden sterker daarop reageren.

	Topwaterstanden ¹	Topafvoeren Ammerzoden ¹	Inundatieoppervlak ¹	Looptijd ²
Vaste uiterwaardverlaging	+	-	0/+	-
Uiterwaardverlaging + verhoogde ruwheid	-	+	-	+ / ++
Gedifferentieerde uiterwaardverlaging	+	-	-	-
Weerdverlaging	+	0	+	0/-
Weerdverlaging + NVO	0/+	0	0/+	0
Uiterwaardverbreding stromend	+	0/+	-	+
Uiterwaardverbreding bergend	0/+	+	-	++
Retentie zijbeken	+	++	+	+
Inundatie retentiegebieden	+	++	0/+	++
Binnendijkse retentie	0/+	+ / ++	0/+	0
Hoogwatergeulen	0/+	0/-	0/+	0/-
Zomerbedverbreding	++	0/+	++	0/-
Zomerbedverdieping	++	0/+	++	0/+

¹ ++	veel verlaging	² ++	veel vertraging
+	verlaging	+	vertraging
0	neutraal	0	neutraal
-	verhoging	-	versnelling
--	veel verhoging	--	veel versnelling

Hydraulische effecten verruimingsmaatregelen

Tenslotte maken de figuren duidelijk dat verbreding van het winterbed door verlegging van kaden of dijken veel minder effectief is dan het verdiepen van het winterbed. Dit komt omdat winterbedverbreding betekent dat pas bij hogere waterstanden extra ruimte wordt toegevoegd. Alleen bij de allerhoogste afvoeren geeft dit dus wat waterstands daling. Verdieping van het winterbed werkt tevens bij lagere afvoeren en heeft ook bij de hogere afvoeren veel meer effect. Naast de effecten van de maatregelen op de topwaterstanden, hebben ze ook effect op de afvoeren, de inundatieoppervlakte bij hoogwaters (oppervlakte van de Maasvallei die tijdens hoogwater onder gaat) en de looptijd van de hoogwatergolf tussen Eijsden en Ammerzoden. In voorgaande tabel zijn de effecten van de maatregelen op genoemde aspecten samengevat in kwalitatieve termen.

De tabel laat duidelijk zien, dat toevoegen van berging door verruiming de topafvoeren in de rivier verlaagt en de golf afremt. Deze maatregel is daarom gunstig voor bestrijding van negatieve benedenstroomse effecten. Natuurontwikkeling geeft enerzijds opstuwning, maar zorgt er tevens voor dat de hoogwatergolf wordt afgeremd.

Retentie: Een heet hangijzer?

Zoals al uitgelegd hebben bijna alle verruimingsmaatregelen een lokaal effect. Ter plekke van de maatregelen is er een verlaging in de waterstand en door de al eerder genoemde stuwkrommes werkt dat effect door in bovenstroomse richting. Uiteindelijk echter, op voldoende afstand van de maatregel, is het effect weer weg.

Er is echter één maatregel die ook een blijvend effect heeft in benedenstroomse richting: Retentie. Dit is het tijdelijk opslaan van water, om zodoende de hoogwatergolf 'af te toppen'. Het mag duidelijk zijn dat daardoor het volume van de golf ('het aantal kuubs') blijvend wordt verlaagd en dat daardoor dus voor het gehele benedenstroomse gebied een waterstandsverlaging wordt bereikt. Bij retentie zijn op voorhand echter een paar belangrijke kanttekeningen te maken.

Om te beginnen is er natuurlijk het gevoelsmatige effect. Een gebied bewust onder water zetten kan grote gevolgen hebben, waar op voorhand goed over moet worden nagedacht. Welke criteria worden gehanteerd voor het aanwijzen daarvan? Geringe economische activiteit en weinig bewoning zijn eerste vereisten. De gevolgen voor de natuur moeten in kaart worden gebracht. Hoe vaak zou het gebied ingezet moeten worden? Hoe wordt omgegaan met de schade? Om dit goed in kaart te brengen moet een uitgebreide studie naar het ruimtegebruik langs de Maas worden gestart, waarbij met name het meervoudig ruimtegebruik aan bod zou kunnen komen. Zijn gebieden zó in te richten dat ze meerdere functies (bijvoorbeeld retentie én natuur) kunnen vervullen? En zouden er dan nu al gebieden voor moeten worden gereserveerd? In de studie VVM is dit in het geheel niet bekeken. Er is alleen naar de hydraulische effecten van retentie gekeken. Maar ook hydraulisch zijn op voorhand al een paar opmerkingen te maken.

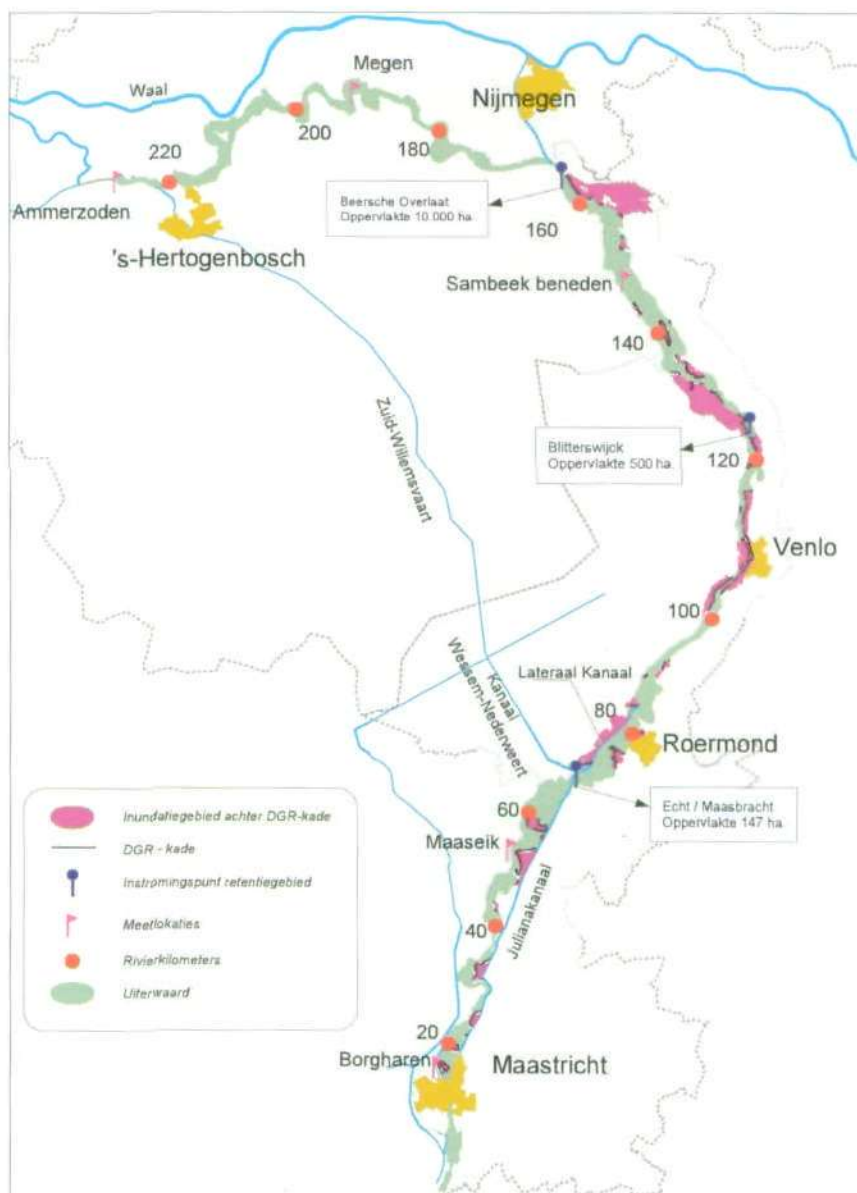
Ten eerste is het natuurlijk zo dat een retentiemaatregel zo ver mogelijk bovenstrooms zou moeten worden genomen om voor een groot deel van de rivier effect te hebben. Het is maar de vraag of daarvoor überhaupt ruimte is.

