



Deltaprogramma | Rivieren

Probleemanalyse Waterveiligheid Rivieren



Probleemanalyse Waterveiligheid Rivieren

Probleemanalyse Waterveiligheid Rivieren

Auteur	Arno de Kruif
Datum	juni 2012
Status	definitief

Inhoud

1	Probleemanalyse - waterveiligheidsopgave	5
2	De opgaven in beeld per Riviertak	13
2.1	IJssel	13
2.2	Waal	17
2.3	Nederrijn-Lek (Lek vanaf stuw Amerongen riv km918)	21
2.4	Limburgse Maas	26
2.5	Bedijkte Maas	30
3	De opgaven nader toegelicht	34
3.1	Op orde brengen – voldoen aan huidige norm	34
3.2	Op orde houden – anticiperen op klimaatsverandering, bodemdaling en mogelijk andere afvoerverdeling	36
3.3	Beschermingsniveau actualiseren - Opgave door toename bevolking en economische waarden	51
4	Afstemmen op Zoetwater	58
	Literatuurlijst	59

1 Probleemanalyse - waterveiligheidsopgave

De Probleemanalyse voor Deltaprogramma Rivieren (DPR) met betrekking op de hoogwaterveiligheidsopgave onderscheidt zich in de volgende opgave:

1. Op orde brengen (conform huidige toetsregels) - waterveiligheidsopgave: Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing;
2. Op orde houden - waterveiligheidsopgave: nieuwe inzichten, klimaatsverandering, andere waterverdeling en bodemdaling;
3. Beschermingsniveau actualiseren – type & hoogte norm.

Daarnaast is er ook afstemming nodig met de Zoetwater opgave en moeten ambities vanuit andere functies worden gekoppeld.

Uitgangspunten bij de opgave:

Als referentiesituatie voor deze Hoogwaterveiligheidsopgave DPR wordt uitgegaan van een afgerond Hoogwaterbeschermingsprogramma 2 (HWBP2), Ruimte voor de Rivier en Maaswerken. Uitgangspunt voor deze opgave is dat Maaswerken is gerealiseerd en dat de 1/250 waterveiligheid wordt uitgevoerd conform de Bestuursvereenkomst Water Veiligheid Maas van 10 november 2011. De uitgevoerde Vlaamse maatregelen langs de Maas worden niet meegenomen in de referentiesituatie. Op dit moment is er discussie over robuustheid van in stroom dijkringen (bekade gebieden) langs de Limburgse Maas. Een andere strategie met betrekking tot de instroom van deze dijkringen zorgt voor een andere opgave op de Maas. Daarnaast geldt dat bestuurlijke keuzes met betrekking tot de uitvoering (aanpassing ligging) van de dijkversterking langs de Limburgse Maas, de opgave op de Maas nog eventueel kan beïnvloeden.

Daarnaast geldt als uitgangspunt dat er geen verruwing optreedt door vegetatie en het rivierbed wordt stabiel verondersteld (middels baggeren – suppleren). Er is geen toename van laterale toestroom.

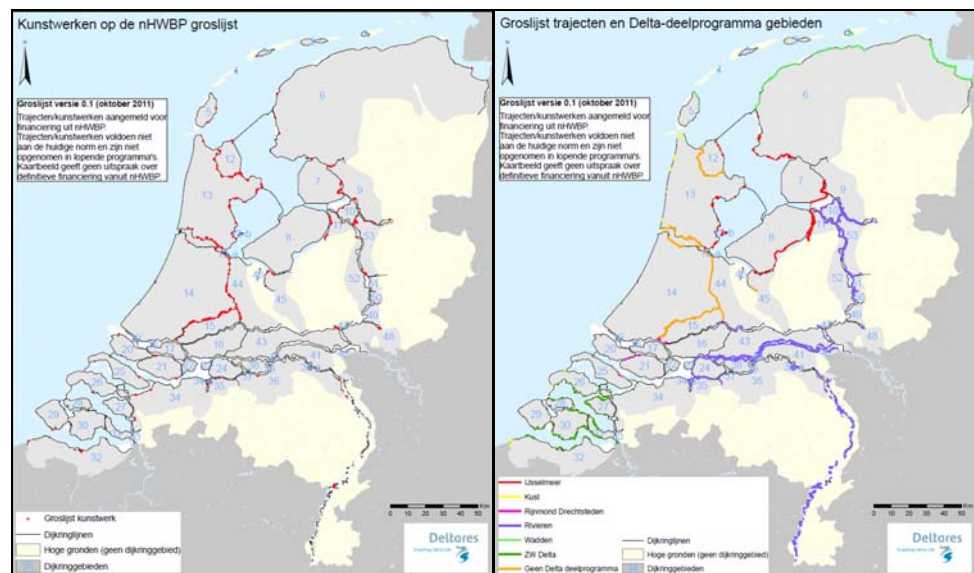
Opgaven die voortkomen uit de strategieën van DPRD en DPIJ worden bepaald en worden als extra opgaven in beeld gebracht. De opgave van Zoetwater en de strategieën ten aanzien van de laagwaterverdeling leiden vooralsnog niet tot een extra opgave voor Deltaprogramma Rivieren. De afstemming tussen de deelprogramma's, gericht op afstemming tussen laagwaterverdeling en hoogwaterverdeling en op morfologische aspecten, wordt in de komende periode verder voortgezet.

Ten behoeve van de gebiedsopgave is ook een aanzet gemaakt voor het in beeld brengen van de ruimtelijke ambities (woningbouw, infrastructuur, natuur en recreatie). Ruimtelijke ambities, wateropgave en fysieke ruimte zijn vertaald naar aandachtsgebieden. In deze probleemanalyse wordt daar niet verder op ingegaan. Enerzijds omdat in de analyse is gewerkt vanuit een 'smalle' wateropgave gebaseerd op de overschrijdingskans, anderzijds omdat in het regioproces de wisselwerking tussen ruimtelijke ambities en de wateropgave concreet inhoud en vorm wordt gegeven.

Op orde brengen:

HWBP - Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing

De afgekeurde en nader te onderzoeken dijkvakken en kunstwerken uit de derde toetsronden zijn grotendeels bekend (verlengde derde toetsronden voor 6% van keringen – nader onderzoek), zie figuur 1. Hierin zit ook nog het deel van afgekeurde trajecten dat al door Ruimte voor de Rivier (RvdR) en Maaswerken in lopende projecten op orde wordt gebracht. De dijkverbeteringen langs de Limburgse Maas die voortvloeien uit Maaswerken dan wel de bestuursovereenkomst (10 november 2011), met een ontwerphorizon tot 2015/2020, behoren tot de korte termijnopgave. Een deel wordt via het nHWBP gefinancierd. De derde toetsronde geeft een indruk van de mogelijke opgaven. Hier kunnen nog geen conclusies aan worden verbonden. De dijkverbeteringen worden vastgelegd in het uitvoeringsprogramma nieuw Hoogwaterbeschermingsprogramma (nHWBP), welke in 2017 gereed is. Vervolgens start de uitvoeringsfase. De uitvoeringsfase neemt ongeveer 10 á 20 jaar in beslag. De levensduur van aangelegde dijken is 50 jaar (en kunstwerken vaak nog langer) en daarmee interfereert nHWBP met de lange termijnopgave van DPR. Voor de dijktrajecten die in dit uitvoeringsprogramma worden opgenomen geldt dat de aankomende tientallen jaren wordt bekeken in hoeverre het direct mogelijk is om ze te koppelen aan de Lange termijnopgave van DPR geheel of gedeeltelijk op te lossen.



Figuur 1: Afgekeurde plus nader te onderzoeken trajecten en keringen uit 3de toetsronde (exclusief HWBP2). Voor riviertrajecten worden de afgekeurde keringen getoond per Deelprogramma. Kaart is gemaakt door Unie van Waterschappen (op basis van concept Groslijst d.d. 31 december 2011).

Op orde houden:

Nieuwe inzichten

Het programma VeiligheidNederlandinKaart2 (VНК2) heeft nieuwe inzichten met betrekking tot de sterkte van de dijken, namelijk piping en lengte effecten, opgeleverd (zie voor uitleg 3.2). Dit moet nog worden doorvertaald naar een opgave voor de rivieren. VНК2 wordt in 2015 afgerond, nu zijn de resultaten voor een beperkt aantal dijkkringen beschikbaar, zie figuur 2.

De nieuwe inzichten over piping zijn nog in ontwikkeling en zijn nog niet wettelijk vastgelegd in de wettelijke toetsvoorschriften. In 2014 zijn 56 VNK-dijkringen doorgerekend. Dit is het totale Nederlandse areaal met uitzondering van 38 dijkringen langs de Limburgse Maas.

De Staatssecretaris werkt er naar toe de inzichten de komende jaren op te nemen in een aangepast en aangescherpt toets- en ontwerpinstrumentarium. Daarnaast worden de inzichten van VNK gebruikt voor de prioritering en het ontwerp van hoogwaterbeschermingsmaatregelen (dit is voor dijkringen langs de Limburgse Maas die in de huidige planning van VNK niet zitten nog niet mogelijk). Het is wel duidelijk dat piping en lengte effect een aanzienlijk effect hebben op de faalkans van dijken en daarmee op de risico's en dus het veiligheidsniveau. Voor de lange termijn resulteert dit in een opgave die opgelost dient te worden door Deltaprogramma Rivieren.



Figuur 2: Toont voor welke dijkringen de resultaten van VNK2 beschikbaar zijn in maart 2012 (fase 1a en 1b zijn afgerond).

Klimaatverandering; stijging rivierafvoer en zeespiegel

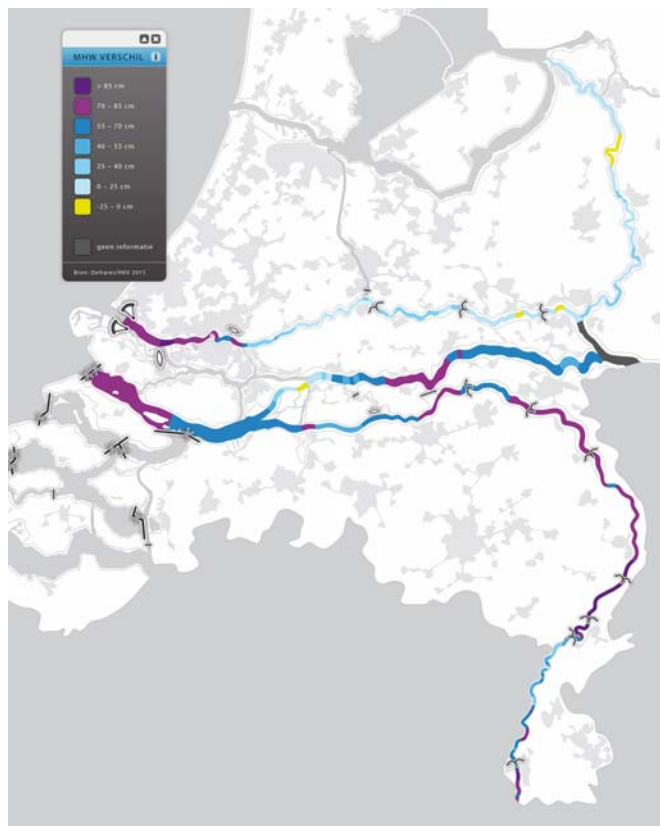
Als referentiesituatie geldt uitvoeringsprogramma's RvdR en Maaswerken zijn afgerond. De maatgevende afvoer die hoort bij de referentie is respectievelijk $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en $3.800 \text{ m}^3/\text{s}$ voor Rijn en Maas (herhalingstijd 1:1.250 en voor IJsseldelta en Benedenrivierengebied 1:2.000), conform de HR2006. Voor de Limburgse Maas wordt aanvullend ook naar de 1:250 afvoer gekeken in verband met het wettelijke beschermingsniveau van de dijkringen 54 t/m 95. De maatgevende afvoer die hierbij hoort is $3.275 \text{ m}^3/\text{s}$. Als uitgangspunt is het W+ scenario (Stoom) gehanteerd (exclusief IJsselmeerpeilstijging). Er is gerekend met de beleidsmatig vastgestelde afvoerverdeling.

De klimaatverandering zorgt door stijging van de rivierafvoer en zeespiegel voor een lange termijn opgave. Uitgangspunt voor de hier bepaalde opgave in 2100 is dat de zeespiegelstijging 85 cm is en de rivierafvoeren toenemen naar $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ voor de Rijn en 4.600 (1:1.250) en 3.950 (1:250) voor de Maas.

In de praktijk geldt echter wel dat bij een afvoer van 18.000 m³/s een groter deel van de afvoer via het Pannerdensch Kanaal naar het noorden gaat dan nu als beleidsmatige afvoerverdeling is vastgelegd. Maatregelen zijn nodig om te zorgen dat een voldoende groot deel via de Waal naar het westen wordt afgevoerd.

Deze opgave is voor het hele riviergebied bepaald op basis van de huidige norm (overschrijdingskans) en uitgedrukt in waterstandverhoging ten opzichte van het Maatgevend Hoog Water (MHW) met zichtjaar 2100, zie figuur 3. Voor zichtjaar 2050 is deze (nog) niet bepaald maar is de helft van de wateropgave een redelijke indicatie. De waterstandsopgave van de Maas (en met name de Limburgse Maas) kan nog veranderen naar aanleiding van nieuwe berekeningen die worden gemaakt. Bij deze nieuwe berekeningen wordt de waterstandsopgave bepaald met een afvoergolf (dynamisch) in plaats van een constante afvoer langs de hele Maas (stationair).

Er ontstaan op Maas en Waal grote opgaven tot een meter hoger dan huidige MHW. De opgave voor Pannerdensch kanaal en Boven-rijn zijn nog niet bepaald omdat het nog niet is gelukt de 18.000 volgens de beleidsmatige afvoer in het model correct te verdelen. Opgave voor beide volgt in juli 2012.



Figuur 3: Deze kaart toont de klimaatsopgave (afvoertoename en zeespiegelstijging). De wateropgave is de waterstandverhoging die in 2100 optreedt ten opzichte van de referentiesituatie. Bij ander scenario voor zeespiegelstijging dan 85 cm en hoort dus een andere opgave. In dit figuur wordt het maximum getoond.

Extra opgave voor Deltaprogramma Rivieren als gevolg van:

1. Keuze eerste hoekpuntstrategieën voor Rijnmond-Drechtsteden en IJsselmeergebied.
2. Deze strategieën zijn voor DPR in extra waterstandopgave uitgedrukt. Eén van de strategieën van Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD) gaat ook uit van een andere waterverdeling waarbij de volledige extra afvoer van Nederrijn-Lek over de Waal wordt gestuurd. De extra opgaven als gevolg van strategieën DPRD en Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) kunnen groot zijn. Naast de opties voor het concentreren van de afvoer over de IJssel en de Waal is er vanuit Rijn-Maasdelta in tweede instantie een optie voor het extra ontzien van de Neder-Rijn en Lek geformuleerd. Door deze riviervak juist bij de afvoerrange van 7.000 tot 13.000 m³/s met circa 1.000 m³/s te ontlasten, kan de waterstandverhoging als gevolg van zeespiegelstijging/storm op zee grotendeels worden voorkomen op deze riviervak. In de vervolgfase wordt de uitwerking beperkt tot deze opgave, die leidt tot de verkenning van twee varianten:
 - a. geheel over de Waal;
 - b. en 800 m³/s over de Waal en 400 m³/s over de IJssel afvoeren bij het niveau van de bovengenoemde afvoerrange.

Dit zou kunnen leiden tot een toename van de frequentie van (maatgevende) hoogwatersituaties op de Waal en met name de IJssel.

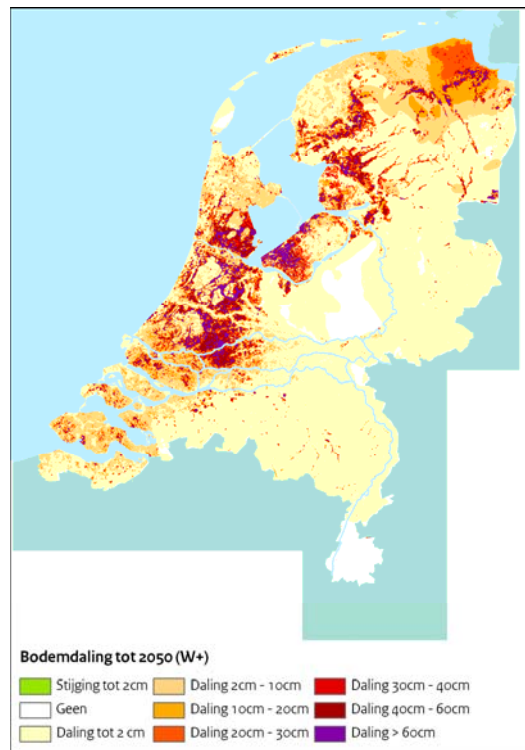
De variant over de IJssel zorgt indicatief voor ongeveer 40 cm hogere opgave bovenop de klimaatsopgave. Geheel over de Waal en 800 extra over de Waal zorgt indicatief voor ongeveer 40 cm respectievelijk 32 cm hogere opgave.

Bodemdaling

De bodemdaling is in west, midden en noord Nederland groot, op sommige plaatsen rond een meter in 2050 en daarmee groot ten opzichte van de opgave als gevolg van klimaatsveranderingen, zie figuur 4. De opgave die voortkomt uit bodemdaling is niet uit te drukken in de huidige opgave in waterstand. De opgave is drieledig:

1. Dijken liggen vaak maar voor een deel op rivierzand. Bij daling van de bodem zakt het ene deel van de dijk mee en het andere deel niet. Hierdoor worden de dijken onstabiel en neemt de sterkte van de waterkering af. Dit is terug te vinden in een grotere faalkans (overstromingskans).
 2. Als de dijk op het zand niet of gedeeltelijk daalt maar de polder wel dan zorgt de grotere waterdiepte in de polder bij een overstroming voor grotere risico's voor bewoners en economische waarden.
 3. Als door de bodemdaling naast de polders ook de dijken zakken neemt de kruinhoogte af en waardoor het effect van zeespiegelstijging wordt vergroot.
- Voor Lek, Beneden Waal en Maas en de IJsseldelta is de bodemdaling en daarmee de opgave het grootst.

In studie WaterVeiligheid 21ste eeuw (WV21), die op basis van faalkansen Maatschappelijke KostenBatenAnalyse (MKBA) en Slachtofferisico (SLA) heeft bepaald, is bodemdaling meegenomen. De gebruikte gegevens wijken echter af van de recentste inzichten. Hier is de meest recente bodemdalingkaart van TNO Bouw en Ondergrond getoond met W+ scenario.