Ten tweede is het moment van inzet van het retentiegebied erg belangrijk. Vaak worden er inlaatconstructies gebruikt met een vaste overlaathoogte. Vanaf een zekere, gegeven hoogte zal het water het gebied instromen. Dat zou kunnen betekenen dat in speciale gevallen (denk bijvoorbeeld aan de hoogwatergolf van 1995, die duidelijk twee pieken had, een paar dagen na elkaar) het gebied al vol is en daardoor geen ruimte meer biedt om de tweede top op te vangen, met alle gevolgen van dien. Moeten er dan regelbare overlaten komen, zodat beter kan worden beslist wanneer het gebied ingezet moet worden? Het is daarbij uiteraard van groot belang om goed te kunnen voorspellen wat de afvoer- en waterstandsverwachtingen voor de komende dagen zijn. Hoe verder benedenstrooms het retentiegebied, hoe langer de voorspeltijd is en hoe beter de inzet van de retentie te bepalen is. Soortgelijke overwegingen gelden

overigens ook voor de uitlaatwerken. Uiteindelijk moet het water natuurlijk wel weer het gebied uit kunnen (als de hoogwatergolf voorbij is). Wel is het zo dat retentie de loopsnelheid van de golf beïnvloedt. De golf wordt niet alleen afgetopt, maar ook vertraagd. Ook dat wordt weer als een gunstig hydraulisch effect gezien.

Niet gehinderd door ruimtelijke overwegingen van wie dan ook (wederom passende bij het verkennende karakter van de studie) is in VVM gekeken naar het effect van retentie. Uitdrukkelijk wordt er hier vermeld, dat het een puur verkennende optie is geweest om te kijken wat voor positieve hydraulische gevolgen retentie zou kunnen hebben. Het is zeker niet zo dat wordt geadviseerd om de gebieden daarvoor te reserveren, ze zijn slechts gebruikt als illustratie.

Er zijn twee lijnen gevolgd (zie ook onderstaande kaart). Om te beginnen is gekeken wat er gebeurt, als de DGR-kaden overstromen en de gebieden erachter dus als retentiegebied gaan fungeren. Dit zal pas bij de allerhoogste afvoeren gebeuren, omdat de kaden nu een bescherming bieden tegen hoogwaters met een herhalingsstijd van ongeveer 50 jaar. In de toekomst



Retentie langs de Maas: enige voorbeelden

(na De Maaswerken) worden zelfs hoogwaters met een herhalingstijd van 250 jaar door de kaden gekeerd. Ergo, bij hogere afvoeren met een herhalingstijd van bijvoorbeeld 1250 jaar, overstromen de kaden inderdaad. De bekade gebieden strekken zich uit van Borgharen (km 16,6) tot aan Plasmolen (km 163) en hebben een totale oppervlakte van ruim 6.400 hectare. Op zichzelf is dit een zeer aanzienlijk gebied, maar wel verdeeld over 155 kilometer rivier. De gevolgen van de retentie achter de DGR-kaden laten zich raden. Op de Grensmaas is het effect gering (maar ook de oppervlakte achter de DGR-kaden is daar nog klein), benedenstrooms loopt het effect op tot zo'n 25 cm waterstandsverlaging. De topafvoer is dientengevolge bij Ammerzoden met 200 tot 250 m³/s verminderd. Als belangrijk bijkomend effect kon worden vastgesteld dat de golf flink vertraagt: zonder retentie is de looptijd van de golf tussen Eijsden en Ammerzoden ruim 60 uur; als gevolg van retentie komt de top ongeveer 20 uur later in Ammerzoden aan.

Naast de retentie achter de DGR-kaden zijn nog een drietal binnendijkse gebieden bekeken. Deze zijn mede in overleg met Directie Limburg gekozen. Nogmaals wordt er op gewezen, dat deze gebieden uitsluitend ter illustratie zijn gebruikt: Wat zouden dergelijke oppervlakten kunnen betekenen voor de topwaterstanden? Er ligt in geen enkel geval een claim op die gebieden.

Vanuit historisch perspectief is er gekozen voor de Beersche Overlaat met een oppervlakte van 10.000 hectare en voor Blitterswijck (500 hectare). Verder wordt het gebied rond Echt/Maasbracht (147 hectare) in beschouwing genomen. De instroom van dat laatste gebied wordt via het Julianakanaal verwacht. In totaal is de retentieoppervlakte van de drie gebieden dan bijna 11.000 hectare. De instroomhoogtes zijn opgemaakt uit de topografische gegevens, gecombineerd met het gewenste niveau waarop de afvoergolf moet worden afgetopt. Dit alles is wederom in overleg met de directie Limburg vastgesteld.

Ook hier laten de hydraulische effecten zich weer raden. De Beersche Overlaat geeft het grootste effect (zo'n 50 cm waterstandsverlaging) bij de afvoer van ongeveer 4.200 m³/s (de verwachte 1/1250-ste golf). De aftopping van de golf is dan ruim 500 m³/s (bijna 12%).

Er is ook gekeken naar een combinatie van de 3 retentiegebieden. Daarbij bleek dat bij de afvoer van 4.200 m³/s het retentiegebied bij Echt/Maasbracht al is volgelopen in de was van de afvoergolf. Daaruit blijkt, dat de vaste overlaathoogte die daar is aangehouden duidelijk niet voldoet. Het retentiegebied faalt in de opzet, namelijk het aftoppen van de golf. Daardoor zijn de effecten op de topwaterstand bij het wel of niet inzetten van dit gebied (in de combinatie) nagenoeg hetzelfde. Bij een afvoergolf die gemiddeld eens in de 250 jaar voorkomt (topafvoer ruim 3.200 m³/s) heeft dat gebied juist heel veel effect, omdat de top een stuk lager is en het gebied dan op een gunstig moment instroomt.

Als de resultaten van de drie retentiegebieden worden vergeleken met die van de gebieden achter de DGR-kaden zijn er duidelijke verschillen te constateren. Daarvoor zijn echter ook wel redenen aan te geven. Het verschil in oppervlakte is aanzienlijk (de Beersche Overlaat is ca 55% groter dan alle DGR-gebieden bij elkaar), de locatie is uiteraard anders (de Beersche Overlaat ligt veel verder benedenstrooms dan het laatste DGR-gebied) en de DGR-gebieden inunderen eerder. Dat laatste heeft een effect op de aftopping en op de vervorming van de hoogwatergolf. Geconcludeerd kan worden, dat grootte, locatie langs de Maas en het moment van instromen bepalen hoe groot het effect van het retentiegebied is in termen van waterstanden en afvoeren.

Flessenhalzen en andere obstakels: Hydraulische knelpunten.

Een aparte categorie van problemen in de rivierbedding wordt gevormd door de zogenaamde hydraulische knelpunten. Hierbij valt te denken aan een veelheid van elementen die op een of andere manier de stroming in de rivier belemmeren, op een zeer lokaal niveau. Het kan bijvoorbeeld een veerstoep zijn, die voor opstuwing zou kunnen zorgen, een spoorbrug op een

hoog talud, een flessenhals in de rivier of stedelijke bebouwing die te zeer is opgerukt in het winterbed. De verwijdering van dit soort knelpunten levert doorgaans een substantiële waterstandsverlaging op. Het is dus een type maatregel dat in het complete pakket niet mag ontbreken. Kijkend naar het rekenmodel dat is gebruikt, dringt zich echter wel een vraag op: Hoe gaan we om met de verwijdering van knelpunten?



Hydraulisch knelpunt bij Roermond

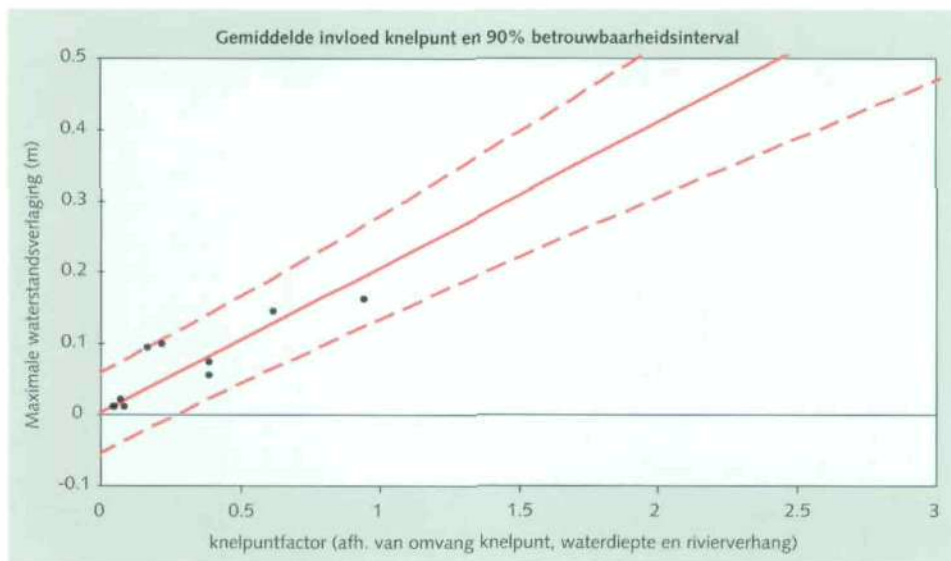
Om de invloed van de verwijdering van hydraulische knelpunten te kunnen beoordelen is een elegante methode bedacht. Om te beginnen moesten de knelpunten worden opgespoord. Daarvoor is gekeken naar zogenaamde stroombaankaarten. Dit zijn afbeeldingen van het stromingspatroon in de rivier en over de uiterwaarden, die zijn gemaakt met behulp van een 2-dimensionaal rekenmodel (in plaats van het 1-dimensionale SOBEK). Als de stroomlijnen dicht op elkaar liggen, geeft dat een indicatie voor een hydraulisch knelpunt. Vervolgens is de kaart met de stroombanen gecombineerd met de geografische informatie van het gebied. Door de combinatie te maken met de geografische informatie is te zien waarom de stroombanen dicht op elkaar liggen. Daarmee is het hydraulisch knelpunt bekend. Op deze manier is de hele Maas afgezocht, wat resulteerde in ongeveer 50 grotere en minder grote hydraulische knelpunten.

In een volgende stap zou het waterstandsverlagende effect moeten worden berekend dat wordt bereikt door het verwijderen van één of meerdere hydraulische knelpunten. Een methode zou kunnen zijn: pas het 2D-rekenmodel aan en maak een nieuwe berekening om te kijken wat de waterstand zou zijn zonder het knelpunt. Maar om dat voor alle knelpunten te doen is veel werk.

Vandaar dat er is geprobeerd om de knelpunten te classificeren. Daarvoor is bepaald welk oppervlak aan de rivier zou worden toegevoegd indien het knelpunt wordt verwijderd. Daarbij zijn de aanstroming en het oppervlak 'in de schaduw' van het object meegenomen, hetgeen een maat geeft voor de grootte van het knelpunt. Vervolgens zijn er voor enkele specifieke knelpunten (gelijkmatig verdeeld over het hele bereik) met het 2D-rekenmodel sommen gemaakt, om de waterstandsverlagende effecten van verwijdering te bepalen. Als die informatie wordt

uitgezet in een plaatje, ziet dat er uit als hieronder getoond. Hieruit is een trend te halen; een denkbeeldige lijn die de punten goed benadert.

Op deze manier is eenvoudig en snel op voorhand te schatten wat het effect op de waterstanden is voor een willekeurig knelpunt: bepaal de knelpuntfactor (hiervoor hoeven geen hydraulische berekeningen gemaakt te worden, dus dat gaat snel) en lees in de grafiek de (geschatte) effecten af op de waterstand. In het licht van de verkenning geeft dat voldoende informatie. Dit is typisch een ingrediënt dat in het kader van VVM is verkend. Voor de hydraulische berekeningen met betrekking tot inrichtingsvarianten (zie hieronder) zijn de resultaten echter nog niet gebruikt. Voor het vervolg van VVM, de Integrale Verkenning Maas (IVM) gaat dit naar verwachting wél gebeuren.



Schatting waterstandseffect als gevolg van verwijdering knelpunt

De inrichtingsvarianten

De grootschalige enkelvoudige maatregelen geven op hoofdlijnen de mogelijke effecten van rivierverruiming en waterberging op de waterstanden en afvoeren. Hierbij is er nog geen rekening gehouden met de haalbaarheid en wenselijkheid van de maatregelen per traject. Bovendien wordt bij herinrichting van het rivierengebied liever wat gevarieerd, zodat er geen eentonige rivier ontstaat. Daarom is in VVM toegewerkt naar zogenaamde inrichtingsvarianten, die bestaan uit combinaties van individuele verruimingsmaatregelen. De individuele maatregelen en hun effecten zijn als het ware de ingrediënten voor inrichtingsvarianten van de Maas. Bij het samenstellen van de inrichtingsvarianten is gewerkt vanuit een bepaalde invalshoek of visie, waarbij veiligheid altijd voorop stond. In VVM zijn 3 varianten bekeken. In de *natuur-variant* worden de uiterwaarden aanzienlijk verlaagd (tot 0,5 m onder de mediane waterstand⁴) en wordt grootschalige natuurontwikkeling op de verlaagde uiterwaarden toegelaten. De nieuwe vegetatie zorgt voor meer weerstand voor de stroming op de uiterwaarden. Daardoor wordt een deel van de waterstandsval door de rivierverruiming weer teniet gedaan.

Naast deze natuur-variant zijn een *economische-variant* en een *ruimte-variant* gedefinieerd. De economische-variant gaat uit van zomin mogelijk ontgraving om de gewenste veiligheid te halen. Ontgraven is namelijk een kostbare aangelegenheid. Gezien de grote effectiviteit van zomerbedmaatregelen om de waterstanden te verlagen, wordt in deze variant daarom vooral verrijd in het zomerbed (verdieping en verbreding).

⁴ Waterstand die 50% van de tijd wordt onderschreden, waarbij afvoeren sinds 1911 in beschouwing zijn genomen.