Figuur 4: Verwachte bodemdaling en stijging tot 2050 – TNO Bouw en Ondergrond (2012).

Bodemveranderingen Rivierbed

Uitgangspunt voor de opgave van DPR is dat de bodemveranderingen in het rivierbed worden gecompenseerd door beheer en onderhoud en dus geen opgave opleveren voor de lange termijn. Op dit moment is dit beleid in ontwikkeling maar er het is nu nog geen vaststaand beleid. Met het op orde houden is een flinke inspanning gemoeid en dus is het voor DPR belangrijk om de beleidsontwikkeling te volgen.

Beschermingsniveau actualiseren

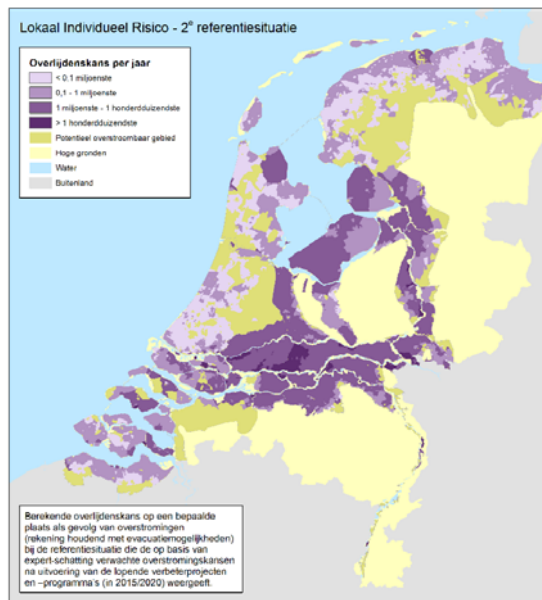
Toename bevolking en economische waarden achter dijken

De huidige norm (overschrijdingskans) is afgeleid van de norm die in de jaren 60 is bepaald voor de Randstad. Deze norm is gebaseerd op een economische waarde + mannelijke bevolking achter de dijk in de jaren 60. Er gold toen voor het rivierengebied een norm van 1:3.000 en een maatgevende afvoer van 18.000. In de jaren 70 en 90 is de norm en de bijbehorende maatgevende afvoer bijgesteld naar aanleiding van het advies voor de commissie Becht (1977) en Boertien (1993). De 1/250 norm voor de Limburgse Maas is in 1995 na twee overstromingen van de Maasvallei opgesteld. De studie WaterVeiligheid 21ste eeuw heeft de opgave geëvalueerd die voortkomt uit de toename van waarde en bevolking. Anders dan de huidige maatlat van waterstand, Maatgevend hoogwater, worden hier kansen op een werkelijke dijkdoorbraak en gevolgen in termen van economische schade (MKBA) + slachtofferrisico (waarbij Lokaal Individueel Risico = LIR en Groepsrisico worden onderscheiden) bepaald voor zichtjaar 2050, voor 2100 is dit niet bepaald, zie figuur 5.

Er wordt duidelijk dat het Rivierengebied een belangrijk aandachtsgebied is. Zowel voor de MKBA als de SLA is geen normhoogten afgesproken en dus is er nog niet direct een opgave voor het Rivierengebied uit af te leiden. Voor de Limburgse Maas zijn 4 dijkringen doorgerekend en is er voor de overige dijkringen geen MKBA en SLA bepaald.

In de MKBA en SLA zijn klimaatsveranderingen, nieuwe inzichten (deels) en bodemdaling (deels) al meegenomen. De MKBA en SLA overlappen in die zin met eerder genoemde opgaven en komen daar niet nog is volledig als extra opgave bij. Zodra uitgangspunten zoals beleidsmatige afvoerverdeling als onderdeel van andere strategie worden aangepast dan veranderen uitaard ook de uitkomsten van MKBA en SLA. De huidige MKBA en SLA uitkomsten vormen de bouwstenen voor een actualisatie van het beschermingsniveau in Nederland.





Figuur 5: Het berekende Slachtoffer risico (Lokaal Individueel Risico) en de MKBA (Economische optimale overstromingskansen) uit studie WV21. Bouwstenen voor discussie over nieuwe norm.

De opgave voor DPR

Niet alle opgaven voor het rivierengebied zijn zoals hierboven duidelijk wordt bekend. In figuur 6 is op een rij gezet welke opgaven bekend zijn en welke niet of gedeeltelijk.

HWBP3	Piping/Lengte effect	Klimaatverandering		Bodemdaling	Waterverdeling		Nieuwe veiligheidsniveau	
		2050	2100		huidig	Lek ontzien	2050	2100
Nu		Op orde houden Rivieren + hele Watersysteem					Actualisatie	

Figuur 6: Alle opgave op een rij + het op orde brengen van het beschermingsniveau:

Groen = opgave bekend;

Oranje = opgaven gedeeltelijk bekend;

Rood = opgaven onbekend.

Daarnaast is op dit moment onduidelijk wat er van de verschillende opgaven nu precies wordt gerekend tot opgave voor DPR, bijvoorbeeld; van welk norm-type/hoogte gaan we uit en op basis van welke afvoerverdeling wordt de opgave bepaald. Vervolgens is het bij strategie bepaling ook een belangrijke keus of je alle opgaven in één keer wil oplossen of stap voor stap

1. op orde brengen;
2. op orde houden;
3. beschermingsniveau actualiseren.

Bij de start van het regioproces dient de opgave dus nog afgebakend te worden.

2 De opgaven in beeld per Riviertak

Hieronder wordt de opgave voor elke riviertak apart in beeld gebracht. Er is voor riviertakken gekozen en niet voor dijkringen omdat de huidige norm op basis van overschrijdingskans de opgave in cm's waterstandverhoging ten opzicht van maatgevende waterstand langs de rivier geeft. Indien wordt overgestapt op een opgave uitgedrukt in overstromingskans of -risico dan is een indeling in dijkringen meer voor de hand liggend.

Bij het in beeld brengen van de opgave in riviertakken dient er wel aandacht te blijven voor de interactie tussen de verschillende riviertakken door maatregelen die over de grenzen van de riviertakken beneden of bovenstroomeffect hebben maar ook door systeemwerking. Er zijn twee vormen van systeemwerking:

1. Systeemwerking door ontlasten; deze vorm van systeemwerking houdt in dat er ontlasting van het systeem optreedt doordat er ergens in het systeem sprake is van een dijkdoorbraak of andere vorm van overstroming;
2. Cascadewerking of sneeuwbal- of domino-effect genoemd waarbij als gevolg van 1 dijkdoorbraak de kans op doorbraken of overstromingen elders in het gebied toeneemt.

Bij het optreden van systeemwerking van kan de opgave dus groter dan wel kleiner worden voor een deel van het rivierengebied. De opgave uitgedrukt in overschrijdingskans neemt systeemwerking niet mee. Bij de opgave uitgedrukt in MBKA en SLA is er al wel rekening gehouden de 2^{de} vorm van systeemwerking maar nog niet de met de eerste.

Pannerdensche kanaal wordt bij zowel IJssel, Waal als Nederrijn-Lek besproken. De Bovenrijn is ingedeeld bij riviertak de Waal. Naast de Hoogwaterwaterveiligheidsopgave wordt ook de afstemming met de zoetwaterproblematiek (van 2050) per riviertak besproken.

2.1 IJssel

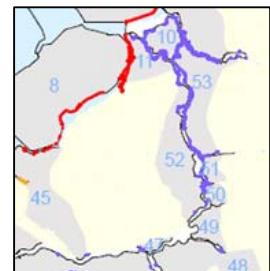
Pannerdensche kop (riv km 868) – Kampen (riv km 998)

Dijkringen: 9-1 10-, 11-1, 47-1, 48-1, 48-2, 49-1, 50-1, 51-1, 52-1, 53-1

Op orde brengen

1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing

Een eerste duiding van de resultaten van de derde landelijke toetsronde van de primaire waterkeringen leert dat ca. 70 km van de dijken langs de IJssel nu niet voldoet. Rond Zwolle en aan de oostelijke oever tussen Zwolle en Deventer liggen de grootste dijk lengten langs de IJssel die niet aan de huidige norm voldoen. Uit de toetsingsrapportages valt op te maken dat de waterkeringen in deze regio niet alleen te laag zijn, maar vooral ook een sterk tekort hebben. Opgemerkt moet worden dat de resultaten de actuele veiligheidssituatie weergeven. In de toetsing wordt dus niet geanticipeerd op nog lopende programma's zoals de PKB Ruimte voor de Rivier (die de noodzaak tot

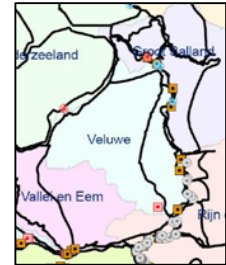


dijkversterking deels zullen ondervangen). Door Ruimte voor de Rivier wordt een deel van de afgekeurde dijken opgelost.

Op orde houden

2. Nieuwe inzichten (piping en lengte-effect)

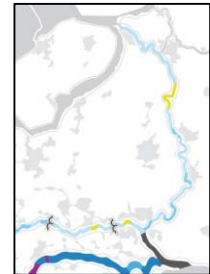
Piping: Op basis van de eerdere inventarisaties naar voorkomen van piping is te concluderen dat piping langs de gehele IJssel voorkomt. De waterschappen voeren op dit moment een verkenning uit naar de omvang van piping in het gebied.



Lengte effect: Naarmate piping meer van invloed is binnen een dijkkring, neemt het lengte-effect naar gelang ook toe. Dit betekent dus dat met name in grote dijkkringen het lengte-effect groot is.

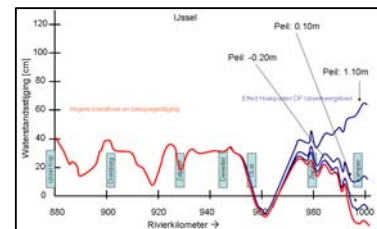
3. LT-Klimaatopgave

Voor de IJssel is de waterveiligheidsopgave voor de lange termijn als gevolg van klimaatverandering (afvoer 18.000 m³/s bij Lobith, 85 cm zeespiegelstijging) ongeveer 25 cm, met enkele uitschieters naar 35 cm. Tussen de IJsselkop en Zutphen is deze opgave op twee plaatsen verlaagd tot ongeveer 10 cm door RvdR maatregelen en dijkverleggingen (Cortenoeven en Voorsterklei). Verder stroomafwaarts lost de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld lokaal de gehele taakstelling voor de lange termijn op.



4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ

Deltaprogramma IJsselmeergebied heeft een aantal strategieën met verschillende peilstijgingen. Door deze peilstijging neemt de opgave voor de IJssel toe. Tot Benedenstrooms van Olst is er mogelijk een extra opgave. Bij een peilstijging van 1,10 m neemt de opgave zelfs met ongeveer 70 cm toe. Voor het Pannerdensch kanaal is vooralsnog geen informatie beschikbaar. Deze informatie wordt in juli toegevoegd. Naar verwachting is hier de lange termijn klimaatopgave vergelijkbaar als op de Waal of mogelijk iets minder.

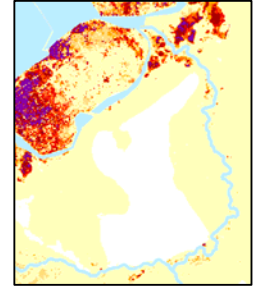


5. Lek extra ontzien (andere waterverdeling)

Lek Extra ontzien heeft ook een variant waarbij water van de Lek over de IJssel wordt gestuurd, te weten 400 m³/s bovenop de langetermijn beleidsmatige afvoeroverdeling. Dit zorgt indicatief voor ongeveer 40 cm extra opgave voor de IJssel. De frequentie waarmee de maatgevende hoogwaterstand optreedt stijgt sterk en gaat indicatief van 1/1.250 naar 1/80.

6. Bodemdaling (2050)

Op basis van TNO kaart: In de IJsseldelta is er sprake van een bodemdaling van ongeveer 40-60 cm tot 2050. Op enkele andere locaties langs de IJssel is er een bodemdaling van ongeveer 0-30 cm tot 2050. Opgave is niet in een waterstand uit te drukken, enkel in overstromingskans en risico. De bodemdaling is echter op dit moment nog niet naar een opgave doorvertaald.

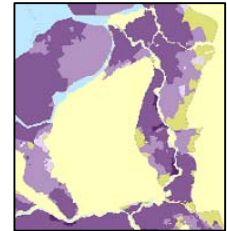


Beschermingsniveau op orde brengen

7. Slachtoffer risico (2050)

Lokaal Individueel Risico (LIR):

Het overgrote deel van de IJssel heeft een LIR kleiner dan 10-5 en groter dan 10-6. Aandachtgebieden vormen de delen langs het Pannerdensch kanaal (Rijnstrangen) en kleine delen aan de westelijke zijde van de IJssel die een LIR hebben van groter dan 10-5.



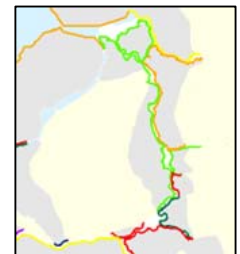
Groepsrisico:

De bijdrage van de dijkringen langs de IJssel aan het landelijke groepsrisico is beperkt (een kleine bijdrage van dijkkring 48_1 en 48_2 en 53)

8. Economisch Optimale overstromingskans (2050)

De huidige normen, gebaseerd op overschrijdingskans, bedragen 1:1.250 voor de dijkringen bovenstrooms van Zwolle en 1:2.000 voor de dijkringen benedenstrooms van Zwolle.

Omgerekend naar overstromingskans varieert de huidige normering (als de waterkeringen op orde zijn) van 1:250 tot 1:1000. De economisch optimale overstromingskans varieert langs de IJssel van 1/500 tot 1/10.000. Met name aan de oostzijde van de IJssel zijn de economisch optimale normen significant hoger dan de huidige situatie (zogenaamde tweede referentie WV21). Aandachtsgebieden zijn dijkkring 48 en 50 waar de economisch optimale norm 1:10.000 bedraagt. Hier is de economisch optimale norm een factor 20 hoger dan de huidige norm.



Hieronder is het risicoprofiel per riviervak geduid voor MKBA, LIR en Groepsrisico (landelijk en dijkkring perspectief) in termen van geen opgave, relatief beperkte opgave en relatief grote opgaven op basis van rapportage 'Factsheets Basisinformatie Waterveiligheid 21e Eeuw' (Kind en van der Doef, 2012). Voor meer detail is onder figuur aangegeven hoe het verhoudingsgetal in de tabel tot stand is gekomen.

Risicoprofiel IJssel

Nr	Dijkring	MKBA	LIR	Groepsrisico Landelijk	Groepsrisico Per dijkkring
9-1	Vollenhove	6.8	0.8	1	gering
10-1	Mastenbroek	1.6	0.6	1	gering
11-1	IJsseldelta	1.4	0.3	1	gering
47-1	Arnhemse- en Velpsebroek	14	0.6	1	gering
48-1	Rijn en IJssel	10.8	5.6	3	matig
48-2	Rijn en IJssel	18	0.5	2	gering
49-1	IJsselland	1.6	0.4	1	gering
50-1	Zutphen	17.4	0.3	1	gering
51-1	Gorssel	2.2	0.2	1	gering
52-1	Oost Veluwe	4	11.2	1	gering
53-1	Salland	5.8	0.3	2	matig

Toelichting

	geen opgave	geringe bijdrage	
	relatief beperkte opgave	matige bijdrage	
	relatief grote opgave	(zeer) grote bijdrage	

Waarde Locaal Individueel Risico (LIR) = Uitgangspunt oriëntatiewaarde van 10-5 per jaar. Berekende LIR risico's vergeleken met oriëntatiewaarde om maximaal toelaatbare overstromingskansen te bepalen vanuit het perspectief van beheersing van slachtofferisico's. Deze toelaatbare overstromingskansen vergeleken met overstromingskansen van de (2de) referentiesituaties. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit individuele slachtofferisico's perspectief.

Waarde MaatschappelijkeKostenBatenAnalyse (MKBA) = vergelijking van de economisch optimale overstromingskansen met de overstromingskansen (2de) referentie situatie. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit economisch perspectief.

Groepsrisico landelijk = Aantal slachtoffers beschouwd bij een overstroming vanuit landelijk perspectief uitgedrukt in oriëntatiewaarden; maakt onderscheid tussen risico's die vrijwillig worden aangegaan en onvrijwillige risico's en houdt rekening met eventuele baten ervan. Tevens is rekening gehouden met risicoaversie (mensen vinden één ramp met 100 slachtoffers erger dan 10 rampen met 10 slachtoffers).

Groepsrisico dijkkring = Aantal slachtoffers beschouwd vanuit overschrijdingskansen per dijkkring om het groepsrisico tussen dijkkringen onderling te kunnen vergelijken. Daarbij wordt geen rekening gehouden met onderlinge afhankelijkheden tussen dijkkringen zoals de ontlastende werking van een overstroming in bovenstrooms gelegen dijkkringgebied.

Afstemmen op**a. Zoetwaterproblematiek (2050)**

In scenario W+ neemt de instroom naar het IJsselmeer in het zomerhalfjaar af, het spuien naar de Waddenzee ook. Daarnaast treedt in het gehele gebied gelegen aan de IJssel toename van droogteschade voor de landbouw op en toename van droogval van beken.

Voor de Boven-IJssel wordt voor 2050 enkel in het W+ scenario een toename in de scheepvaartknelpunten verwacht. In 2100 neemt de significante dieptebeperking fors toe. In het extra droge jaar is er dan zelfs in het G scenario een significante dieptebeperking die langer duurt dan een half jaar.