In de ruimte-variant wordt de verruiming zoveel mogelijk gezocht in uiterwaardverlaging, weerdverlaging, uiterwaardverbreding en hoogwatergeulen. De variant heeft als belangrijk doel om aan te geven welk deel van het winterbed van de Maas gereserveerd zou kunnen worden voor verruimingsmaatregelen. Voor alle drie de varianten geldt dat retentie van water als sluitstuk wordt beschouwd om voldoende waterstandsdeling te bereiken.

Uiteraard was de doelstelling voor alle drie de inrichtingsvarianten gelijk: realiseren van de gewenste veiligheid in 2050 zonder afwenteling van problemen op het benedenrivierengebied, conform de doelstelling van VVM. Bovendien werd gesteld, dat voor alle varianten de benodigde ontgraving bij voorkeur minimaal moet zijn, omdat meer ontgraving nu eenmaal hogere kosten inhoudt (meer ontgravingswerk en mogelijk meer onderhoud).

Wat moet er gebeuren: De taakstelling

De inrichtingsvarianten zijn beoordeeld aan de hand van de zogenaamde taakstelling, die aangeeft hoeveel waterstandsdeling nu eigenlijk moet worden bereikt. Voor de Maas is de taakstelling wat verknipt, door de aanwezigheid van enerzijds dijken op de Bedijkte (Zand)maas en anderszijds kaden langs de Onbedijkte Maas. De dijken moeten een hoogwater kunnen keren dat eens in de 1250 jaar voorkomt en de kaden een hoogwater dat eens in de 250 jaar voorkomt. Er zijn echter ook kaden aangelegd met een beschermingsniveau van eens in de 50 jaar. Dit betekent dat er onderscheid kan worden gemaakt in twee soorten kaden:

1. Kaden die reeds zijn aangelegd op basis van waterstanden met een herhalingsstijd van 250 jaar. In deze trajecten zijn in De Maaswerken geen waterstandsverlagende maatregelen voorzien.
2. Kaden die zijn aangelegd op basis van waterstanden met een herhalingsstijd van 50 jaar. Deze kaden voldoen dus in feite nog niet. Het is de verantwoordelijkheid van De Maaswerken dat de kaden in 2015 -en voor een groot deel reeds in 2006- wel de gewenste bescherming bieden.

Onderstaande tabel geeft aan welke trajecten zijn onderscheiden en wat de doelstelling per traject is.

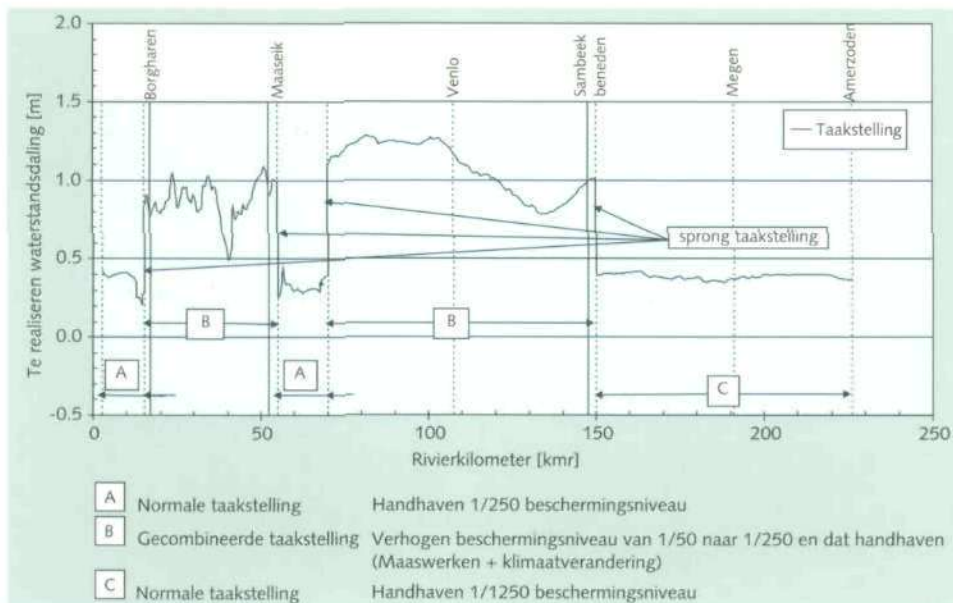
Traject [km]	Van – tot	Naam traject	Huidige bescherming ¹⁾	Bescherming in 2050
2,56 - 15,3	Eijsden-Borgharen	Bovenmaas	250	250
15,3 - 55	Borgharen-Roosteren	Grensmaas	50	250
55 - 70	Roosteren-Linne	Deel Grensmaas, deel Plassenmaas	250	250
70 - 150	Linne-Boxmeer	Zandmaas	50	250
150 - 226	Boxmeer-Ammerzoden	Bedijkte Maas	1250	1250

¹⁾ Op basis van recente analyses is gebleken dat de kaden niet altijd de verwachte bescherming bieden. Voor VVM is echter voorlopig uitgegaan van de verwachte bescherming uit de tabel. Dit betekent in feite dat als de kaden een lagere bescherming bieden dan verwacht, dit voor de berekeningen wordt opgelost door kadeverhoging.

Huidige bescherming en taakstelling

De tabel toont dat op drie trajecten het huidige veiligheidsniveau moet worden gehandhaafd: Eijsden-Borgharen, Roosteren-Linne en Boxmeer-Ammerzoden. Op deze trajecten hoeft dus 'slechts' de verhoogde afvoer ten gevolge van de klimaatverandering te worden verwerkt. Voor twee trajecten (Borgharen-Roosteren en Linne-Boxmeer) moet het veiligheidsniveau eerst worden verhoogd van eens in de 50 naar eens in de 250 jaar, corresponderend met een toenemende topafvoer van ruim 500 m³/s en vervolgens worden vastgehouden bij een 10% hogere ontwerpafvoer in 2050. Anders gezegd: op de twee trajecten wordt de opdracht van De Maaswerken (verhogen van het veiligheidsniveau) gecombineerd met het omgaan met hoge-

re afvoeren in de toekomst. De benodigde waterstands­daling om de (gecombineerde) taak­stelling te realiseren staat weergegeven in onderstaande figuur. Om in 2050 droge voeten te houden, moeten de waterstanden op de twee trajecten met gecombineerde taak­stelling bij een hoogwater met kans van voorkomen van eens in de 250 jaar, met maar liefst 0,5 tot 1,25 m omlaag.



Totaal te realiseren waterstands­daling na klimaatveranderingen (2050)

Wat hebben we geleerd?

Gereedschap moet afgesteld

Gebruik van het VVM-BOS in de studie VVM heeft geleerd, dat er nog wel haken en ogen aan zitten. In de gebruikte versie kunnen namelijk alleen de effecten op waterstanden en afvoeren worden berekend. Er zitten nog wat tekortkomingen in het programma en de effecten op de andere functies worden nog niet berekend. Daarom wordt momenteel hard aan het VVM-BOS gesleuteld. Het programma wordt uitgebreid om ook de effecten op de kosten en natuur inzichtelijk te maken. Verder wordt bijvoorbeeld nog gekeken naar de manier waarop een verandering van het begroeiingspatroon in de uiterwaarden het beste kan worden verdisconteerd in de rekenmodellen. Ondanks deze constatering­en heeft het instrumentarium uitstekend gefunctioneerd en is het voor de verkenning zeer nuttig geweest.

Er is ruimte

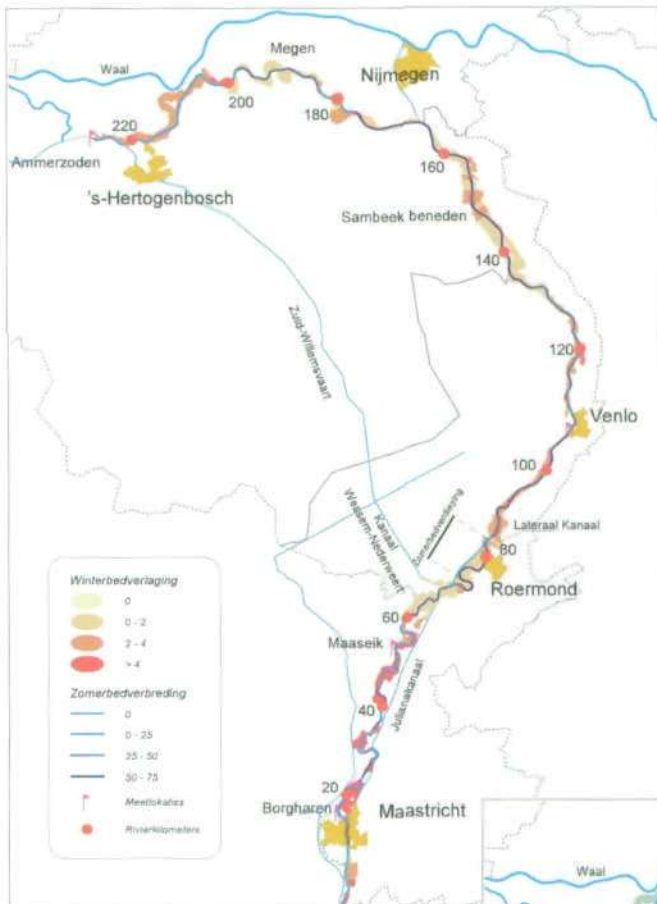
Zoals eerder aangegeven, was de doel­stelling van VVM:

"Kunnen we er voor zorgen dat in het jaar 2050 de huidige dijken en kaden langs de Maas nog voldoende bescherming tegen hoogwater bieden?"

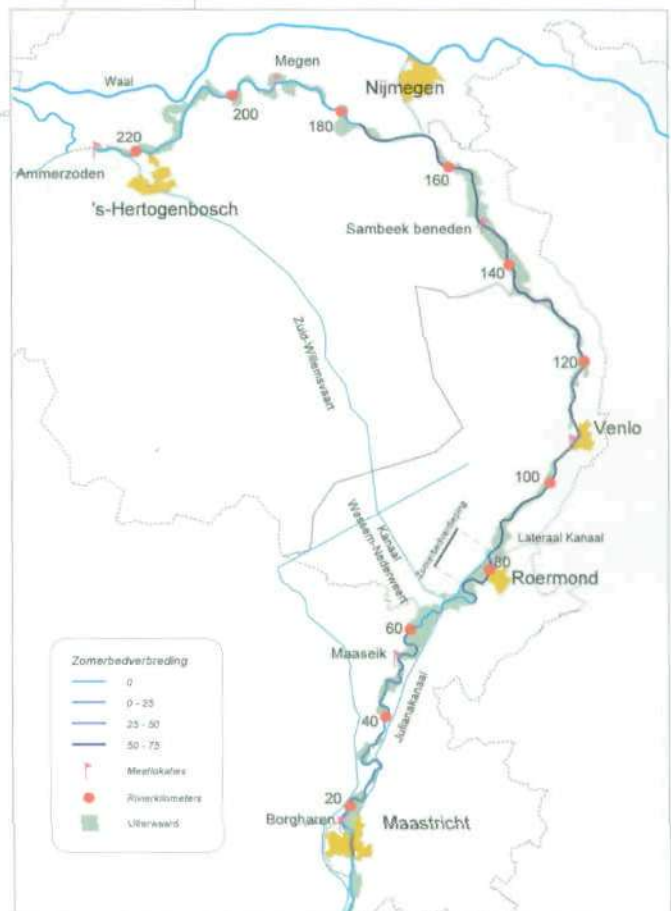
Uit analyse van de varianten is gebleken dat:

Alle drie de varianten (natuur, economische en ruimte) halen de taak­stelling met de beoogde combinatie van losse maatregelen. Daarbij valt op, dat de maatregel retentie voor geen van de varianten nodig lijkt te zijn om aan de taak­stelling te voldoen.

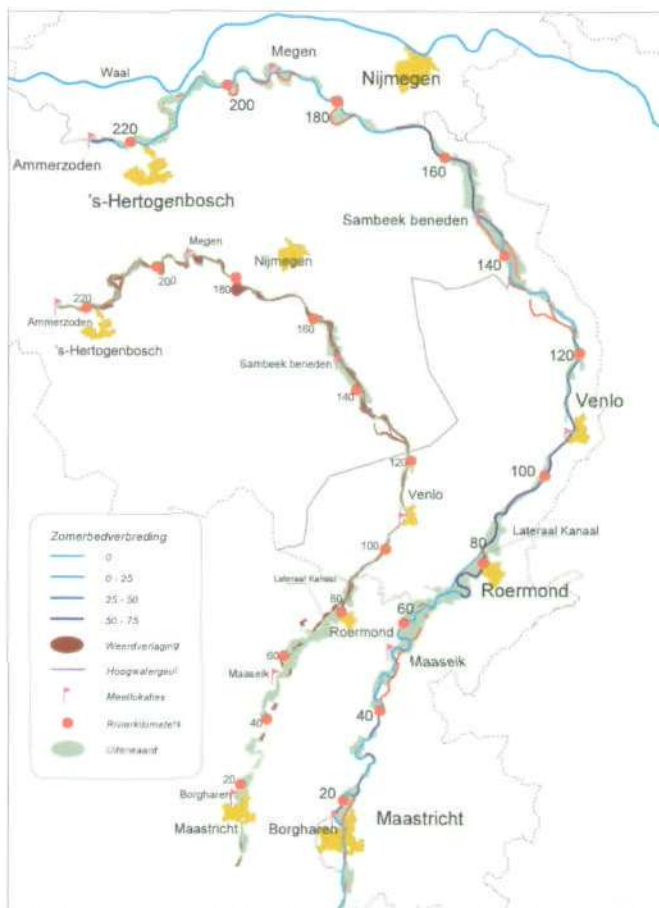
De volgende drie kaarten geven een overzicht van de omvang van de maatregelen per variant, waarmee de doelstelling is gehaald.