Opgave	Aard en / of Omvang	Locatie(s)
1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing	70 km voldoet nu niet (waarvan nog 56 km resterend na uitvoering PKB RVR)	Rond Zwolle en oostelijke oever tussen Zwolle-Deventer
2. Nieuw inzicht (piping en lengte effect)	Piping: Lengte effect: grote dijkkringen	Langs de gehele IJssel
3. LT-Klimaatopgave	25-35 cm	IJssel
4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ	Oplopend tot 70 cm	Van Kampen tot Olst
5. Lek extra ontzien (andere waterverdeling)	Variant Lek water over IJssel; indicatie extra 50 cm Frequentie voorkomen MHW van 1/1250 -> 1/80 (indicatie)	Hele IJssel
6. Bodemdaling (2050)	40-60 cm 0-30 cm	IJsseldelta Enkele andere locaties
7. Economisch optimale overstromingskans (2050)	WV21 Range van 1/250 – 1/10.000??	Factor 1 tot 20 ten opzichte van huidige situatie.
8. Slachtofferisico's (2050)	LIR: Overgrote deel < 10^{-5} en > 10^{-6} kleine delen > 10^{-5} Groepsrisico: bijdrage dijkkringen beperkt	> 10^{-5} : Delen Liemers (Rijnstrangen) + kleine gebieden Oost-Veluwe kleine bijdrage dijkkring 48_1 / 48_2 / 53
Afstemmen op		
a. Zoetwaterproblematiek (2050)	Toename hinder Scheepvaart: Toename droogte voor landbouw en natuur Toename watervraag vanuit hoofdwatersysteem	Traject Arnhem – Deventer Gehele gebied Gebieden met wateraanvoer

2.2

Waal

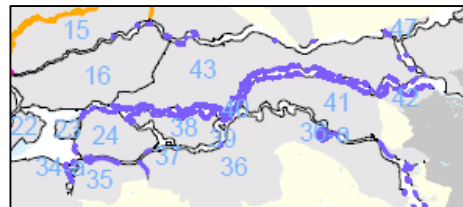
Lobith (riv km 857) – Werkendam (riv km 961)

Dijkkring: 16-1, 23, 24, 37-1, 38-1, 40-1, 41-1, 42-1, 43-1

Op orde brengen

1. Derde toetsronde en verlengde derde toetsronde

Langs de Waal liggen aan de zuidzijde de dijkkringgebieden 23, 24, 38, 40, 41 en 42. Aan de noordzijde liggen de dijkkringgebieden 16 en 43. Uit de 3^e ronde toetsing blijkt aan de noordzijde van de Waal in dijkkring 43 ca. 50 km is afgekeurd. Aan de zuidzijde van de Waal is ca. 56 km afgekeurd.



Voor de werken waar Ruimte voor de Rivier invloed heeft op de waterstand wordt in het nieuwe HWBP nog nagegaan of RvdR de afkeuring oplost.

Op orde houden

2. Nieuwe inzichten (piping en lengte-effect)

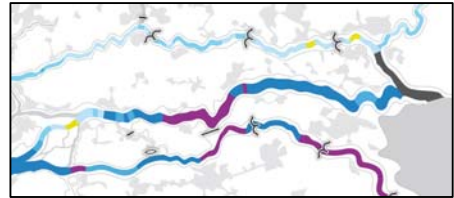
Piping: Op grond van de beschikbare informatie is nagegaan op welke delen van de dijkringen nieuwe inzichten er toe kunnen leiden dat in de volgende toetsronde (vanaf 2017) waterkeringen worden afgekeurd. Uit de beschikbare informatie blijkt dat ten oosten van de Diefdijk alle dijkstrekkings gevoelig zijn voor nieuwe inzichten in het faalmechanisme piping. Ten westen hiervan speelt dit aanmerkelijk minder door het voorkomen van dikke ondoorlatende deklagen.



Lengte effect: Naarmate piping meer van invloed is binnen een dijkkring, neemt het lengte-effect naar gelang ook toe. Dit betekent dus dat met name in grote dijkringen het lengte-effect groot is. Tussen de Waal en de Nederrijn ligt dijkkring 43 die erg lang is en waar het lengte-effect dan ook groot is.

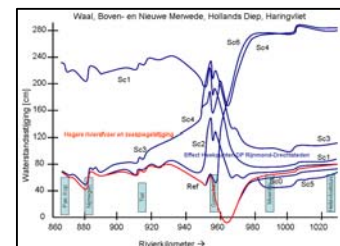
3. LT-Klimaatopgave

De zeespiegelstijging en verhoogde afvoer zorgen op de Waal voor een lange termijn klimaatopgave van gemiddeld ongeveer 70 cm, met een maximum van 85 cm. Van de Bovenrijn en het Pannerdensch kanaal is vooralsnog geen informatie beschikbaar. Deze informatie wordt in juli toegevoegd. Naar verwachting is hier de lange termijn klimaatopgave vergelijkbaar als op de Waal of mogelijk iets minder. De dijkteruglegging bij Lent – km 880, die in het kader van de PKB wordt uitgevoerd, doet voor de korte termijnopgave (16.000) meer dan strikt noodzakelijk en is ook voor de 18.000 effectief en reduceert daar de taakstelling tot ongeveer 40 cm. Vanaf Zaltbommel neemt de lange termijn klimaatopgave langzaam af en daalt. De RvdR maatregel Noordwaard zorgt voor een sterke daling van de opgave tot zelfs onder nul. De invloed van de Noordwaard neemt richting Hellevoetsluis langzaam af. Bovenstreams richting Gorinchem neemt het effect van de maatregel sterk af omdat door het smalle rivierbed, bruggehoofd en kades het waterstandseffect snel uitdempt. Daarna loopt de opgave weer op tot ongeveer 80 cm bij Hellevoetsluis.



4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ

De extra opgave die voortkomt uit verschillende strategieën van DPRD is ongeveer 1 meter bij Gorinchem en is merkbaar tot Nijmegen. De strategie waarbij de volledige afvoer boven de 16.000 m³/s over de Waal wordt gestuurd (2.000 m³/s) plus de volledige afvoer van de Nederrijn-Lek (3.380 m³/s) levert zelfs een extra opgave van ongeveer 2 meter op.

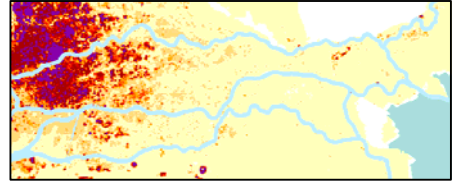


5. Lek extra ontzien (andere waterverdeling)

Lek Extra ontzien heeft ook een variant waarbij water van de Lek over de Waal wordt gestuurd, te weten 800 m³/s. Dit zorgt indicatief voor ongeveer 30 cm extra opgave. De frequentie waarmee de maatgevende hoogwaterstand optreedt, stijgt en gaat indicatief van 1/1.250 naar 1/150.

6. Bodemdaling (2050)

Van Duitse grens tot Gorinchem 10-30 cm daling tot 2050 en benedenstrooms van Gorinchem oplopend tot 40-60 cm bodemdaling in 2050. Opgave is niet in een waterstand uit te drukken, enkel in overstromingskans en risico. De bodemdaling is echter op dit moment nog niet naar een opgave doorvertaald.



Beschermingsniveau op orde brengen

7. Slachtofferisico (2050)

Lokaal Individueel Risico (LIR):

Bij de 2^e referentiesituatie is het LIR aan de oostzijde van de Diefdijk berekend op groter dan 1/100.000 van delen in de Betuwe. Meer bovenstrooms in de Betuwe varieert deze tussen 1/honderdduizendste en 1/miljoenste.

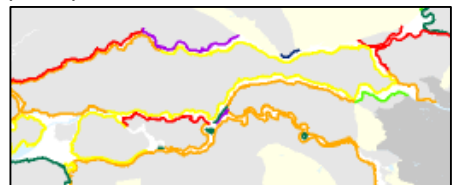


Groepsrisico:

De bijdrage van de dijkringen langs de Waal aan het landelijke groepsrisico is groot (veelal dezelfde risicobepalende dijkringen bij Nederrijn-Lek; alleen een groepsrisico bepalende dijkkring als dijkkring 15 ligt niet aan deze riviertak).

8. Economisch Optimale overstromingskans (2050)

Voor de Betuwe is de economisch optimale overstromingskans bepaald op 1/2700. Uit de MKBA volgt voor de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden een economisch optimale overstromingskans van 1/5200.



Hieronder is het risicoprofiel per riviertak geduid voor MKBA, LIR en Groepsrisico (landelijk en dijkkring perspectief) in termen van geen opgave, relatief beperkte opgave en relatief grote opgaven op basis van rapportage 'Factsheets Basisinformatie Waterveiligheid 21e Eeuw' (Kind en van der Doef, 2012). Voor meer detail is onder figuur aangegeven hoe het verhoudingsgetal in de tabel tot stand is gekomen.

Risicoprofiel Waal

Nr	Dijkring	MKBA	LIR	Groepsrisico Landelijk	Groepsrisico Per dijkkring
16-1	Alblasserwaard en Vijfthlanden	5.2	12,6	70	zeer groot
23	Niet bepaald	-	-	-	-
24	Land van Altena	2.1	4.9	10	gering
37-1	Nederhemert	0.8	1.8	1	gering
38-1	Bommelerwaard	6	2.3	2	matig
40-1	Heerewarden	120	1.2	1	gering
41-1	Land van Maas en Waal	12.4	0.7	3	matig
42-1	Ooij en Millingen	3	2.1	2	gering
43-1	Betuwe, Tieler- en Culemborg	10.8	1.6	4	groot

Toelichting

	geen opgave	geringe bijdrage	
	relatief beperkte opgave	matige bijdrage	
	relatief grote opgave	(zeer) grote bijdrage	

Waarde Locaal Individueel Risico (LIR) = Uitgangspunt oriëntatiewaarde van 10-5 per jaar. Berekende LIR risico's vergeleken met oriëntatiewaarde om maximaal toelaatbare overstromingskansen te bepalen vanuit het perspectief van beheersing van slachtofferisico's. Deze toelaatbare overstromingskansen vergeleken met overstromingskansen van de (2de) referentiesituaties. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit individuele slachtofferisico's perspectief.

Waarde MaatschappelijkeKostenBatenAnalyse (MKBA) = vergelijking van de economisch optimale overstromingskansen met de overstromingskansen (2de) referentie situatie. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit economisch perspectief.

Groepsrisico landelijk = Aantal slachtoffers beschouwd bij een overstroming vanuit landelijk perspectief uitgedrukt in oriëntatiewaarden; maakt onderscheid tussen risico's die vrijwillig worden aangegaan en onvrijwillige risico's en houdt rekening met eventuele baten ervan. Tevens is rekening gehouden met risicoaversie (mensen vinden één ramp met 100 slachtoffers erger dan 10 rampen met 10 slachtoffers).

Groepsrisico dijkkring = Aantal slachtoffers beschouwd vanuit overschrijdingskansen per dijkkring om het groepsrisico tussen dijkkringen onderling te kunnen vergelijken. Daarbij wordt geen rekening gehouden met onderlinge afhankelijkheden tussen dijkkringen zoals de ontlastende werking van een overstroming in bovenstrooms gelegen dijkkringgebied.

Afstemmen op**a. Zoetwaterproblematiek (2050)**

Het rivierengebied krijgt in het W+ scenario te maken met toename van watertekort als gevolg van periodiek lagere rivierafvoeren. Mede als gevolg daarvan neemt de droogteschade voor de landbouw toe. De stuw te Driel beïnvloedt de hoeveelheid water die naar het IJsselmeer, naar West-Nederland wordt gestuurd en die beschikbaar is voor de inlaatpunten in het Rivierengebied zelf. De inlaatpunten liggen aan de bovenzijde van de Linge (is Pannerdensch Kanaal), het Kuijkgemaal aan de Neder-Rijn en het Inlaatpunt Doornenburg.

Voor de Boven-Rijn ontstaat voor scheepvaart in 2050 in extra droge jaren een knelpunt voor een normale aflaaddiepte beperking, deze neemt toe in 2100. In het W+ scenario (2100) wordt een serieuze beperking verwacht in de Waal tot aan Tiel.

De significante aflaaddiepte beperkingen zullen zich in het W+ scenario al in een gemiddeld jaar voordoen.

Opgave	Aard en/of Omvang	Locatie(s)
1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing	Noordzijde westelijk deel van de Waal	Minder aan de oostzijde
2. Nieuw inzicht (piping en lengte effect)	Speelt in hele rivierengebied (incl. IJssel)	Rivierengebied
3. LT-Klimaatopgave	55-70 cm. Met een maximum van 85 cm. Pannerdensch kop 70 cm, Lent 40 cm, Gorinchem 60 cm, Noordwaard -10 cm en Hellevoetsluis 80 cm.	Midden-Waal omgeving Tiel
4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ	Max. 100 cm (alleen in extreme strategie alles over de Waal zelfs tot 200 cm)	Bij Gorinchem en merkbaar tot Nijmegen
5. Lek extra ontzien (andere waterverdeling)	Variant Lek water over de Waal – extra 30 cm	Vanaf Pannerdsche kop
6. Bodemdaling (2050)	10-30 cm 40-60	Duitse grens – Gorinchem Ten westen v Gorinchem
7. Economisch optimale overstromingskans (2050)	1/4000 Albl. Waard & Vijftheerenlanden; 1/2000 Betuwe	1/4000 Albl. Waard; 1:40.000 Heerewaardense Afsluitdijk
8. Slachtofferisico's (2050)	LIR: > 1/100.000 t/m 1/1.000.000 kans van overlijden Groepsrisico: bijdrage dijkeringen is groot	> 100.000 bovenzijde Diefdijk Met name 16-1 / 24 / 43-1 / 44-1 / 45-1
Afstemmen op		
a. Zoetwaterproblematiek (2050)	7 inlaatpunten>	

2.3

Nederrijn-Lek (Lek vanaf stuw Amerongen riv km918)

Pannerdensch kop (riv km 868) – Schoonhoven (riv km 971)

Dijkeringen: 15-1, 16-1, 43-1, 44-1, 45-1, 47-1

Op orde brengen

1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing

Aan de zuidkant van de Nederrijn en Lek voldoet een aanzienlijk deel van de dijken niet aan de norm. Het gaat vooral om de dijken in dijkkring 16. Bij dijkkring 43 en 47 zijn er ook dijken afgekeurd (o.a. Rijnkade Arnhem). Een deel van deze dijken wordt momenteel al in het kader van RvdR of HWBP2 aangepakt.

Ook aan de noordzijde van de Lek vinden al versterkingen plaats in het kader van HWBP2 aan afgekeurde dijkvakken.



Op orde houden

2. Nieuwe inzichten (piping en lengte-effect)

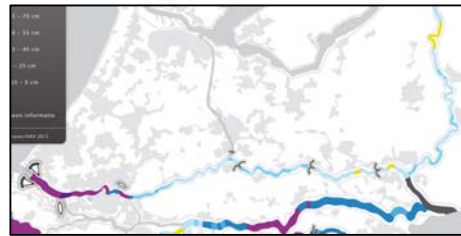
Piping: Uit de beschikbare informatie blijkt dat ten oosten van de Diefdijk het toetsresultaat op nagenoeg alle dijkstrekkings wordt beïnvloed door de nieuwe inzichten in het faalmechanisme piping. Ten westen hiervan speelt dit aanmerkelijk minder door het voorkomen van dikke ondoorlatende deklagen.



Lengte-effect: Naarmate piping meer van invloed is binnen een dijkkring, neemt het lengte-effect naar gelang ook toe. Dit betekent dus dat met name in grote dijkkringen het lengte-effect groot is. Tussen de Waal en de Nederrijn ligt dijkkring 43 die erg lang is en waar het lengte-effect dan ook groot is.

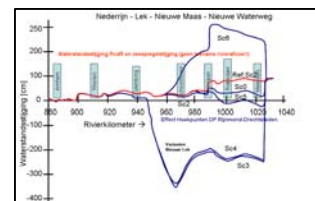
3. LT-Klimaatopgave

Er wordt van uitgegaan dat de Nederrijn-Lek geen extra water krijgt bij verhoging van de afvoer van 16.000 naar 18.000 m³/s bij Lobith. Voor de Nederrijn-Lek bestaat de basiswateropgave daarom alleen uit de gevolgen van de zeespiegelstijging. De zeespiegelstijging is meetbaar tot Wageningen, maar laat zich met name stroomafwaarts van Schoonhoven gelden. De basiswateropgave is 25 cm vanaf Lexkesveer en stijgt bij Krimpen aan de Lek tot 60 cm. Voor het Pannerdensch kanaal is vooralsnog geen informatie beschikbaar. Deze informatie zal in juli worden toegevoegd. Naar verwachting is hier de lange termijn klimaatopgave vergelijkbaar als op de Waal of mogelijk iets minder.



4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ

De strategie van DPRD zonder keringen: open aan zeezijde en open aan rivierzijde zorgt als enige voor een extra opgave die oploopt tot maximaal 2,5 m bij Krimpen. De twee strategieën waarbij er een nieuwe Lek wordt aangelegd zorgen juist voor een sterke waterstanddaling van Rhenen tot aan Maassluis waarbij de opgave maximaal afneemt tot -3,5 m. Bij die twee strategieën is er dan benedenstrooms van Culemborg geen opgave meer.

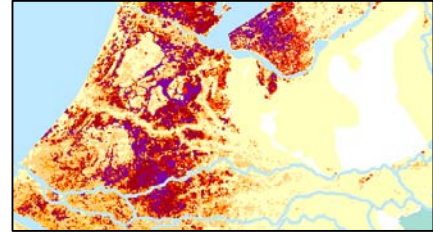


5. Lek extra ontzien (andere waterverdeling)

Lek Extra ontzien zorgt ervoor dat ten opzicht van de huidige situatie de opgave voor Nederrijn-Lek afneemt omdat er al vanaf 7.000 m³/s water naar IJssel en/of Waal wordt gestuurd.

6. Bodemdaling (2050)

Langs de Nederrijn speelt bodemdaling alleen aan de zuidkant op enige afstand van de rivier. Bodemdaling is daar tussen 10-20 cm 2050. Van het begin van de Lek bij Wijk bij Duursteden is de bodemdaling zowel aan noord als zuidzijden 10-20 cm. Vanaf Lexmond neemt de bodemdaling zowel aan noord en zuidzijden toe tot 40-60 (en lokaal hoger) cm in 2050. De opgave is niet in een waterstand uit te drukken, enkel in overstromingskans en risico. De bodemdaling is echter op dit moment nog niet naar een opgave doorvertaald.



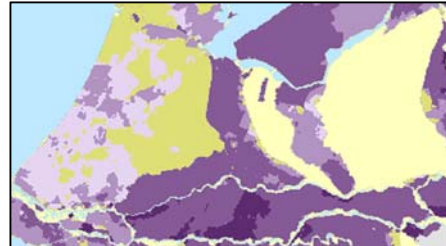
Beschermingsniveau op orde brengen

Systeemwerking is langs de Nederrijn-Lek een belangrijke factor. Bij een dijkdoorbraak van dijkkring 15, die een lagere norm heeft dan dijkkring 14 (1:2.000 versus 1:10.000), kan water via de compartimenteringsdijk langs de oude IJssel dijkkring 14 binnen stromen. Deze systeemwerking is wel meegenomen in de SLA en de MKBA opgave, maar niet in waterstandopgave.