Natuur-variant:
verruimingsmaatregelen

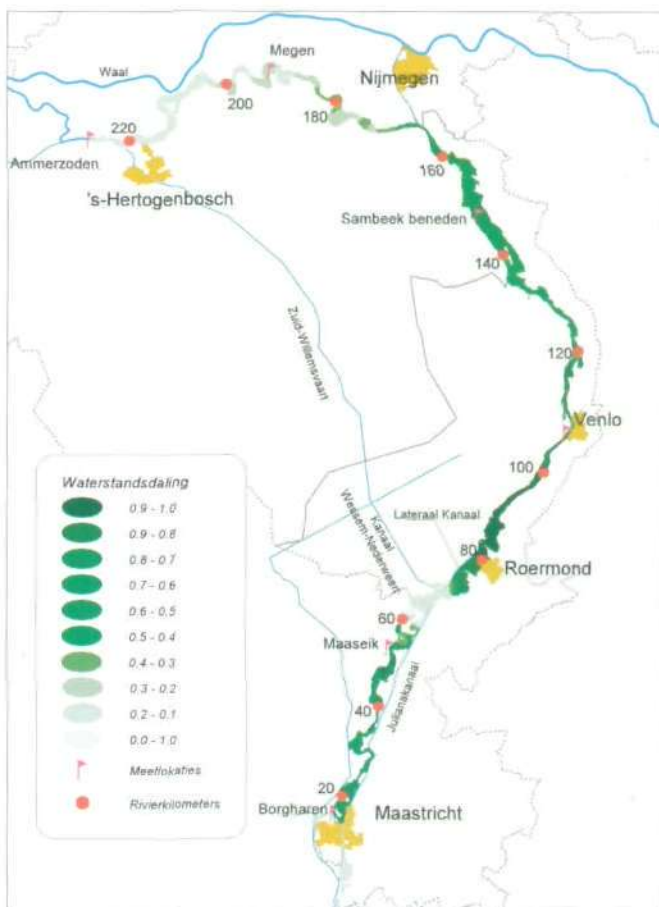


Economische-variant:
verruimingsmaatregelen

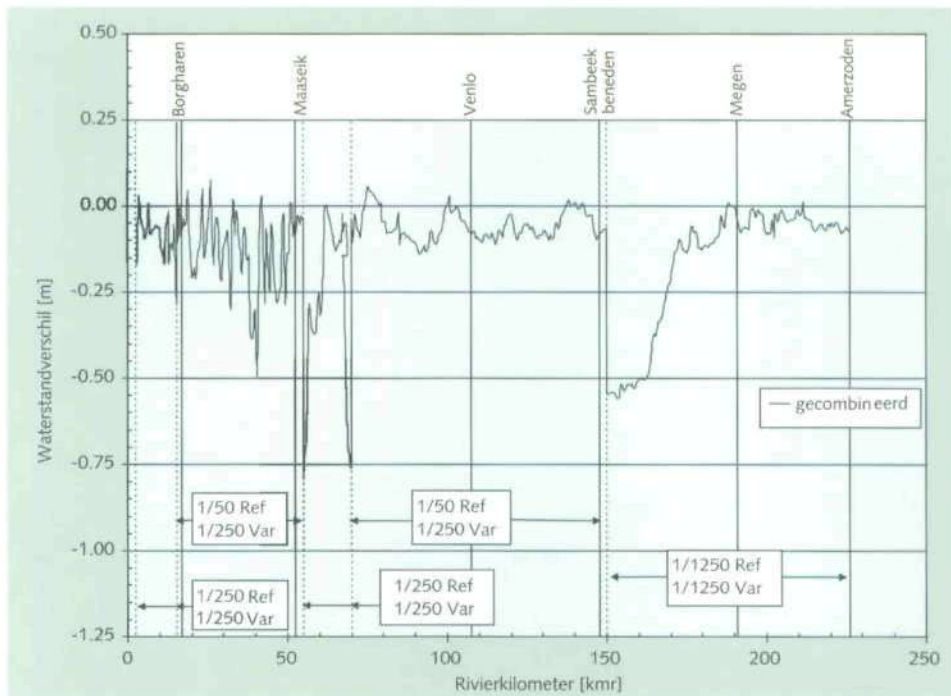


Ruimte-variant:
verruimingsmaatregelen
(over 2 kaarten verdeeld)

De onderstaande kaart geeft voor de natuur-variant aan wat de waterstandsdeling is die door de maatregelen wordt gerealiseerd bij de 1/250 jaar afvoergolf in 2050.



Waterstandsdeling natuur-variant bij 1/250 afvoergolf in 2050



Waterstandsvaling natuurvariant ten opzichte van taakstelling

Bovenstaande figuur geeft aan in hoeverre met de natuur-variant de taakstelling (0-lijn in de figuur) wordt gehaald.

Omdat er sprongen in de taakstelling zitten en een gewenste waterstandsvaling nu eenmaal enige afstand nodig heeft om te ontwikkelen (door het stuwkromme-effect), is er benedenstrooms van de twee trajecten met zware taakstelling (dus benedenstrooms km 55 en km 150) overcompensatie nodig. Met overcompensatie wordt bedoeld, dat de waterstanden in een traject meer omlaag worden gebracht dan daar feitelijk nodig is. Dit dient dan slechts om de waterstanden op het bovenstroomse traject met de zwaardere taakstelling voldoende te verlagen.

Voordelen en nadelen

Wel zijn er uiteraard verschillen tussen de drie varianten. Deze verschillen zijn samengevat in een scorekaart, waarin drie aspecten zijn opgenomen.

Ontgravingvolume

De hoeveelheid ontgraving wordt gezien als een eerste indicatie voor de kosten die aan een variant kleven. Hoe meer ontgraving, hoe hoger de kosten. In de verkenning is alleen naar ontgravingvolumes gekeken. Er is nog niet in beschouwing genomen, dat een m³ ontgraving in de uiterwaarden kostbaarder is dan eenzelfde hoeveelheid in het zomerbed. Dit is wel iets dat in het vervolg aandacht zal krijgen.

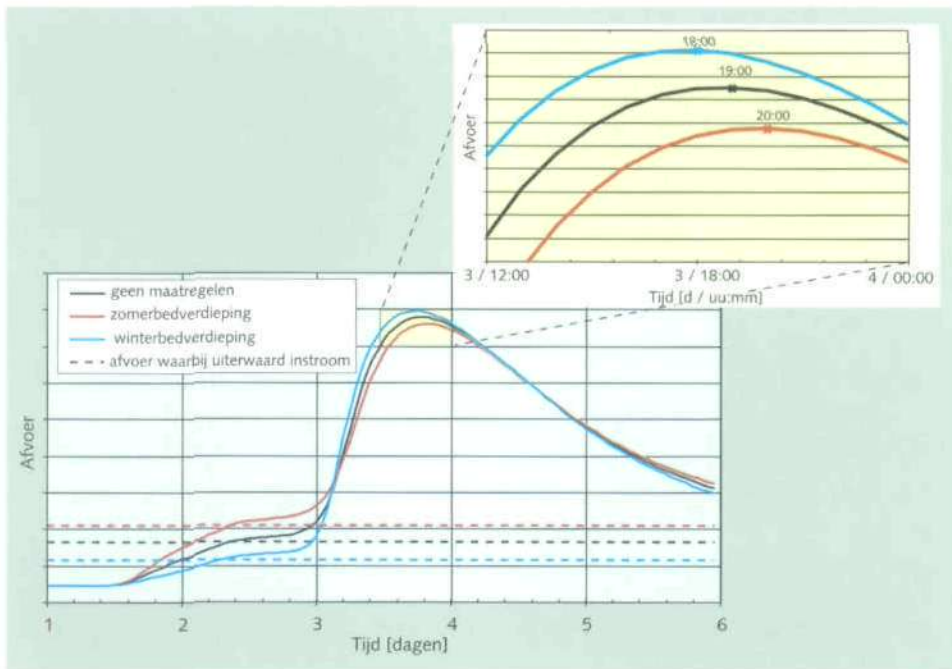
Benedenstrooms effect

Door de ingrepen in de rivier zullen hoogwatergolven worden vervormd. Dit betekent bijvoorbeeld dat hoogwatergolven door de maatregelen meer of minder dempen en langzamer of sneller door de rivier lopen. Dit worden benedenstroomse effecten genoemd. Verhoging van de topafvoer op de benedenrand (Ammerzoden) en de vaak daarmee samenhangende kortere looptijd van de hoogwatergolf worden als een negatief benedenstrooms effect gezien. De situatie voor het benedenrivierengebied wordt dan namelijk ongunstiger.