7. Slachtofferrisico (2050)

Lokaal Individueel Risico (LIR):

In het grootste deel van de dijkringen langs de Nederrijn-Lek is het LIR tussen 10-5 en 10-6. Aandachtgebieden vormen de verst benedenstrooms gelegen delen van dijkringen 15, 16 en 43, waar het risico groter is dan 10-5.



Groepsrisico:

De bijdrage van de langs de Nederrijn-Lek gelegen dijkringen aan het landelijke groepsrisico zijn zeer groot.

8. Economisch Optimale overstromingskans (2050)

De huidige veiligheidsnormen, gebaseerd op overschrijdingskans, bedragen 1:2.000 voor de dijkringen benedenstrooms (15 en 16) en 1:1.250 voor de dijkringen bovenstrooms (43, 44 en 45).

Omgerekend naar overstromingskans varieert de referentiesituatie (als de waterkeringen op orde zijn) van 1:1.000 (dijkkring 15 en 16) tot 1:250, 1:500 of 1:1.250 (43, 44 en 45). De economisch optimale overstromingskans varieert langs de Lek en Nederrijn 1/4.000 tot 1/80.000. Langs de gehele Nederrijn en Lek zijn de economisch optimale normen hoger dan de huidige. Vooral aan de noordzijde zijn de verschillen groot. Uitschieters zijn de dijkringen 44 en 45 waar het verschil een factor 30 resp. 60 bedraagt.



Hieronder is het risicoprofiel per riviertak geduid voor MKBA, LIR en Groepsrisico (landelijk en dijkkring perspectief) in termen van geen opgave, relatief beperkte opgave en relatief grote opgaven op basis van rapportage 'Factsheets Basisinformatie Waterveiligheid 21e Eeuw' (Kind en van der Doef, 2012). Voor meer detail is onder figuur aangegeven hoe het verhoudingsgetal in de tabel tot stand is gekomen.

Risicoprofiel Nederrijn-Lek

Nr	Dijkkring	MKBA	LIR	Groepsrisico Landelijk	Groepsrisico Per dijkkring
15-1	Lopiker- en Krimpenerwaard	8.9	1.0	50	zeer groot
16-1	Alblasserwaard en Vijfthlanden	5.2	12.6	70	zeer groot
43-1	Betuwe, Tieler- en Culemborg	10.8	1.6	4	groot
44-1	Kromme Rijn	84	0.7	4	groot
45-1	Gelderse Vallei	128	0.3	4	matig
47-1	Arnhemse- en Velpsebroek	14	0.6	1	gering

Toelichting

	geen opgave	geringe bijdrage	
	relatief beperkte opgave	matige bijdrage	
	relatief grote opgave	(zeer) grote bijdrage	

Waarde Locaal Individueel Risico (LIR) = Uitgangspunt oriëntatiewaarde van 10-5 per jaar. Berekende LIR risico's vergeleken met oriëntatiewaarde om maximaal toelaatbare overstromingskansen te bepalen vanuit het perspectief van beheersing van slachtofferrisico's. Deze toelaatbare overstromingskansen vergeleken met overstromingskansen van de (2de) referentiesituaties. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit individuele slachtofferrisico's perspectief.

Waarde Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA) = vergelijking van de economisch optimale overstromingskansen met de overstromingskansen (2de) referentie situatie. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit economisch perspectief.

Groepsrisico landelijk = Aantal slachtoffers beschouwd bij een overstroming vanuit landelijk perspectief uitgedrukt in oriëntatiewaarden; maakt onderscheid tussen risico's die vrijwillig worden aangegaan en onvrijwillige risico's en houdt rekening met eventuele baten ervan. Tevens is rekening gehouden met risicoaversie (mensen vinden één ramp met 100 slachtoffers erger dan 10 rampen met 10 slachtoffers). **Groepsrisico dijkkring** = Aantal slachtoffers beschouwd vanuit overschrijdingskansen per dijkkring om het groepsrisico tussen dijkkringen onderling te kunnen vergelijken. Daarbij wordt geen rekening gehouden met onderlinge afhankelijkheden tussen dijkkringen zoals de ontlastende werking van een overstroming in bovenstrooms gelegen dijkkringgebied.

Afstemmen op

a. Zoetwaterproblematiek (2050)

De zoetwatervoorziening van West-Nederland (onder meer Kromme Rijngebied en Groene Hart) is afhankelijk van de inlaat van water via de Nederrijn-Lek. In het W+ scenario worden voor de kanaalpannen van de Nederrijn-Lek hydrologische knelpunten in het netwerk verwacht, met mogelijk gevolgen voor het functioneren van stuwen en sluizen. Voor de Neder-Rijn- Lek geldt dat bij huidige beheer er onvoldoende water over de meest benedenstroomse stuw wordt gelaten om tegendruk te bieden aan de externe verzilting via de Nieuwe waterweg. De afvoer over de stuw is vaak nihil, omdat alle water stroomopwaarts al is afgetapt. Daardoor

verzilt de Lek. Ook kan het peil in het laatste stuwpand zover dalen dat inlaat naar de Kromme Rijn moeilijk tot onmogelijk wordt. Door watertekort kan schade aan de landbouw (waaronder de Greenports en de fruitteelt in het Kromme Rijngebied) ontstaan, maar ook onomkeerbare schade aan natuur, versnelde bodemdaling, problemen met veiligheid (veendijken) en problemen met koelwater voor de energievoorziening (langs Amsterdam-Rijnkanaal). Het drinkwaterinlaatpunt langs de Lek wordt in droge tot extreem droge jaren serieus bedreigd door verzilting.

Voor 2050 worden er nauwelijks tot enige veranderingen in de dieptebeperking verwacht. In 2100 is er in het gematigde scenario een geringe toename waarneembaar in de Neder-Rijn tot aan de sluis bij Driel. In het W+ scenario (2100) wordt een serieuze beperking verwacht in de Neder-Rijn tot aan de sluis bij Driel. De significante aflaaddiepte beperkingen doen zich in het W+ scenario al in een gemiddeld jaar voor.

In het Pannerdensch Kanaal wordt er in het gematigd scenario geen afname van de mogelijke vaardiepte verwacht. Rond 2100 wordt er in het W+ scenario een toename in de dieptebeperking verwacht. Deze toename in beperkingen treden geen van alle op bij een gematigde klimaatverandering.

Opgave	Aard en/of Omvang	Locatie(s)
1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing	Zuidzijde van met name lek	Minder aan de oostzijde
2. Nieuw inzicht (piping en lengte effect)	Speelt in hele rivierengebied (incl. IJssel)	Rivierengebied
3. LT-Klimaatopgave	0-60 cm. Voor het grootste deel orde 25 cm.	25 cm benedenstrooms van Lexkesveer 60 cm benedenstrooms van Krimpen aan de Lek
4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ	Extra opgave strategie DPRD open zee/rivierzijde max 2,5 m Afname opgave door 2 strategieën DPRD nieuwe Lek max -3,5m	Iets bovenstrooms van Schoonhoven Van Rheden tot Maassluis
5. Lek extra ontzien (andere waterverdeling)	Opgave neemt af tov huidige situatie	Nederrijn-Lek
6. Bodemdaling (2050)	10-20 cm 40-60 cm	Zuidzijde Nederrijn en Wijk bij duursteden tot Lexmond noord en zuidzijden Benedenstrooms Lexmond beide zijden
7. Economisch optimale overstromingskans (2050)	Dijkkring 15: 1:10.000 Dijkkring 16: 1:4.000 Dijkkring 43: 1:4.000 Dijkkring 44: 1:40.000 Dijkkring 45: 1:80.000 Dijkkring 47: 1: 10.000	
8. Slachtofferisico's (2050)	LIR: Grootste deel tussen 10^{-5} en 10^{-6} , lokaal groter dan 10^{-5} Groepsrisico: bijdrage dijkkringen zeer groot	> 100.000 bovenzijde Diefdijk Alle dijkkringen muv 47-1

Afstemmen op		
a. Zoetwaterproblematiek (2050)	Toename hinder scheepvaart Watertekort fruitteelt Verziltig drinkwaterinlaatpunt Problemen koelwater energievoorziening	Kanaalpanden Nederrijn - Lek Kromme Rijn-gebied Lek Amsterdam-Rijnkanaal

2.4

Limburgse Maas

Eijsden (riv km 0) – Mook (rechteroever; riv km 164) / Boxmeer (linkeroever; riv km 148)

Dijktringen: 65-1, 68-1, 86-1, 87-1

Op orde brengen

1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing

In 1995 is gekozen voor overstroombare waterkeringen in Limburg en oostelijk Brabant. Dit werd noodzakelijk geacht omdat de bescherming van Limburg geen waterstands verhogingen stroomafwaarts mocht veroorzaken. De norm die hierbij passend werd geacht was 1/250. Deze norm en de ligging van de dijktringen 54 t/m 95 is in 2006 in de toenmalige wet op de waterkering (waterwet) opgenomen als primaire waterkering. In 2011 is voor de eerste maal, in het kader van wat landelijk de 3^e toetsronde is, ook de 1/250 genormeerde dijktringen in Limburg getoetst. Bijna alle 1/250 dijktringen langs de Limburgse Maas voldoen niet aan de voorwaarde van de derde toetsronde voor primaire waterkeringen of er is nader onderzoek nodig. Dit komt mede doordat niet alle dijken in het kader van Maaswerken al verbeterd zijn. Het toetsbeeld langs de Maas in Limburg wordt, ten aanzien van de dijkvakken die 'geen oordeel' score in de verlengde 3^e toetsronde, nader aangescherpt. Het betreft vooral de dijktringen van Roermond, Venlo, Gennep, Mook-Middelaar. (RVG Maaswerken). Vanaf de Belgische bij Eijsden tot aan Mook (160 km rivier) ligt in Nederland inmiddels meer dan 180 km aan waterkeringen. (ruim 165 km 1/250 en 18 km 1/1.250) Dit aantal kilometers neemt naar verwachting nog verder toe door de voortgang van de dijkverbetering in het kader van de Maaswerken. Daarnaast liggen aan Belgische kant van de grensmaas ook nog enige tientallen kilometers waterkeringen. Deze keringen aan Belgische kant worden niet getoetst binnen het HWBP.



Op orde houden

2. Nieuwe inzichten (piping en lengte-effect)

Piping: Het Maasdal in Limburg en oostelijk Brabant is geologisch zeer divers opgebouwd. Afdekkende klei- en leemlagen zijn door een meanderende rivier en zijbeken op vele plaatsen afgezet. Bij de eerst aanleg van de waterkeringen in 1995/1996 is nauwelijks aandacht besteed aan het bezwijkmechnisme piping. Echter is door Maaswerken en in de toetsing op veiligheid inmiddels op vele plaatsen aangetoond dat de ontwerpen op piping moeten worden aangepast.

Lengte effect: Door het feit dat in 1995/1996 er bewust gekozen is om de dijktringen 54 t/m 95 strak om de te beschermen bebouwing aan te leggen, zijn in Limburg vele dijktringen ontstaan en niet een langs de hele rivier doorlopende dijk. Daarom

wordt de Limburgse Maas door sommigen ook wel de 'onbedijkte' Maas genoemd terwijl er inmiddels ruim 165 kilometer aan waterkeringen ligt.

Door deze keuze voor veel kleiner dijkringen is het lengte effect beperkter dan bij zeer lange dijken. De variaties in lengte aan waterkeringen binnen de diverse dijkringen zitten tussen de 500 m en 15 km. Lengte effect kan eventueel dus wel en rol spelen.

Inventarisatie met betrekking tot piping door onderzoeksprogramma SBW is niet voor Limburgse Maas uitgevoerd.

3. LT-Klimaatopgave

De waterstandsopgave van de Maas (en met name de Limburgse Maas) kan nog veranderen naar aanleiding van nieuwe berekeningen die worden gemaakt. Bij deze nieuwe berekeningen wordt de waterstandsopgave bepaald met een afvoergolf (dynamisch) in plaats van een constante afvoer langs de hele Maas (stationair).



De Limburgse Maas, het traject van Eijsden tot Boxmeer/Mook, kan rekenen op een wateropgave tussen 30 en 90cm waterstandstijging met maxima bij Maastricht en tussen Roermond en Venlo.

4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ

De strategieën van DPRD hebben geen effect meer op de Limburgse Maas.

5. Veiligheidsfilosofie Maas/systeemwerking

Voordat een afvoer van 1/1.250 jaar bereikt wordt langs de Maas horen in theorie de 1/250^{ste} dijkringen langs de Limburgse Maas te overstroomen. In praktijk is dit echter afhankelijk van de waakhoogte die op de waterkeringen is aangelegd, de golfvorm en of er verruimingsmaatregelen in de omgeving zijn uitgevoerd waardoor de waterstanden zijn gedaald. De betrouwbaarheid van dit systeem levert nog de nodige vragen op. Het vraagt bij aanpassingen in het rivierbed dat ook de kruinhoogte van de waterkering worden aangepast.

Het effect van het wel of niet overstroomen van de dijkringen 54 t/m 95 is op de Zandmaas tussen 10 en 30 cm en op de Bedijkte Maas circa 5 cm. Dit kan leiden tot een aanvullende opgave op het klimaat.

6. Bodemdaling (2050)

Op basis van TNO kaart: Er treedt geen significante bodemdaling op langs de Limburgse Maas. Opgave is niet in een waterstand uit te drukken, enkel in overstromingskans en risico. De bodemdaling is echter op dit moment nog niet naar een opgave doorvertaald.



Beschermingsniveau op orde brengen**7. Slachtofferisico (2050)**

Locaal individueel risico (LIR):

De overlijdenskans is voor de 4 onderzochte dijkkringgebieden tussen 1×10^{-5} en 1×10^{-7} per jaar. De vele kleinere dijkkringen met een relatief een beperkte inhoud maken echter ook dat bij doorbraak of overstromen van de dijk er spraken is van het snel vollopen van de hele dijkkring.

Groepsrisico:

De bijdrage van de dijkkringen langs de Limburgse Maas aan landelijke groepsrisico is nihil.

8. Economisch Optimale overstromingskans (2050)

De huidige veiligheidsnormen van de dijkkringen 54 t/m 95, gebaseerd op overschrijdingskans, bedraagt 1:250. Voor de MKBA en de SLA zijn vier dijkkringen onderzocht. Omgerekend naar overstromingskans wordt de in de referentiesituatie de huidige normering (als de waterkeringen op orde zijn) voor deze vier gebieden geschat op 1:125. De economisch optimale overstromingskansen zijn voor de dijkkringen 54 t/m 95 aan de hand van 4 dijkkringgebieden onderzocht. Voor Arcen en Meers is deze 1/1.250 per jaar en voor Venlo-Velden en Maasband 1/500 per jaar. Aanvullend onderzoek of extrapolatie van de resultaten van de vier dijkkringen die zijn meegenomen in het onderzoek, naar de overige dijkkringen, is vanuit een gelijkwaardige en evenwichtige benadering binnen Nederland noodzakelijk.

Hieronder is het risicoprofiel per riviertak geduid voor MKBA, LIR en Groepsrisico (landelijk en dijkkring perspectief) in termen van geen opgave, relatief beperkte opgave en relatief grote opgaven op basis van rapportage 'Factsheets Basisinformatie Waterveiligheid 21e Eeuw' (Kind en van der Doef, 2012). Voor meer detail is onder figuur aangegeven hoe het verhoudingsgetal in de tabel tot stand is gekomen.

Risicoprofiel Limburgse Maas

Nr	Dijkkring	MKBA	LIR	Groepsrisico Landelijk	Groepsrisico Per dijkkring
65-1	Arcen	6.4	8.2	1	gering
68-1	Venlo-Velden Noord	4.8	0.8	1	gering
86-1	Maasband	2.4	1.3	1	gering
87-1	Meers	12.8	1.1	1	gering

Toelichting

	geen opgave	geringe bijdrage	
	relatief beperkte opgave	matige bijdrage	
	relatief grote opgave	(zeer) grote bijdrage	

Waarde Lokaal Individueel Risico (LIR) = Uitgangspunt oriëntatiewaarde van 10^{-5} per jaar. Berekende LIR risico's vergeleken met oriëntatiewaarde om maximaal toelaatbare overstromingskans te bepalen vanuit het perspectief van beheersing van slachtofferisico's. Deze toelaatbare overstromingskans vergeleken met overstromingskans van de (2de) referentiesituaties. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit individuele slachtofferisico's perspectief.

Waarde Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA) = vergelijking van de economisch optimale overstromingskans met de overstromingskans (2de) referentie situatie. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit economisch perspectief.

Groepsrisico landelijk = Aantal slachtoffers beschouwd bij een overstroming vanuit landelijk perspectief uitgedrukt in oriëntatiewaarden; maakt onderscheid tussen risico's die vrijwillig worden aangegaan en onvrijwillige risico's en houdt rekening met eventuele baten ervan. Tevens is rekening gehouden met risicoaversie (mensen vinden één ramp met 100 slachtoffers erger dan 10 rampen met 10 slachtoffers). Groepsrisico dijkkring = Aantal slachtoffers beschouwd vanuit overschrijdingskans per dijkkring om het groepsrisico tussen dijkkringen onderling te kunnen vergelijken. Daarbij wordt geen rekening gehouden met onderlinge afhankelijkheden tussen dijkkringen zoals de ontlastende werking van een overstroming in bovenstrooms gelegen dijkkringgebied.

Afstemmen op

a. Zoetwaterproblematiek (2050)

De Maas kent regelmatig voorkomende perioden met lage afvoer. De Maas voert gemiddeld tijdens laagwater relatief weinig af, maar ook die afvoer daalt bij het W+ scenario nog fors. Het Nederlandse deel van de Maas is gekanaliseerd met zeven stuwen tussen Borgharen en Lith. Deze zorgen ervoor dat de vaardiepte minimaal 3 meter is. Vrijwel direct nadat het water van de Maas de grens tussen België en Nederland is gepasseerd, vindt een verdeling plaats over drie takken: de Zuid-Willemsvaart, het Julianakanaal en de Grensmaas. Gezien de lagere laagwaterafvoeren die voor de Maas verwacht worden in scenario W+ is een aandachtspunt te verwachten rond deze verdeling. Er ontstaan snel tekorten voor handhaving van het waterpeil op de Brabantse kanalen die via de Zuid-Willemsvaart gevoed worden. Dat kan de bevaarbaarheid van de kanalen beperken en de wateraanvoer voor het regionale watersysteem via die kanalen.