Aanvullend onderzoek naar de invloed van rivierverruiming op voortplantingssnelheid van hoogwatergolven en de demping ervan, heeft het volgende aangetoond:

- Door zomerbedmaatregelen komt de aanloop van de hoogwatergolf eerder aan in Ammerzoden. De top van de hoogwatergolf kan evenwel wat later arriveren;
- Door verruiming in het winterbed wordt de golf in de aanloop wat afgeremd. De top van de hoogwatergolf kan echter weer sneller lopen dan in de situatie zonder verruiming.

Onderstaande figuren lichten deze effecten toe.



Vervorming hoogwatergolven door zomer- en winterbedmaatregelen

Gevoeligheid voor golfvorm en klimaatscenario

De varianten zijn samengesteld, uitgaande van een gemiddelde golfvorm en een verwacht klimaatscenario. Het woord scenario geeft echter al aan, dat de temperatuurverandering ook groter of kleiner kan uitvallen. Bovendien kan een hogere temperatuur worden beschouwd als doorkijk naar de verdere toekomst.

Iets dergelijks geldt in feite voor de golfvorm. Deze kan zowel stomper (langer) als spits (korter) zijn. Uitgezocht is in hoeverre de varianten gevoelig zijn voor veranderingen in klimaatscenario en golfvorm. Hoe gevoeliger een variant is, hoe lastiger en onzekerder het wordt om voor de langere termijn een duurzame inrichting van de Maas te realiseren.

Variant		Ontgravingvolume	Benedenstrooms effect	Gevoeligheid voor randvoorwaarden
Naam	Basingrediënten			
ruimte-variant	Feitelijke Belemmeringenkaart DLB	0	-	+
economische-variant	Zomerbedmaatregelen	+	0	0
natuur-variant	Uiterwaardverlaging + natuur	-	+	-

Scorekaart varianten (- = negatief, + = positief)

Samenvattend kan worden geconcludeerd, dat aangaande het ontgravingsvolume en dus de kosten, de economische-variant het beste scoort. De natuur-variant is het kostbaarst, maar zorgt er wel voor dat de topafvoeren in benedenstroomse richting afnemen en dat de golf minder snel door de Maas loopt. Deze variant geeft daarom een positief benedenstrooms effect. De ruimte-variant geeft daarentegen wat hogere topafvoeren bij Ammerzoden en de hoogwatergolf arriveert daar ook wat sneller. De variant is echter weer wel het minst gevoelig voor onzekerheden in het klimaatscenario en de vorm van de hoogwatergolf. De varianten hebben dus allen hun voor- en tegens. Er zijn echter natuurlijk ook nog andere argumenten waarom een variant beter of slechter is. Dit zijn bijvoorbeeld de al eerder genoemde effecten op natuur, scheepvaart en natuurlijk de kosten. Deze verschillen moeten dus ook nog in beeld worden gebracht, waarmee de studie een zogenaamd 'integraal' karakter krijgt.

We zijn nog niet klaar

VVM heeft zich vooral op de veiligheid gericht. Nu is aangetoond, dat er inderdaad voldoende mogelijkheden zijn om 10% hogere extreme hoogwaters in het Nederlandse deel van de Maas veilig af te voeren, wordt het tijd om ook de al eerder genoemde andere aspecten in de studie te betrekken: natuur, scheepvaart, kosten, etc. Kortom: het wordt tijd voor een integrale verkenning.

De staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat heeft in haar standpunt van eind 2000, dat is verschenen naar aanleiding van het aanbieden van de adviezen Ruimte voor Rijntakken en Integrale Verkenning Benedenrivierengebied, voorgesteld om in 2001 te starten met het project Integrale Verkenning Maas (IVM). Voorstel is om uit te gaan van een toename van de rivierafvoer van 20%, waar voor de studie VVM nog werd uitgegaan van een gemiddelde schatting van 10% toename. Dit resulteert dan in een topafvoer met een herhalingsstijd van 1250 jaar van ongeveer 4.600 m³/s. Dit kan worden gezien als een pessimistisch scenario voor 2050, maar tevens als een doorkijk naar 2100 voor een verwacht klimaatscenario. De eerste resultaten van de studie moeten eind 2001 gereed zijn, om een aandeel te kunnen hebben in de planfase voor het benedenrivierengebied. Eind 2002 zou IVM vervolgens moeten uitmonden in een advies aan de staatssecretaris.

Uitgangspunt van IVM is verder dat de beginsituatie wordt vastgesteld op 2015, dus na de voltooiing van de Maaswerken. Dat betekent ook dat er rekening moet worden gehouden met nationale beleidsontwikkelingen die rond die tijd zijn voltooid of in gang gezet. Daarnaast spelen er allerlei regionale beleidsprocessen een rol (Provinciaal Omgevingsplan Limburg, Ontwikkelingsperspectief Noord-Brabants Rivierengebied en Maascorridor, om er een paar te noemen) en zijn er uiteraard al projecten lopend en gepland (Zand- en Grensmaas project, NURG⁵-projecten, aanleg van natuurvriendelijke oevers, ecologische hoofdstructuur, etc.). Met al deze ontwikkelingen zal IVM op de een of andere manier rekening moeten houden.

Naar verwachting zal in 2001 een groot aantal voorbereidende activiteiten worden opgestart om in de eerste plaats de uitgangssituatie te definiëren. Een van de dingen die zal moeten gebeuren, is te kijken of de afvoer van 4.600 m³/s überhaupt bij Eijsden ons land binnen kan komen. Doordat het Maasdal in België vrij nauw is, lijken er op het eerste gezicht echter weinig mogelijkheden te zijn om structurele maatregelen in België te treffen, maar misschien zijn er onvermoede mogelijkheden in de zijrivieren. Een ander aandachtspunt vormen de dijken aan de Vlaamse zijde van de Grensmaas. Deze zijn op dit moment gedimensioneerd op een topafvoer van ongeveer 3.000 m³/s. Bij overstroming van de dijken zal het Belgische mijnverzakingsgebied op gaan treden als een (ongewenst) retentiegebied, maar dat zal wel de topafvoer