Voor de Energiecentrales langs de Maas is het algemene beeld is dat in een gemiddelde en droog jaar al voor 2050 aandachtspunten zullen ontstaan, vooral in deltasceario W+/GE (STOOM). Voor een droog jaar (1976) doen zich in de huidige situatie al problemen voor. Voor de Maas geldt dat het peil in de stuwpannen ook in 2050 waarschijnlijk nog goed gehandhaafd kan worden, omdat (1) de zijrivieren Roer, Salm en Niers water blijven aanvoeren, (2) de Brabantse kanalen al snel geen water meer krijgen, en (3) bij schutsluizen kan worden teruggepompt.

Opgave	Aard en/of Omvang	Locatie(s)
1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing	Grote trajecten Limburgse Maas	Meeste dijkvakken voldoen niet aan de norm of is nader onderzoek nodig
2. Nieuw inzicht (piping en lengte effect)	Op veel plekken	Opvallend op Mook Middlaar Gennep, Venlo, Thorn, Arcen, Bergen Well enz.
3. LT-Klimaatopgave	30 tot 90 cm	Pieken bij Maastricht en tussen Roermond en Venlo, grillig verloop in de Grensmaas
4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ	Nvt	Nvt
5. Veiligheidsfilosofie Maas/systeemwerking	Alle 1/250 dijkkringen niet overstroombaar (1:250 norm) 0 tot 30 cm	Langs hele Limburgse Maas Zandmaas

Opgave	Aard en/of Omvang	Locatie(s)
6. Bodemdaling (2050)	Geen significante bodemdaling	Hele Limburgse Maas
7. Economisch optimale overstromingskans (2050)	1/500 tot 1/1250 per jaar	Arcen, Venlo-Velden, Meers en Maasband
8. Slachtofferisico's (2050)	LIR tussen $1 \cdot 10^{-5}$ en $1 \cdot 10^{-7}$ per jaar Bijdrage aan landelijke groepsrisico is nihil	Arcen, Venlo-Velden, Meers en Maasband Hele Limburgse Maas
Afstemmen op		
a. Zoetwaterproblematiek (2050)	Watervoorziening Midden-Limburg en Oost-Brabant	Milsbeek, Heel, Roosteren

2.5

Bedijkte Maas

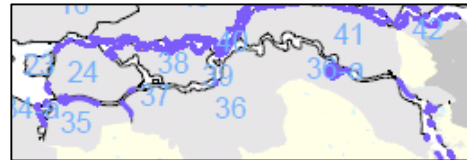
Mook (rechteroever; riv km 164) / Boxmeer (linkeroever; riv km 148) – Moerdijkbrug (riv km 266)

Dijkringen: 24-, 34-a-1, 35-1, 36-1, 36-a-1, 38-2, 39-1, 40-2 en 41-2

Op orde brengen

1. Derde toetsronde en verlengde derde ronde toetsing

Uit de 3^e ronde toetsing blijkt dat het Eiland van Dordrecht en de Hoeksche waard een aanzienlijke opgave aanwezig is. Dijkkring 34: 3,3 km afgekeurd; Dijkkring 34a: 3 km afgekeurd, Dijkkring 35: 8,2 km afgekeurd. Dijk langs Drongelens Kanaal (in beheer bij RWS): 3,4 km afgekeurd.



Op orde houden

2. Nieuwe inzichten (piping en lengte-effect)

Piping: Langs aanzienlijke trajecten van de Maas leiden de nieuwe inzichten met betrekking tot piping tot een significante toename van de kwelweglengte.

Naarmate piping meer van invloed is binnen een dijkkring, neemt het lengte-effect naar gelang ook toe. Dit betekent dus dat met name in grote dijkkringen het lengte-effect groot is.



3. LT-Klimaatopgave

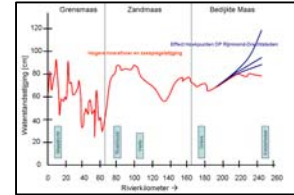
De waterstandsopgave van de Maas (en met name de Limburgse Maas) kan nog veranderen naar aanleiding van nieuwe berekeningen die worden gemaakt. Bij deze nieuwe berekeningen wordt de waterstandsopgave bepaald met een afvoergolf (dynamisch) in plaats van een constante afvoer langs de hele Maas (stationair). De bedijkte Maas, het traject van Boxmeer/Mook tot aan de Moerdijkbrug, kan rekenen op een wateropgave tussen 60 en 80cm. Benedenstrooms van Grave wordt de invloed van zee steeds sterker.



4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ

De extra opgave als gevolg van mogelijke strategieën bij DPRD heeft een effect tot bij Ravenstein. Vanaf daar loopt de extra opgave op tot ongeveer 40 cm bij Keizersveer.

Er zijn drie opgave lijnen afgebeeld, te weten: de gesloten variant aan de zeezijde (bovenste), afsluitbaar (middelste) en de oplossingsrichting met een nieuwe lek (onderste).



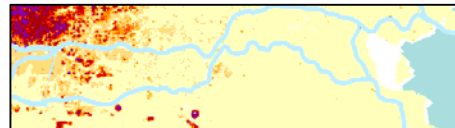
5. Veiligheidsfilosofie Maas/systeemwerking

Voordat een afvoer van 1/1.250 jaar bereikt wordt langs de Maas horen in theorie de dijkeringen langs de Limburgse Maas te overstromen. In praktijk is dit echter afhankelijk van de waakhogte die op de waterkeringen is aangelegd, de golfvorm en of er verruimingsmaatregelen in de omgeving zijn uitgevoerd waardoor de waterstanden zijn gedaald. De betrouwbaarheid van dit systeem levert nog de nodige vragen op. Het vraagt bij aanpassingen in het rivierbed dat ook de kruinhoogte van de waterkering worden aangepast.

Het effect van het niet overstromen van de dijkeringen 54 t/m 95 is dat er theoretisch minder aftopping en golfdemping plaats vindt wat kan leiden tot een spitsere en hogere afvoergolf benedenstrooms, welke eerder aankomt bij Den Bosch. Het gevolg is een mogelijk hogere waterstanden tot circa 5 cm (en een iets kortere evacuatietijd).

6. Bodemdaling (2050)

Op basis van TNO kaart: Langs de hele bedijde Maas is de bodemdaling aan noord en zuidzijden 10-30cm. Lokaal is de bodemdaling ongeveer 40-60 cm. Opgave is niet in een waterstand uit te drukken, enkel in overstromingskans en risico. De bodemdaling is echter op dit moment nog niet naar een opgave doorvertaald.

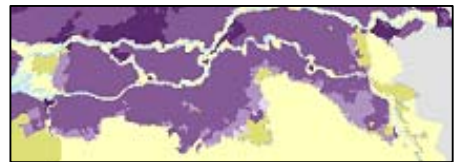


Beschermingsniveau op orde brengen

7. Slachtofferisico (2050)

Locaal individueel risico (LIR):

De overlijdenskans is voor de het grootste gedeelte van het traject tussen $1 \cdot 10^{-5}$ en $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Uitzonderingen zijn Heerewaarden met een LIR groter dan $1 \cdot 10^{-5}$ en sommige gebieden aan de zuidrand van dijkkring 36 met een LIR van $1 \cdot 10^{-7}$ en $1 \cdot 10^{-8}$.



Groepsrisico:

De bijdrage van de dijkeringen langs de Maas aan het landelijk groepsrisico is matig (vanwege de bijdrage van dijkkring 24 en 35, en in mindere mate 36, 38_2 en 41_2).

8. Economisch Optimale overstromingskans (2050)

De huidige veiligheidsnormen, gebaseerd op overschrijdingskans, bedraagt voor de bedijkte Maas van 1:1.250 (dijkring 24, 36, 37, 38, 39, 41) bovenstrooms tot 1:2000 per jaar benedenstrooms (dijkring 34, 34a, 35) en dijkring 40 met 1:500. Omgerekend naar overstromingskans varieert de geschatte huidige normering (als de waterkeringen op orde zijn) van 1:250 of 1:500 bovenstrooms tot 1:500 of 1:1.000 benedenstrooms voor de referentiesituatie. De optimale overstromingskans is langs het hele traject 1/4.000 per jaar. Uitzondering zijn Keent, Alem en Nederhemert met 1/500 per jaar. Vanuit economisch oogpunt zou het wenselijk zijn om voor de bedijkte Maas het beschermingsniveau bij sommige dijken met een factor 3 tot 10 te verhogen.



Hieronder is het risicoprofiel per riviertak geduid voor MKBA, LIR en Groepsrisico (landelijk en dijkring perspectief) in termen van geen opgave, relatief beperkte opgave en relatief grote opgaven op basis van rapportage 'Factsheets Basisinformatie Waterveiligheid 21e Eeuw' (Kind en van der Doef, 2012). Voor meer detail is onder figuur aangegeven hoe het verhoudingsgetal in de tabel tot stand is gekomen.

Risicoprofiel Bedijkte Maas

Nr	Dijkring	MKBA	LIR	Groepsrisico Landelijk	Groepsrisico Per dijkring
24-1	Land van Altena	2.1	4.9	10	gering
34-a-1	Geertruidenberg	4	1.4	1	gering
35-1	Donge	2.8	0.4	10	matig
36-1	Land van Heusden-Maaskant	16.4	1.0	4	groot
36-a-1	Keent	0.6	1.1	1	gering
38-2	Bommelerwaard	9.2	0.6	2	gering
39-1	Alem	1	2.2	1	gering
40-2	Heerewaarden	2	0.5	1	gering
41-2	Land van Maas en Waal	6	0.5	2	gering

Toelichting

	geen opgave	geringe bijdrage	
	relatief beperkte opgave	matige bijdrage	
	relatief grote opgave	(zeer) grote bijdrage	

Waarde Locaal Individueel Risico (LIR) = Uitgangspunt oriëntatiewaarde van 10-5 per jaar. Berekende LIR risico's vergeleken met oriëntatiewaarde om maximaal toelaatbare overstromingskans te bepalen vanuit het perspectief van beheersing van slachtofferisico's. Deze toelaatbare overstromingskans vergeleken met overstromingskans van de (2de) referentiesituaties. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit individuele slachtofferisico's perspectief.

Waarde MaatschappelijkeKostenBatenAnalyse (MKBA) = vergelijking van de economisch optimale overstromingskans met de overstromingskans (2de) referentie situatie. Verhouding tussen beide kansen geeft indicatie waarschijnlijke omvang veiligheidsopgave vanuit economisch perspectief.

Groepsrisico landelijk = Aantal slachtoffers beschouwd bij een overstroming vanuit landelijk perspectief uitgedrukt in oriëntatiewaarden; maakt onderscheid tussen risico's die vrijwillig worden aangegaan en

onvrijwillige risico's en houdt rekening met eventuele baten ervan. Tevens is rekening gehouden met risicoaversie (mensen vinden één ramp met 100 slachtoffers erger dan 10 rampen met 10 slachtoffers. Groepsrisico dijkkring = Aantal slachtoffers beschouwd vanuit overschrijdingskans per dijkkring om het groepsrisico tussen dijkkringen onderling te kunnen vergelijken. Daarbij wordt geen rekening gehouden met onderlinge afhankelijkheden tussen dijkkringen zoals de ontlastende werking van een overstroming in bovenstrooms gelegen dijkkringgebied.

Afstemmen op

a. Zoetwaterproblematiek

De Maas voert gemiddeld tijdens laagwater relatief weinig af, maar ook die afvoer daalt bij het W+ scenario nog fors. Grofweg wordt er een halvering van de maandgemiddelde afvoer in 2050 gezien, nog verergerend in 2100. De inname locaties langs de Maas blijven bij alle scenario's zoet, al wordt de 150 mg/l grens wel benaderd in de Afgedamde Maas in een extreem droog (1%) jaar in het W+ scenario. Uit de modellering blijkt het zoutgehalte in de Amer ter hoogte van de Biesbosch nooit hoger te zijn dan dat in de Bergsche Maas (ca. 5 km stroomopwaarts). De zouttong vanuit de Nieuwe Waterweg reikt dus niet tot in de Amer.

In scenario W+/GE (STOOM) ontstaan langs de Maas en Amer in 2050 al problemen met de koeling in een droog en zelfs gemiddeld jaar.

Opgave	Aard en/of Omvang	Locatie(s)
1. Derde toetsronden dijken	Bijna alle dijken voldoen aan de norm	Afgekeurd zijn <p.m.>
2. Nieuw inzicht: piping en lengte effect	Langs de hele bedijkte Maas	Bijzonder opvallend <p.m.>
3. Hogere waterstand (2100)	60 tot 80 cm	Benedenstrooms van km 180 invloed van zee
4. Extra opgave strategie DPRD/DPIJ	0 tot 40 cm	Ravenstein - Keizersveer
5. Veiligheidsfilosofie Maas/systeemwerking	Alle dijkkringen met 1:250 norm 5 cm	Bedijkte Maas
6. Bodemdaling (2050)	10 tot 30 cm, lokaal 40 tot 60 cm	Hele bedijkte Maas
7. Economisch optimale overstromingskans (2050)	1/4000 per jaar	Hele bedijkte Maas (excl. Alem, Keent en Nederhemert)
8. Slachtofferisico's (2050)	LIR tussen $1 \cdot 10^{-5}$ en $1 \cdot 10^{-8}$ Matige bijdrage aan landelijk groepsrisico	Hele bedijkte Maas (excl. Heerwaarden; heeft LIR groter dan $1 \cdot 10^{-5}$) Dijkkring 24 en 35, en in mindere mate 36, 38_2 en 41_2
Afstemmen op		
a. Zoetwaterproblematiek (2050)	Inname punten blijven zoet In 2050 al koel problemen in droog/gemiddeld jaar	Maas en Amer Maas en Amer

3 De opgaven nader toegelicht

3.1 Op orde brengen – voldoen aan huidige norm

Ruimte voor de Rivier en Maaswerken

Ruimte voor de Rivier en Maaswerken worden onverkort afgerond en maken deel uit van de referentie situatie van DPR. Op bestuurlijk niveau is afgesproken dat Ruimte voor de Rivier in 2015 gereed is en Maaswerken in 2017-2020. Voor Maaswerken is bestuurlijk overeengekomen dat het voltooien van deze lopende opgave wordt gefinancierd via het nHWBP. Het blijft echter een lopende korte termijn opgave vooralsnog gestoeld op de uitgangspunten van Maaswerken. Hierbij wordt geen klimaat- en of robuustheidtoeslag in rekening gebracht.

Toetsing

Periodiek toetsen de waterkeringbeheerders van primaire waterkeringen of de dijken, duinen en waterkerende kunstwerken (zoals sluizen en afsluitbare doorgangen in een dijk) voldoen aan de wettelijke normen voor de veiligheid. De toetsing resulteert in een (rijks)oordeel die de wettelijke basis vormt voor het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) dat door het Rijk wordt vastgesteld. Dit programma geeft de verbetermaatregelen weer en biedt de grondslag voor de financiering daarvan. De Waterwet schrijft nu voor dat het toetsen elke zes jaar plaatsvindt, zie figuur 7 voor de cyclus. In het BA Water is afgesproken om een toetsfrequentie van 12 jaar uit te werken.

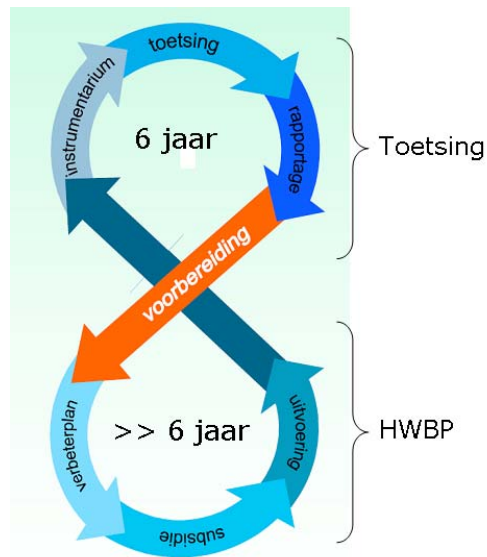
Het toetsen van een waterkering kan tot drie oordelen leiden:

- De waterkering voldoet aan de norm;
- De waterkering voldoet niet aan de norm;
- Er is nader onderzoek nodig (voorheen geen oordeel) om tot een oordeel te kunnen komen.

De eerste toetsronden is doorlopen tussen 1996 en 2001, de tweede ronde tussen 2001 en 2006 en de derde toetsronde is doorlopen tussen 2006 en 2011. In 2012 is de verlengde derde toetsing gestart om de waterkeringen waar nog nader onderzoek nodig is van een oordeel te voorzien.

Het Hoogwaterbeschermingsprogramma is een nationaal programma van dijkversterkingwerken waarbij de in de toetsing afgekeurde dijkvakken versterkt worden. De versterking van deze dijkvakken vindt in principe plaats voor een levensduur van 50 jaar. De factoren waarmee rekening moet worden gehouden zijn opgenomen in de verschillende Leidraden waaronder de Leidraad Rivieren.

Tweede Toetsronde: Het resultaat van deze toetsronde is vastgesteld najaar 2006. Het resultaat hiervan is verwerkt in het Tweede Hoogwaterbeschermingsplan (HWBP2). Hierin zijn zowel de rijkswerken als de waterschapswerken opgenomen. Tot nog toe worden de werken onverkort uitgevoerd en is er geen interactie met DPR. De uitvoering van de tot HWBP2 behorende werken worden naar verwachting uiterlijk in 2017 afgerond.



Figuur 7: De huidige relatie tussen Toetsing en het HWBP aangegeven. Deze 6 jarige cyclus eindigt na 2017 en gaat over in een 'voortrollende toetsing'.

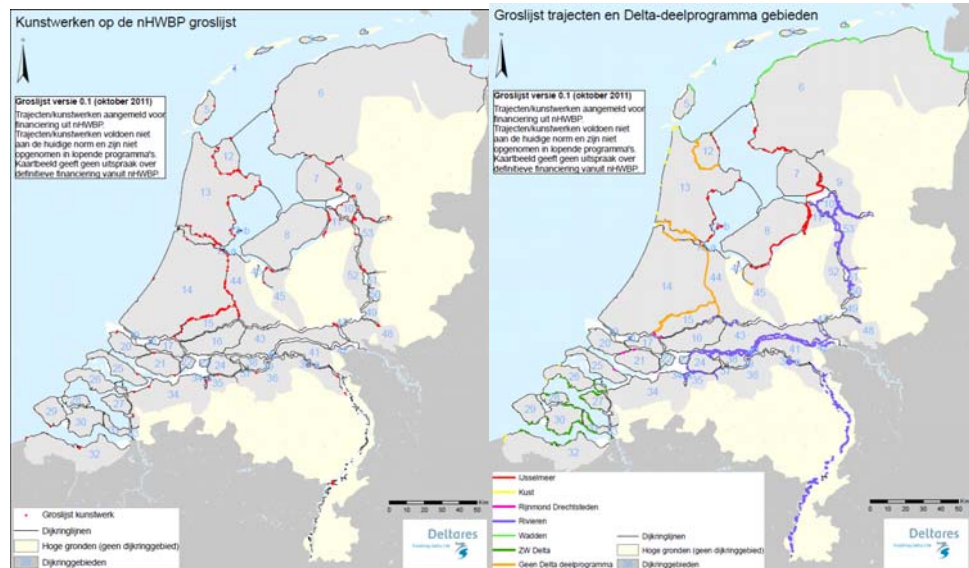
Derde Toetsronde: Het resultaat van de derde toetsronde is sinds eind 2011 beschikbaar. De ervaringen van de Tweede Ronde en de resultaten van de Derde Ronde gaven aanleiding tot het opstellen en afsluiten van het bestuursakkoord Water. In dit akkoord zijn nadere afspraken gemaakt met betrekking tot de verdere uitwerking van de toetsing. Afgesproken is voor die dijken waarvoor geen toetsresultaat beschikbaar is een verlengde derde ronde te doorlopen. Deze verlenging is naar verwachting eind 2013 afgerond. Ondertussen wordt een Plan van Aanpak met betrekking tot het programma gemaakt en wordt het HWBP3 in 2014 inclusief de resultaten van de verlenging afgerond. De uitvoering van dit programma start naar verwachting in 2017. Voor de uitvoering van dit programma is € 400 mln. beschikbaar per jaar. 40 mln. voor de rijksdijken (bijvoorbeeld de Afsluitdijk) en 360 mln. voor de waterschapsdijken (overige).

nHWBP: In het BestuursAkkoord Water is afgesproken dat uiterlijk 2017 de laatste 6-jaarlijkse ronde toetsing aanvangt. Deze toetsing is naar verwachting uiterlijk in 2023 gereed. Daarna gaat het HWBP over in een voortrollend programma waarbij afgekeurde werken jaarlijks in het programma kunnen worden opgenomen. Ook de toetsing krijgt een voortrollend karakter waarbij de ene dijkkring in jaar x getoetst wordt en de andere dijkkring in jaar y.

Het is mogelijk dat de beheerder bij tussentijdse nieuwe kennis en inzichten die een significant effect hebben op de waterveiligheid, een aanvullende of tussentijdse beoordeling van de veiligheid van de waterkering uitvoert.

Vanwege de nieuwe spelregels rondom het HWBP heeft het derde hoogwaterbeschermingsprogramma de naam: Nieuw HoogWaterBeschermingsProgramma gekregen (=nHWBP). De waterschappen stellen gezamenlijk met het Rijk het programma op. De staatssecretaris stelt het

programma formeel vast, maar wijkt alleen af bij zwaarwegende redenen. Het programma is in 2014 klaar.



Figuur 8: Afgekeurde trajecten en keringen. Voor riviertrajecten worden de afgekeurde keringen getoond per Deelprogramma. Kaart gemaakt door Unie van Waterschappen (op basis van concept Groslijst d.d. 31 december 2011)

In totaal bevat het kaartbeeld 1641 verschillende trajecten met een totale lengte van 744,5 km. Daarnaast zijn er 264 kunstwerken geïdentificeerd, die ook in het kader van het nHWBP versterkt moeten worden (zie figuur 8). Voor Deltaprogramma Rivieren gaat het om 897 dijkvakken met een lengte van 337,58 km.

Alle overige dijkvakken zijn te laag en daarmee 'onvoldoende'. Verbetering via nHWBP en Maaswerken is al voorzien. De waterkerende kunstwerken in de fors te lage dijkringen in Limburg zijn integraal met de waterkering als onvoldoende getoetst en niet separaat in de groslijst voor de kunstwerken opgenomen.

Uit figuur wordt duidelijk dat er relatief veel afgekeurde dijkvakken (veelal C-keringen) zijn, die niet in een Deltaprogramma zijn opgenomen. Om deze toch ook mee te nemen in de deelprogramma's is het nodig dat deze worden onderverdeeld.

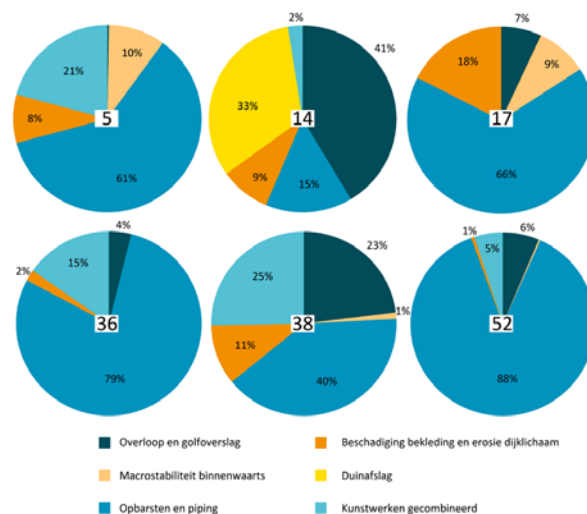
3.2

Op orde houden – anticiperen op klimaatsverandering, bodemdaling en mogelijk andere afvoerverdeling

Nieuwe inzichten sterkte dijk: Piping en Lengte effect

De inzichten in de sterkte van dijken ontwikkelen zich op basis van onderzoek. De huidige toetsing van de norm wordt gedaan met het WettelijkToetsInstrumentarium (WTI). Zodra nieuwe inzichten beleidsmatig worden geaccordeerd, worden ze opgenomen in het instrumentarium. Twee nieuwe inzichten die nog niet zijn opgenomen in het WTI maar die wel relevant zijn voor de opgave van Rivieren zijn Piping en Lengte effect. Beide worden hieronder toegelicht.

Piping is het verschijnsel dat water dat tijdens een hoogwaterperiode onder de dijk doorgaat in staat is om zand mee te nemen waardoor er kanaaltjes ontstaan die zo groot kunnen worden dat daardoor de dijk bezwijkt. Dit verschijnsel komt veel vaker voor dan gedacht en is ook veel gevaarlijker dan tot nog toe werd aangenomen. Uit de dijkringonderzoeken van VNK2 blijkt dat het aandeel van piping in de faalkans van de dijk veel groter is dan tot nog toe werd verwacht. In de huidige norm wordt uitgegaan van minder dan 10% maar uit de resultaten van VeiligheidNederlandinKaart 2 (VНК2) blijkt dat het belang van het faalmechanisme in sommige dijkringen op kan lopen tot ongeveer 90% waarbij het maatgevende faalmechanisme is, zie figuur 9.



Figuur 9. Resultaten van VНК2 laten zien dat voor 6 verschillende dijkringen het relatieve belang van de faalmechanismen per dijkkring sterk kan verschillen.

Deze bevinding die in het VНК2 onderzoek voor het eerst naar voren is gekomen is nader onderzocht in de ENW-rapportage "Piping; realiteit of rekenfout". ENW komt hierbij tot de conclusie dat er meer rekening met piping moet worden gehouden dan tot dusverre het geval is. Ook een inventarisatie vanuit het onderzoeksprogramma SterkteBelastingWaterkeren (SBW) maakt dit duidelijk, zie figuur 10. In een eerste verkenning van de problematiek is duidelijk geworden dat de benodigde kwellingte (gebruikt bij ontwerpen van dijken) ongeveer verdubbeld.



Figuur 10: Kaart gemaakt op basis van enquête en workshop voor onderzoeksprogramma SterkteBelastingWaterkeringen (SBW); Hervalidatie Piping - Kwalificeren en herijken beheerderoordeel.

Op de kaart zijn de waarnemingen van piping van diverse bronnen weergegeven. Alleen de gegevens van de deelnemende waterschappen zijn gebruikt. (De Limburgse waterschappen zijn, onder meer, niet betrokken geweest bij dit onderzoek.) De waarnemingen bestaan uit de gegevens aangeleverd door de waterschappen voor het onderzoek SBW Piping. Deze kaart is gebaseerd op beperkte gegevens en is minder dan 75% landsdekkend.

Lengte-effect is het verschijnsel dat de faalkans van een dijk in een lange dijkkring groter is dan de kans daarop in een kleine dijkkring. Het lengte-effect is in het VNK2 onderzoek gekwantificeerd. Om het lengte-effect te compenseren dienen de afzonderlijke dijkvakken sterker te zijn (en daarmee een kleiner faalkans te hebben) zodat de optelsom van faalkansen over een grotere lengt voldoet aan de vereiste ringkans.

Opgave vanuit Klimaatsverandering

Uitgangspunten berekening

Als referentie (vertreksituatie) voor de waterveiligheidsopgave wordt 2015/2020 aangehouden. De lopende programma's PKB RvdR en Maaswerken zijn dan uitgevoerd. Ook is dan voor de dijken het nu lopende Hoogwaterbeschermingsprogramma 2 (HWBP-2) uitgevoerd. Uitgangspunt is verder dat er geen resttaakstelling resteert van de uitvoeringsprogramma's RvdR en Maaswerken (is gerealiseerd en de 1/250 waterveiligheid wordt uitgevoerd conform de Bestuursovereenkomst Water Veiligheid Maas van 10 november 2011). De maatgevende afvoer die hoort bij de referentie is respectievelijk 16.000 m³/s en

3800 m³/s voor Rijn en Maas (herhalingstijd 1:1.250 en voor IJsseldelta en Benedenrivierengebied 1:2.000), conform de HR2006. Voor de Limburgse Maas wordt aanvullend ook naar de 1:250 afvoer gekeken in verband met het wettelijke beschermingsniveau van deze dijkkringen. De maatgevende afvoer die hierbij hoort is 3.275 m³/s.

Op dit moment is er met betrekking tot Maaswerken echter discussie over robuustheid van instroom dijkkringgebieden langs de Limburgse Maas. Een andere strategie met betrekking tot de instroom van deze dijkkringengebieden zorgt voor een andere opgave op de Maas. Dit is afhankelijk van de bestuurlijke keuze hierover. Daarnaast geldt dat bestuurlijke keuzes met betrekking tot de uitvoering (dijkverlegging) bij de verbetering van de dijkkringen langs de Limburgse Maas de opgave op de Maas nog zouden kunnen beïnvloeden.

Om de wateropgave te bepalen worden de berekende waterstanden vergeleken met de HR1996 waterstand (Rijntakken) en de waterstand die hoort bij een afvoer van 3.800 m³/s (Maas) en 3.275 m³/s voor de 1/250 dijkkringen. Vanwege de onzekerheden over de systeemwerking van de 1/250 dijkkringen is bij de berekeningen voor de Maas is uitgegaan van de variant met 'oneindig' hoge 1/250 dijkkringen. Hierdoor wordt de wateropgave voor de Maas mogelijk iets overschat. Verder is bij de berekeningen voor de Maas net als bij Maaswerken geen rekening gehouden met de zogenaamde Vlaamse ingrepen.

De waterstandsopgave van de Maas (en met name de Limburgse Maas) is berekend met een constante afvoer langs de hele Maas (stationair). Er worden nieuwe berekeningen gemaakt bepaald met een afvoergolf (dynamisch). Voor een juiste weergave van de opgave wordt daarnaast ook de werking van de retentiegebieden en de instroming van de bekade gebieden uitgeschakeld.

Er treedt geen verruwing op door vegetatie en rivierbedontwikkelingen worden gecompenseerd (middels baggeren – suppleren).

Verder wordt aangenomen dat de laterale toestroom niet toeneemt ten opzichte van het referentiejaar 2015, ondanks de effecten van klimaatverandering (beleidsmatig uitgangspunt). Voor de lange termijn wordt ervan uitgegaan dat de verhoging van de laterale toestroom na 2015 wordt opgevangen in het regionale watersysteem, conform de WB21 trits vasthouden, bergen, afvoeren (beleidsmatig uitgangspunt). Indien dit uitgangspunt wordt losgelaten levert dit met name voor de IJssel en Maas een verzwaring van de waterveiligheidsopgave op. Hier is de laterale toestroom het grootst. Dat de beleidsmatige keus in praktijk lastig is te realiseren hangt samen met het feit dat bijvoorbeeld grootste deel stroomgebied in België of Duitsland ligt of dat er geen ruimte voor regionale opvang van het water is. Soms is het zelf beter om het water zelfs sneller af te voeren, dat wil zeggen nog voordat de piek van de hoofdrivier passeert.

Het zichtjaar voor de waterveiligheidsopgave is 2100. Voor 2100 zijn in het kader van het Deltaprogramma 4 zogenaamde Deltascenario's opgesteld, welke een combinatie zijn van klimaatverandering en sociaal-economische ontwikkeling. Voor waterveiligheid wordt de grootste klimaatverandering weergegeven door de Deltascenario's STOOM en WARM, welke beiden gebaseerd zijn op het KNMI2006 W+ scenario. Voor de Rijn hoort hier een afgetopte maximum afvoer bij van 18.000

m³/s en voor de Maas 4.600 m³/s en 3950 m³/s (voor 1/250 dijkkringen). Verder wordt voor zichtjaar 2100 uitgegaan van een zeespiegelstijging van 0,85 m.

Afvoerverdeling

De afvoerverdeling in het referentiejaar 2015 van de bovenrivieren wordt gebaseerd op de huidige beleidsmatige afvoerverdeling bij 16.000 m³/s (HR2006 / Leidraad Rivieren). De afvoerverdeling in het zichtjaar 2100 wordt gebaseerd op de afvoerverdeling zoals die in en NationaalWaterPlan genoemd staat. Dat wil zeggen dat bij afvoeren boven de 16.000 m³/s de Lek volledig ontzien wordt en dat de afvoertoe name boven de 16000 m³/s volledig verdeeld wordt tussen Waal en IJssel conform de huidige afvoerverdeling tussen beide takken, zie tabel 1.

Afvoer	Referentie 2015	Zichtjaar 2100
Boven-Rijn	16000	18000
Waal	10165	11758
Pan. Kanaal	5835	6242
Neder Rijn	3380 ¹	3380 ¹
IJssel	2461 ¹	2868 ¹

Tabel 1: Beleidsmatige afvoerverdeling over de bovenrivieren bij de referentiesituatie en zichtjaar 2100.

¹ Inclusief afvoer gemaal Kandia

Resultaten berekende opgave

De afvoer toename als gevolg van klimaatsverandering brengt voor het hele rivierengebied een flinke waterstandopgave met zich mee, zie figuur 3. Voor de Maas en Waal is deze opgave het hoogst en loopt die op tot boven de 70 cm. Voor de IJssel is de waterveiligheidsopgave voor de lange termijn als gevolg van klimaatverandering (afvoer 18.000 m³/s bij Lobith, 85 cm zeespiegelstijging) ongeveer 25 cm, met enkele uitschieters naar 35 cm. Voor de Nederrijn en Lek is uitgangspunt dat afvoer toename door klimaat wordt afgevoerd via Waal en IJssel (volgens beleidsmatige afvoerverdeling). De opgave als gevolg van klimaatsverandering komt hier alleen voort uit zeespiegelstijging en loopt benedenstrooms op tot 60 cm.

Voor 2 riviertrajecten; Boven Rijn en Pannerdensch kanaal, is de opgave nog niet bepaald. Dit hangt samen met het feit dat de lange termijn afvoerverdeling zoals afgesproken in de PKB niet kan worden gesimuleerd met het beschikbare WAQUA model. Om dit op te lossen, wordt gerekend met deelmodellen per riviertak. De berekende waterstanden voor de Boven Rijn en het Pannerdensch kanaal variëren per deelmodel. Er wordt nog nagegaan welk waterstand het meest realistisch is.

Opgave als gevolg van bescherming Rijnmond-Drechtsteden & Ander IJsselmeerpeil

Deltabeslissing Rijn-Maas Delta

De Deltabeslissing Rijn-Maasdelta bevat een strategie voor de borging van hoogwaterveiligheid en een duurzame zoetwatervoorziening in 2100, in synergie met de gewenste, toekomstbestendige ecologische en sociaaleconomische ontwikkeling in de Rijn-Maasdelta (RMD). De Deltabeslissing Rijn-Maasdelta wordt voorbereidt door Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD), Deltaprogramma

Rivieren (DPR) en Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (DPZW) samen en kenmerkt zich door wederzijdse afhankelijkheden. De opgaven die voortkomt uit de strategie RMD moeten in onderlinge samenhang worden opgepakt.

Voor Rivieren kunnen de opgave veranderen als gevolg van:

1. Keuze aanleg rivierkeringen en/of afsluiten Nieuwe waterweg om Rijnmond-Drechtsteden te beschermen tegen zeespiegelstijging; verkenning 7 mogelijke strategieën.
2. Keuze voor een andere afvoerverdeling bij Pannerden en de IJsselkop. Aanleiding anders leiden van water ter bescherming van Rijnmond-Drechtsteden en/of zoetwatervoorziening.
3. Ander peilbeheer van het IJsselmeer zorgt voor een verandering van de opgave in de benedenloop van de IJssel.

1. Extra opgave door rivierkeringen en/of afsluiten Nieuwe Waterweg

Als bescherming van Rijnmond-Drechtsteden tegen de zeespiegelstijging zijn er 7 mogelijke strategieën uitgewerkt, te weten:

1. **(Sc0)** Verbeterd afsluitbaar aan zeezijde: verbeterde faalkans Europoortkering;
2. Verbeterd afsluitbaar zee- en rivierzijde: verbeterde faalkans Europoortkering en rivierkeringen welke open en dicht kunnen.
(Sc1) De volledige Lekafvoer via de Waal. Daarmee blijft de Lek ook in een hoogwatersituatie een gestuwde rivier;
(Sc2) Met Blauwe Rivier Lek-Waal (in het vervolg aangeduid als de Nieuwe Lek). Het lekwater wordt bij de A27 (ongeveer bij km. 956, bij Lexmond) afgevoerd naar de Waal, en komt daar net benedenstrooms Gorinchem weer bij;
3. Oplossingsrichting Gesloten: permanent gesloten keringen aan de zeezijde met of zonder gesloten keringen aan de rivierzijde.
(Sc3) Gesloten Zee- en Rivierzijde. Ook hier wordt de Lek verbonden met de Waal (zie 2b);
(Sc4) Gesloten Zee- en Rivierzijde maar met open Haringvliet (inclusief de Nieuwe Lek, 2b);
(Sc5) Gesloten Zeezijde met Open Rivierzijde, maar zonder de Nieuwe Lek;
4. **(Sc6)** Open aan Zeezijde, open rivierzijde, zonder nieuwe Lek, zonder keringen (ook geen Haringvliet en Maeslantkeringen) met aanvullende waterberging in de Grevelingen.