⁵ Nadere Uitwerking Rivieren Gebied

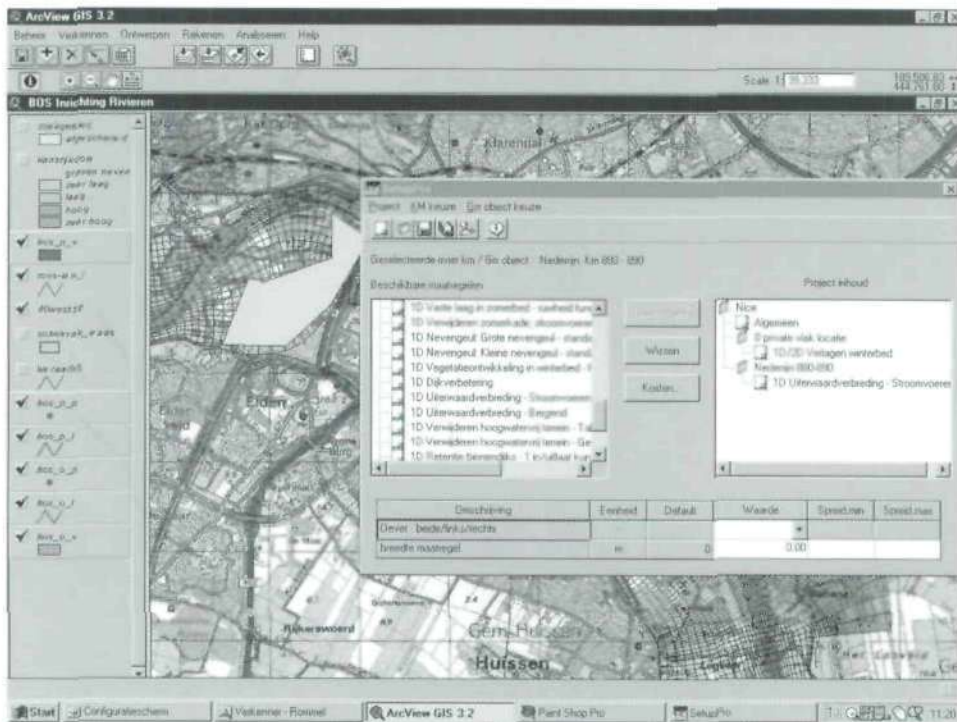


Proefproject Meers langs de Grensmaas: er wordt al verruimd!

benedenstrooms belangrijk verlagen. Uiteraard zullen eventuele Vlaamse plannen voor dijkversterking eveneens in ogenschouw moeten worden genomen, alsmede mogelijk tijdelijke maatregelen.

Een volgende stap zal dan kunnen zijn, dat vanuit een aantal sectorale insteekrichtingen (bijvoorbeeld landschap, natuur en economie) het speelveld van mogelijke oplossingen wordt bekeken. Dit zijn dan de ingrediënten voor de activiteiten van 2002: het bepalen van een aantal (drie, vier) integrale inrichtingsvarianten (alternatieven), die voldoen aan vooraf opgestelde beschrijvingen en bescherming bieden tegen hoogwaters met een topafvoer die 20% hoger ligt dan de huidige ontwerpafvoeren. Deze alternatieven zullen naar verwachting bestaan uit een combinatie van de verschillende sectorale insteeken, en uitmonden in een advies aan de Staatssecretaris. Eind 2002, begin 2003 zal dat vervolgens worden aangeboden. Het instrumentarium dat daarbij gebruikt zal gaan worden is de opvolger van het BeslissingsOndersteunend Systeem dat voor Verkenning Verruiming Maas is gebruikt. Het is een up-to-date systeem (BOS-Inrichting Rivieren), gebaseerd op geografische informatie opgenomen in een zogenaamd Geografisch Informatie Systeem (GIS) en is speciaal ontwikkeld om uit individuele maatregelen projecten samen te stellen en te combineren tot inrichtingsvarianten. Samen met een afvoer-

scenario vormt dit een zogenaamde 'case', die met het systeem snel kan worden doorgerekend op de gevolgen voor waterstanden, ecologie, kosten, etc. Resultaten kunnen eenvoudig op geografische kaarten en in de vorm van figuren en tabellen worden bekeken.



BOS Inrichting Rivieren: nog gebruiksvriendelijker

Het mag duidelijk zijn, dat er nog genoeg uitdagingen liggen te wachten voor de Maas.

Bij de totstandkoming van deze brochure is gebruik gemaakt van de volgende literatuur:

Levende rivieren (1992), Wereld Natuur Fonds.

Integrale Verkenning inrichting Rijntakken - Een weegschaal voor rivierbeheer (Hoofdrapport) (1996)

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland.

W. Silva en M. Kok, RIZA-rapport 96.030.

Twee Rivieren - Rijn en Maas in Nederland (1998)

H. Middelkoop (red.), RIZA-rapport 98.041.

De toestand van het klimaat in 1999 (1999), KNMI.

Ruimte voor Rijntakken - Wat het onderzoek ons heeft geleerd (2000)

In opdracht van Rijkswaterstaat, directie Oost-Nederland.

W. Silva, F. Klijn en J. Dijkman, RIZA-rapport 2000.026.

Bergen van water - Waterbeheer als topsport (2000)

In opdracht van het Wereld Natuur Fonds. Geschreven door Bureau Strooming

The impact of climate change on the river Rhine and the implications for water management in the Netherlands - Summary report of the NRP project 952210 (2000)

H. Middelkoop (red.), RIZA-report 2000.10.

Waterbeleid voor de 21^e eeuw. Advies van de commissie waterbeheer 21^e eeuw. (2000)

Advies Ruimte voor Rijntakken (2000)

Advies Integrale Verkenning Benedenrivierengebied (2000)

Standpunt Ruimte voor de Rivier (2000), Ministerie van Verkeer en Waterstaat

De website van het KNMI: <http://www.knmi.nl>

Verder zijn de volgende rapporten verschenen in het kader van de studie Verkenning Verruiming Maas:

1. Definiestudie Verkenning Verruiming Maas (juni 1998)
2. SOBEK-model Maas - Situatie na de Maaswerken (november 1998)
3. VVM-BOS 1.0 - Gebruikershandleiding (juni 1998)
4. SOBEK-model Maas - Hoogwatervoorspellingsmodel (versie 1999.1) en VVM-model (versie 1999.11) (november 1998)
5. Hoofdrapport (oktober 2000)
6. Inventarisatie lokale hydraulische knelpunten Maas (november 2000)
7. Voortplantingssnelheid hoogwatergolven in de Maas - Effecten van zomerbedverdieping en winterbedverlaging op de golfvoortplanting (januari 2001)
8. Onderzoek naar de ruweheidsformulering voor het BOS Inrichting Rivieren Maas (april 2001)

Colofon

Dit is een publicatie van het Rijksinstituut voor Integrale Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg.

Teksten: Ralph Schielen (RWS/RIZA)
Tel. 026-3688425
r.schielen@riza.rws.minvenw.nl

Hermjan Barneveld (HKV LIJN IN WATER)
Tel. 0320-294206
h.j.barneveld@hkv.nl

Illustraties: Dratex, Rijkswaterstaat RIZA, HKV LIJN IN WATER

Foto's: omslag: achtergrondfoto Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst; van boven naar beneden: Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst; H. Jamin (Waterschap Roer en Overmaas); De Maaswerken/Jan van de Kam; Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst
bij de teksten: Maaswerken/Airphoto (pag 18); H. Jamin (Waterschap Roer en Overmaas) (pag 10 boven); De Maaswerken/Jan van de Kam (pag. 10 onder, 36); Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst (pag. 7, 27)

Lay-out: Dratex

Omslagontwerp: Dratex i.s.m. HKV LIJN IN WATER

Druk: Drukkerij Feiko Stevens

ISBN: 9036953731

RIZA rapport: 2001.019

Voor meer informatie over de studie Verkenning Verruiming Maas kunt u terecht bij:

Dr. R. Schielen
RWS/RIZA
Postbus 9072
6800 ED Arnhem
Tel. 026-3688425

Ir. J. Reuber,
RWS Directie Limburg
Postbus 25
6200 MA Maastricht
Tel. 043-3294208



2001