In het benedenrivierengebied zijn anders dan bij de bovenrivieren meerdere factoren van belang die het maatgevende waterniveau bepalen. Naast rivierafvoer zijn dit windrichting en windkracht, in combinatie met het al dan niet gesloten zijn van de Europoortkering en dus wel of geen getij. Er zijn ruim 3.000 verschillende berekeningen gedaan.

Uit de set van berekeningen wordt een specifieke waterstand bij Werkendam (splitsing Nieuwe Merwede en Beneden Merwede, voor de Waal), in Krimpen (overgang Lek in Nieuwe Maas en samenvloeiing met de Noord) en in Keizersveer (voor de Maas) bepaald, die overeenkomt met de situatie:

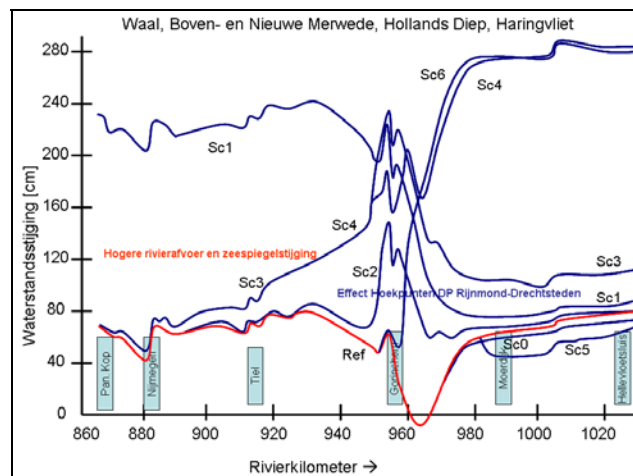
- Geen storm op zee (windkracht 0);
- Maximale getijwaterstand;
- Een afvoer overeenkomstig een beschermingsniveau van 1:1250.

Voor de 7 mogelijke strategieën worden zo de 'uitgangspunten op de grens' tussen Rijnmondrechtsteden en Rivierengebied berekend die vervolgens dienen om de extra opgaven voor DPR te bepalen als gevolg van de gekozen strategie bij DPRD.

Dit levert op Nederrijn, Lek, Waal en Maas een extra opgave op, zie figuur 11, 12 en 13. Hierin is de opgave afgebeeld tot aan zee om de volledige opgave (ook die bij DPRD) in beeld te krijgen. Dit aangezien bij het komen tot het oplossen van de opgaven maatregelen in beide DP'en elkaar beïnvloeden.

Extra opgave Waal:

- Sc1 - Afsluitbaar Open Zee en Rivieren: bij Pannerdensch Kop wordt de Lekafvoer afgevoerd over de Waal. Dit geeft een zorgt voor zeer grote opgave op de Waal tussen de 200 en 240 cm. Vanaf km955 (net benedenstrooms de splitsing met de Boven Merwede) loopt de opgave dan weer terug naar ongeveer 80 cm. Dit komt weer doordat de benedenrand wordt bepaald door de zeespiegelstijging.
- Sc2 - Afsluitbaar Open Zee en Rivier (systeem van keringen): geeft vanaf de splitsing met de Boven Merwede (km950) een fors hogere opgave. Deze loopt op vanaf 70 cm (10 cm meer dan de klimaatsopgave) tot 150 cm. Op de Nieuwe Merwede-Hollands Diep loopt deze dan weer terug naar 60 cm en blijft dan stabiel. De hogere opgave bij de Boven Merwede is door stuwkromme-effecten ook bovenstrooms merkbaar
- Sc3 en Sc4 – Gesloten: Alle afvoer moet worden afgevoerd naar de Zuid Westelijke Delta en geeft dus opstuwing. De opgave bij de Boven Merwede is al bijna 110 cm hoger dan de klimaatsopgave en dat is bovenstrooms uiteraard merkbaar. Er is verder een opvallend verschil tussen de situatie Haringvliet open of niet.
- Sc5 - Gesloten variant met open rivierzijde: is gelijk aan de opgave op basis van klimaatsverandering. Dit lijkt logisch omdat deze variant met schutsluizen hydraulisch erg lijkt op de huidige situatie met de Europoort-kering.
- Sc6 - Open: de opgave is tot aan Gorinchem ongeveer gelijk aan de referentie. Daarna loopt de opgave snel op omdat de stormen op zee de MHW's bepalen en door de afwezigheid van de keringen de invloed van de stormen diep landinwaarts merkbaar is.

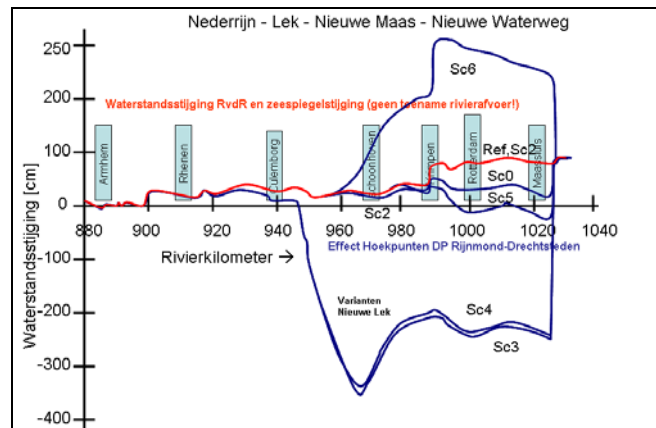


Figuur 11: Extra opgave voor Waal -in blauw- die voortkomt uit 7 verkende strategieën vanuit DPRD. In rood de waterstandsopgave die voortkomt uit de LT klimaatsveranderingen (zie figuur 3).

Extra opgave Nederrijn-Lek:

De uitschieter bij km947 bij Sc2 is een foutief rekenresultaat. Sc3 en Sc4 staan niet in dit figuur omdat ze een verlichting van de opgave geven.

Een zeespiegelstijging van 85 cm werkt zoals te zien is in figuur 12 aan de benedenrand van de Lek nog voor 60 cm door en is merkbaar tot aan Wageningen (km900). Sc1 staat niet in deze grafiek weergegeven (er is dan immers geen hoogwaterafvoer op de Lek). Sc0, Sc2 en Sc5 zorgen niet voor een extra opgave. Sc6 geeft een zeer substantiële opgave. Sc6 is de variant Open waarin alle keringen verwijderd zijn. Sc3 en Sc4 zorgen voor een grote negatieve opgave omdat in die scenario's de nieuwe Lek is geïmplementeerd, in combinatie met een gesloten Rijnmond-Drechtsteden gebied.



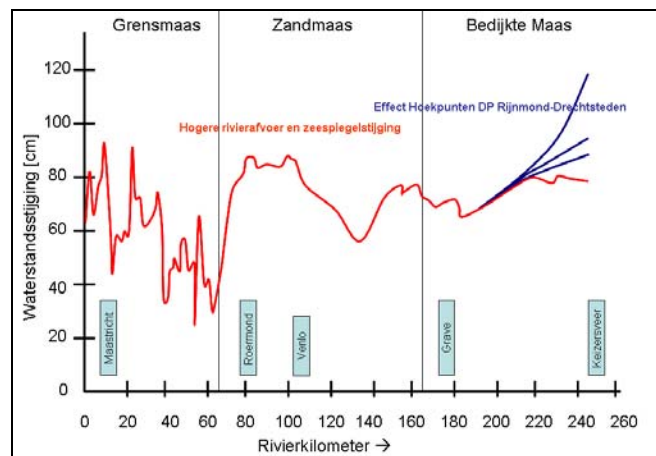
Figuur 12: Extra opgave voor Nederrijn-Lek -in blauw- die voortkomt uit 7 verkende strategieën vanuit DPRD. In rood de waterstandsopgave die voortkomt uit de LT klimaatsveranderingen (zie figuur 3).

Extra Opgave Maas

De extra opgave die voortkomt uit de gekozen oplossingsrichtingen (hoekpunten) van DPRD in figuur 13 is gebaseerd op eerdere berekeningen waar nog een aantal onvolkomenheden in zaten. Op basis van expert judgement zijn deze resultaten vertaald in drie opgave lijnen, te weten: de gesloten variant aan de zeezijde, afsluitbaar en de laatste oplossingsrichting is die met een nieuwe lek.

De invloed van de oplossingsrichtingen is zichtbaar tot km180. De gesloten variant levert ongeveer 50 cm extra opgave op en dus een totale opgave van 120 cm. De oplossingsrichting met een nieuwe Lek levert een extra opgave op van ongeveer 10 cm en daarmee een totale opgave van 90 cm.

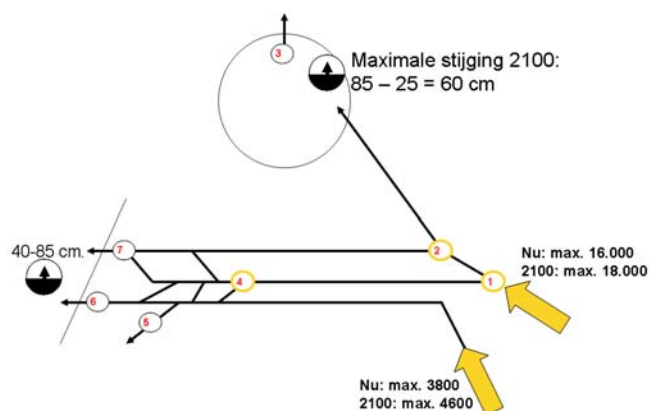
De verwachting is dat met de nieuwe berekeningen voor de Maas de Extra opgave nog aanzienlijk kan veranderen.



Figuur 13: Extra opgave voor de Maas -in blauw- die voortkomt uit 7 verkende strategieën vanuit DPRD. In rood de waterstandsopgave die voortkomt uit de LT klimaatsveranderingen (zie figuur 3).

2. Extra opgave als gevolg van andere waterverdeling

Naast de 7 verkende strategieën door DPRD is er vanuit Rijn-Maasdelta ook gekeken naar de invloed van andere waterverdelingen over IJssel, Nederrijn-Lek en Waal. Op een aantal splitsingspunten kan het water anders verdeeld worden (hier zijn wel nieuwe/andere kunstwerken voor nodig), zie figuur 14. In eerste instantie is er naast de beleidsmatige afvoerverdeling (conform NationaalWaterPlan) van 1.600 m³/s extra over de Waal en 400 m³/s extra over de IJssel en niets extra over de Nederrijn-Lek naar nog 4 andere varianten gekeken, zie figuur 15. Naast de beleidsmatige lange termijn afvoerverdeling wordt nu ook de opgave voor de variant Lek Extra ontzien bepaald. Aanleiding voor deze variant is de bescherming van Rijnmond-Drechtsteden (compenseren van effecten zeespiegelstijging en bodemdaling in de benedenloop van de Lek).



1. Afvoerverdeling Pannerdense Kop – nu geen regelwerk
2. Afvoerverdeling IJsselpkop – nu geen regelwerk
3. Winterpeil IJsselmeer
4. Zuidrand Rijnmond-Drechtsteden – nu geen regelwerk
5. Piekberging ZWD
6. Haringvliet (open of dicht)
7. Nieuwe Waterweg (open of dicht)

Figuur 14: Bestaande en nieuwe afvoerverdelingsknoppen in beeld.

Waterstaatkundig	Afvoerverdeling	Rivierkeringen	Nieuwe Waterweg	Typering logische combinatie
Ruimtelijk	Ontzien van Waal, Lek of IJssel	Zuidvleugel Randstad ontzien wel/niet	Rotterdam ontzien wel/niet	
Pannerden- & IJsselpkop	Waal 2000 Lek o IJssel o	niet wel	afsluitbaar dicht afsluitbaar dicht	1. Rijnmond centraal 2. Waal centraal
	Waal 1600 Lek o IJssel 400	niet wel	afsluitbaar dicht afsluitbaar dicht	3. Conform NWP-beleid
	Waal 2000 Lek -1000 IJssel 1000	niet wel	afsluitbaar dicht afsluitbaar dicht	4. Lek extra ontzien
	Waal o Lek o IJssel 2000	niet wel	afsluitbaar dicht afsluitbaar dicht	5. IJssel centraal

Figuur 15: Rood omkaderd keuze voor afvoerverdeling water op dit moment

Voor de huidige beleidsmatige lange termijn afvoerverdeling (conform NWP: Lek ontzien bij afvoeren boven de 16.000 m³/s bij Lobith) geldt dat deze is berekend met de bovenstaande klimaatsveranderingopgave, zie figuur 3.

De variant Lek Extra ontzien bestudeert 2 varianten: 400 extra over de IJssel of 800 extra over de Waal (beide bovenop de toename door klimaat). Variant over de IJssel zorgt indicatief voor ongeveer 50 cm hogere opgave bovenop de opgave door klimaatsveranderingen. En 800 extra over de Waal zorgt indicatief voor ongeveer 30 cm hogere opgave bovenop de opgave door klimaatsveranderingen. De frequentie van de hoogwaters neemt hierbij ook sterk toe voor de riviertak waar het extra water over wordt afgevoerd. De opgave die voortkomt uit de huidige beleidsmatige lange termijn afvoerverdeling is bepaald (ook voor nieuwe norm) en die voor extra ontzien van de Lek nog niet. Aan dit laatste wordt momenteel gewerkt door DPRD en DPR.

3. Extra opgave door ander IJsselmeerpeil

Andere IJsselmeerpeil komt voort uit het feit dat de zeespiegelstijging deels doorwerkt in een stijging van het IJsselmeerpeil. Daarnaast houdt DPIJ rekening met het creëren van een kleinere of grotere zoetwaterbuffer gekoppeld aan Deltaprogramma Zoetwatervoorziening waardoor in bepaalde scenario's het peil extra stijgt. DPIJ hanteert de volgende scenario's:

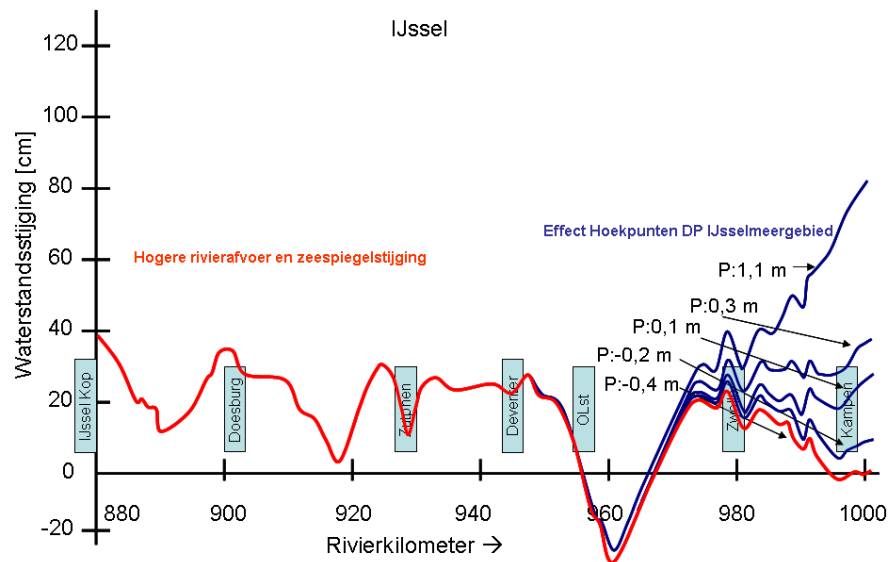
1. Opzetten en uitzakken: 2 situaties: één voor winter (-0.4) en één voor lente (0.1);
2. Stijgen en opzetten: 2 situaties: één voor winter (0.3) en één voor lente (1.1);
3. Uitgaan van het huidige peilregime: 2 situaties: één voor winter (-0.4) en één voor lente (-0.2);
4. Meerpeilstijging maximaal benutten: 1 situatie: winter en voor lente beide 0.3.

Samenvattend zijn dan de volgende peilen doorgerekend, die het spectrum aan mogelijke peilen in de winter en lente voor de verschillende hoekpunten, afdekken:

IJsselmeerpeil: -0.4m+NAP (peilstijging: 0cm; referentie)

- 0.2m+NAP (peilstijging 20cm)
- 0.1m+NAP (peilstijging 50 cm)
- 0.3m+NAP (peilstijging 70 cm)
- 1.1m+NAP (peilstijging 150cm)

In de IJsseldelta speelt anders dan bij de bovenrivieren opzet door wind de dominante rol. Dit is ook terug te zien in de beschermingsniveaus van de dijkringen. In de bovenloop (afvoergedomineerd) is dit 1:1.250, in de benedenloop (stormgedomineerd) is dat 1:2.000. Net zoals bij Waal en Lek is de berekening voor de MHW's op de IJssel ook opgebouwd uit twee delen. Op de bovenloop van de IJssel worden de MHW's bepaald door de rivierafvoer. De overgang ligt rond km974 (Zwolle). In de berekeningen voor DPR is er nu voor gekozen om op het tussengebied tussen afvoergedomineerd gebied en stormgedomineerd gebied de resultaten op een eenvoudige manier aan elkaar te knopen. Dit is conform de methode zoals die steeds in Ruimte voor de Rivier is gekozen. Voor de IJsseldelta (vanaf km974) worden dan steeds 2 berekeningen gemaakt: een dominante stormsituatie en een dominante rivierafvoer. Die worden dan gecombineerd. In figuur 16 is het resultaat van deze berekeningen bij de verschillende peilen getoond.



Figuur 16: Extra opgave voor de IJssel -in blauw- die voortkomt uit de verkende strategieën IJsselpeil vanuit DPIJ. In rood de waterstandopgave die voortkomt uit de LT klimaatsveranderingen (zie figuur 3).

Peilstijgingen op het IJsselmeer zijn tot km938 merkbaar, maar benedenstrooms km972 (Zwolle) waaiert de opgave aanzienlijk uit door de verschillende mogelijke IJsselmeerpeilen zoals die volgen uit de hoekpunten van DPIJ. Het verschil tussen referentie en een IJsselmeerpeil van 1.10 m + NAP is ongeveer 85 cm. De maximale opgave die hoort bij een peilstijging van 1.10 m + NAP is 60 cm.

1: Tot km938 is de invloed van de peilstijging (de hoekpunten vanuit DPIJ) op de opgave merkbaar. Bovenstrooms km938 doet de peilstijging er niet meer toe.

2: Invloed van de diverse stijgingen van het meerpeil zoals die volgt uit de hoekpunten. Deze manifesteren zich als een waaier, waarbij alle hoekpunten een grotere opgave hebben dan de referentie.

Opgave als gevolg van bodemdaling

Het beeld van de opgave wordt naast verandering in de hoeveelheid water die door een rivier gaat ook bepaald door veranderingen in de bodem.

1. Bodemdaling

De bodemdaling is in grote delen van Nederland groot, op sommige plaatsen rond een meter in 2050 en daarmee groot ten opzichte van de klimaatsveranderingen. De bodemdaling zorgt voor een relatief hogere waterstand in de rivieren ten opzichte van de polder met als gevolg een grotere waterstanddiepte bij een dijkdoorbraak. Daarnaast neemt door de toename in waterstandsverschil tussen een rivier en polder de sterkte van de dijken af.

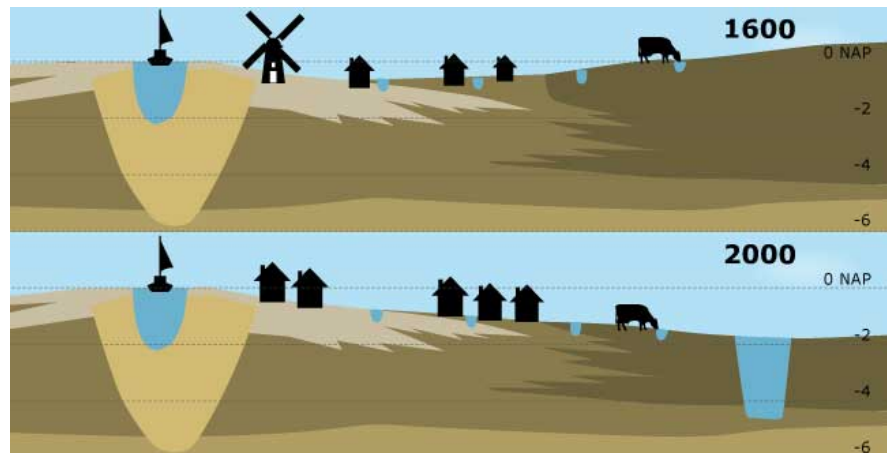
Bij de vorming van de ondergrond van West-Nederland is veel veen ontstaan. Op een aantal plaatsen heeft dit veen een aanzienlijk dikte (10 m en meer). Meer specifiek komt dit zogenaamde Hollandveen voor ten westen van de lijn Utrecht-Culemborg-Gorinchem. Ten gevolge van de belasting en de ontwatering van het

veen treedt er bodemdaling op. Waardoor de relatieve zeespiegelstijging in de loop van de tijd toeneemt. In het westen van het land is de oxidatie van veen weliswaar het dominante proces voor bodemdaling, maar ook klei draagt bij (en heel op de achtergrond geologisch processen). In het westen zie je bijvoorbeeld een daling in de Beemster en Haarlemmermeer. Daar ligt geen veen (aan de oppervlakte) en wordt de daling meer door de zetting als gevolg van ontwatering (en belasting) van kleigrond veroorzaakt. Veen is dus niet de enige oorzaak maar wel de belangrijkste oorzaak van de bodemdaling ook in de IJsseldelta.

In de onderstaande figuur in de bodemdaling op de schaal van Nederland in kaart gebracht. Voor Lek, Beneden Waal en Maas en de IJsseldelta is de bodemdaling groot.

Vanwege de slechte grondmechanische eigenschappen van veen zakken de dijken ten westen van de lijn Utrecht-Culemborg-Gorinchem. Daardoor ontstaat een 'omgekeerd landschap', zie figuur 17. Dit betekent dat de rivier steeds hoger komt te liggen en de polder door gebruik en bemaling steeds lager. Dit gebied wordt overigens niet alleen bedreigd door de rivier maar ook door de zee. Relatief gezien komt het water ten opzichte van de polder steeds hoger. De ondergrond (het veen) beïnvloedt de sterkte van de dijk. De (relatief) hogere waterstand zorgt voor een grotere belasting van de dijk.

Dit zijn de belangrijkste factoren waar bij de dijkversterking rekening moet worden gehouden. Voor de 3e ronde toetsing (aanvang 2006) is voor de belasting van de dijk de zeespiegelstijging tot 2011 meegenomen en is voor de sterkte de situatie van 2011 meegenomen. Op deze wijze wordt ca. 6 jaar vooruitgekeken. Bodemdaling tot 2050 of zelfs 2100 wordt dus niet meegenomen.



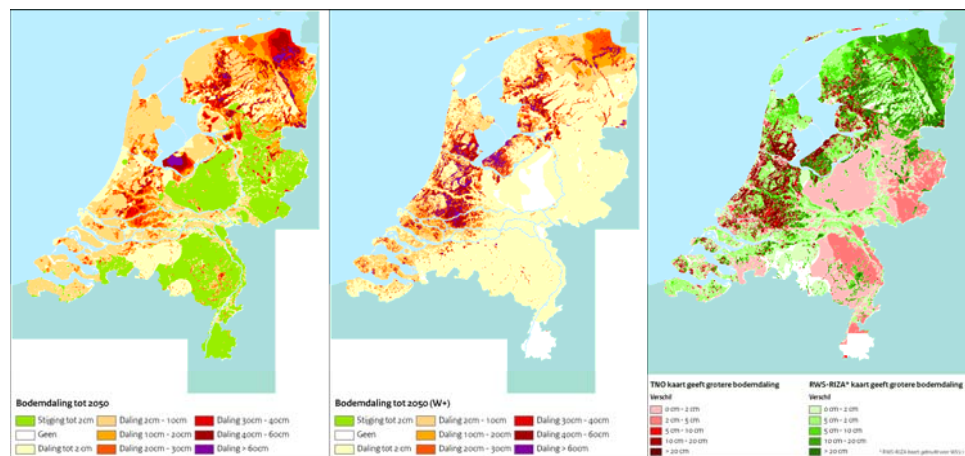
Figuur 17: "Omgekeerd Landschap"

De opgave die voortkomt uit bodemdaling is niet uit te drukken in de huidige opgave in waterstand maar betreft een toename van de belasting van de kering en de grotere waterdiepte in de polder zorgt voor grotere risico's met betrekking tot bewoners en economische waarden. Voor Lek, Beneden Waal en Maas en de IJsseldelta is de bodemdaling en daarmee de opgave het grootst.

In de WV21 studie is bodemdaling wel meegenomen maar wijkt de gebruikte bodemdalingkaart (RWS-RIZA, 2008) af van de hieronder meest recente kaart van TNO bouw en ondergrond (2012), zie figuur 18. Beide kaarten laten een sterkere bodemdaling zien. Het gaat hierbij om tientallen cm's.

De reden dat beide kaarten verschillen is gelegen in het volgende:

De bodemdalingkaart gebruikt in de WV21studie is gemaakt op basis van de bodemkaart (en deels de geologie) van Nederland. Het betreft een vlakkenkaart waarop staat dat de bodem bijvoorbeeld een veenbodem is. In werkelijkheid zijn er echter verschillende typen bodems die als veenbodem worden gekarakteriseerd en die verschillen danig in gehalte veen en de wijze van bodemopbouw (bijvoorbeeld een bodem met een afwisseling van laagjes veen en zand kan in haar geheel als veenbodem in de kaart zijn opgenomen). Bij het maken van deze kaart is er slechts uitgegaan wel of geen veenbodem waarbij voor veenbodems aan is genomen dat deze uniform dalen met een bepaalde coëfficiënt. Hetzelfde geldt voor klei (met name van belang in het rivierengebied). Bij het maken van de TNO kaart is uitgegaan van een 3D ondergrondmodel waarin wel is gekeken naar het veen, zand en klei gehalten en de opbouw hiervan in de bodem. Resultaat is dat er dus afwijkingen optreden in bodemdalingwaarden tussen beide kaarten. Het gaat hierbij om een gedifferentieerd beeld waarbij de TNO kaart soms een grotere bodemdaling laat zien en soms een kleinere bodemdaling. Uitgangspunt voor beide kaarten is huidige peilbeheer (bijvoorbeeld dat de grondwaterstand 15 cm onder maaiveld staat). Als het peilbeheer verandert, verandert ook de bodemdaling.



Figuur 18: In bovenstaande figuren is de verwachte bodemdaling en stijging tot 2050 aangegeven voor 1) TNO bouw en ondergrond (links) 2) RWS-RIZA kaart gebruikt binnen WV21 (midden) en het verschil tussen beiden (rechts).

2. Daling Rivierbodern

Schets van het probleem

Als gevolg van grootschalige ingrepen uit het verleden (aanleg dijken, kribben, bochtafsnijdingen, baggeren) en een te gering aanbod van sediment uit Duitsland, erodeert het zomer bed van de Rijntaken in de meest bovenstroomse delen van het riviersysteem al decennia achter elkaar Gemiddeld bedraagt deze erosie 1 tot 3 cm per jaar, afhankelijk van de locatie. Deze erosie is het grootst op de Boven-Rijn,

Pannerdensch Kanaal en de het bovenste deel van de Waal, IJssel en Nederrijn. Dit wordt ook wel autonome bodemdaling genoemd.

Ook in het gebied van de Rijn-Maasmonding is er als gevolg van de uitvoering van de Deltawerken (afsluiting Haringvliet) sprake van erosie van het zomerbed. Dit speelt het meest in de Oude Maas, Noord, Spui en Dordtsche Kil. Lokaal zijn op sommige plekken diepe ontgrondingkuilen ontstaan door aanwezigheid van fijne zandlagen in de bodem.

Bij de Maas is de ligging van het zomerbed redelijk stabiel, zolang de fijne zandlagen in de ondergrond niet aangesneden worden. Dit is met name bij de Zandmaas een aandachtspunt. Het speelt ook bij de Grensmaas als de pleisterlaag van het grind doorbroken wordt.

De verwachting is dat deze autonome erosie van het zomerbed van de rivier zich voorzet, tenzij er in de toekomst ingegrepen gaat worden met grootschalige constructieve maatregelen en sedimentbeheer (kunstmatig toevoegen sediment aan de rivier). Op dit moment is hier nog geen nieuw beleid voor.

Effecten

Deze doorgaande erosie van het zomerbed heeft zowel effect op veiligheid alsmede de zoetwatervoorziening en scheepvaart.

Door erosie van zomerbed kunnen dijken, oevers, ondergrondse kabels/leidingen en andere constructies instabiel worden. Met negatieve gevolgen voor de (water)veiligheid / wateropgave. Vooral voor gebied van de Rijn-Maasmonding is dit een groot probleem.

'Positief' effect van de erosie van het zomerbed is dat de maatgevende waterstanden in het meest bovenstroomse delen van het riviersysteem dalen. Dit kan lokaal zorgen voor een verlaging van de opgave (tenzij deze erosie in de toekomst tot halt wordt gebracht).

Verder kan ten gevolge van de erosie van het zomerbed ook de afvoerverdeling bij de bovenstroomse splitsingspunten veranderen, waardoor de maatgevende waterstanden op een bepaalde tak kunnen stijgen, wat een verzwaring van de (water)veiligheidsopgave oplevert.

Door de daling van het zomerbed daalt ook de grondwaterstand bij lage rivierafvoeren, met nadelig effecten voor landbouw en natuur. Ook de waterverdeling over de splitsingspunten bij laag water kan veranderen, met mogelijk negatieve effecten voor de zoetwatervoorziening en de scheepvaart. Ook de zoutindringing zal toenemen (bovenop de effecten van de zeespiegelstijging).

Doordat de rivierbodem niet overal gelijkmatig daalt (o.a. door aanwezigheid zogenaamde vaste lagen) zullen er lokaal ondieptes ontstaan voor de scheepvaart, met diepgang beperkingen in periodes met een lage rivierafvoer tot gevolg. Deze problemen gaan met name spelen op de Waal en Boven-Rijn.

3.3 Beschermingsniveau actualiseren - Opgave door toename bevolking en economische waarden

Voor het begrip wordt hieronder eerst toegelicht hoe de huidige norm is gekoppeld aan economische waarden en slachtoffers gevolgd door uitleg van de resultaten van de studie Waterveiligheid 21^{ste} eeuw (WV21) en VeiligheidNederlandinKaart2 (VVK2) die evalueren hoe het overstromingskansrisico eruit zien in 2050 met toegenomen waarden en bewoners achter de dijken. In deze studies wordt gewerkt met een MKBA richt zich op de kosten en baten van bescherming tegen overstroming. In de MKBA worden de investeringen (kosten) ter versterking van de waterkeringen afgezet tegen de baten (voorkomen van schade als gevolg van overstromingen). Daarnaast vind er een analyse plaats van slachtofferrisico's die inzicht geeft in de overlijdenskansen voor individuen en groepen als gevolg van overstromingen.

De MKBA en slachtofferanalyses leveren informatie en inzichten op, die ondersteunend zijn bij de maatschappelijke afwegingen over actualisering van de waterveiligheidsnormen. Aan de basis van beide analyses staan studies naar de kansen op en gevolgen van overstromingen en naar de kosten van waterkeringen (de zogenaamde basisinformatie). Het project VVK2 brengt in nog meer detail en meer kennis de faalkansen risico's in beeld.

Resultaten voor de Limburgse Maas zijn er slechts voor 4 van de 41 dijkkringen. De dijkkringen 54 t/m 95 zijn pas in 2006 als primaire waterkeringen in de Waterwet (wet op de waterkeringen) opgenomen. Dit was tegelijk met de start van VVK2. Destijds is er voor gekozen, mede uit kosten overwegingen en gebrek aan data, om slechts 3 van deze dijkkringen in WV21 en VVK te beoordelen waarbij deze drie representatief zijn voor alle overige dijkkringen 54 t/m 95.

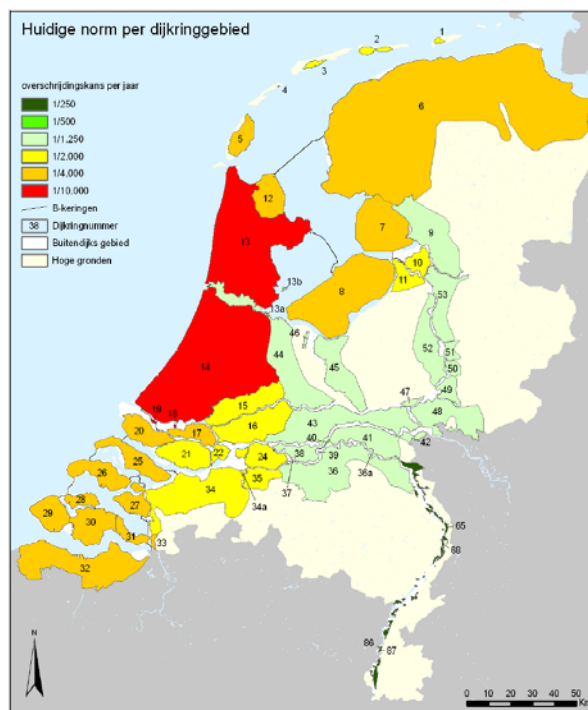
Huidige norm; overschrijdingskans

Is gebaseerd op maatgevend hoogwater: op basis van afvoeren uit het verleden die geëxtrapoleerd zijn met statische methodes naar de toekomst. Afvoer die eens in de ... jaar voorkomt wordt gekoppeld aan een waterstand (vroeger op basis van expert judgement en nu via rekenmodel). De te handhaven overstromingsfrequentie = afvoer is gebaseerd op economische waarde + mannelijke bevolking in de jaren 60. Deze overstromingsfrequentie is gekoppeld aan een afvoer – waterstand. De frequentie van voorkomen, de overschrijdingskans van deze waterstand is neergelegd in de Wet op de waterkeringen (nu Waterwet).

In de jaren 60 gold voor het rivierengebied een norm van 1:3.000 m³/s en een maatgevende afvoer van 18.000 m³/s. In de jaren 70 en 90 is de norm en de bijbehorende maatgevende afvoer bijgesteld naar aanleiding het advies voor de commissie Becht (1977); norm van 1:1.250 bij maatgevende afvoer van 16.500 m³/s en Boertien (1993); norm van 1:1.250 en maatgevende afvoer van 15.000 m³/s. In het Hydraulisch Randvoorwaardenboek 2001 (HR2001) is voor het bovenrivierengebied een norm van 1:1.250 bij een maatgevende van 16.000 m³/s, zie figuur 19.

Uitgangspunt: faalmechanisme dijken is standaard 90% door oploep/overslag en 10% andere (o.a. piping) vastgelegd door de Minister in de leidraden. Beleid is dat eens in de 6 jaar de maatgevende hoogwaterstand wordt geüpdate op basis van de hoogwaters van de afgelopen 6 jaar.

De 1e Deltacommissie (1960) introduceerde dat de investering in veiligheid in balans moest zijn met de te beschermen waarden achter de dijk. Deze redenering is ontleend op basis van een berekening voor dijkkring 14 Centraal-Holland dat de overstromingskans aldaar 1/125.000 mocht zijn. Op dat moment ontbrak het aan inzicht in de sterkte eigenschappen van grond en de mogelijkheden om de berekeningen uit te voeren (lees computer). Om deze reden heeft de eerste Deltacommissie op pragmatische gronden ervoor gekozen de regering te adviseren om de norm vast te leggen als een te keren waterstand die een bepaalde mate van voorkomen heeft.



Figuur 19: In bovenstaande figuur zijn de wettelijke normen (overschrijdingskansen van waterstanden) weergegeven.

Nieuwe normen; overstromingskansrisico

Overstromingskans = Waterstand (belasting) * Sterkte van de dijk

De overstromingskans is de kans dat een polder werkelijk overstroomt door een dijkdoorbraak. Inmiddels is de kennis van falen sterk toegenomen en weten we dat andere faalmechanisme dan oploop en overslag een belangrijke rol spelen bij falen van een dijk, zie cirkel in figuur 20. Een dijkdoorbraak kan ontstaan door verschillende faalmechanismen. De combinatie van faalmechanismen bepaalt de faalkans van een dijkvak.

Resultaat alle faalmechanismen

Dijken & Kunstwerken

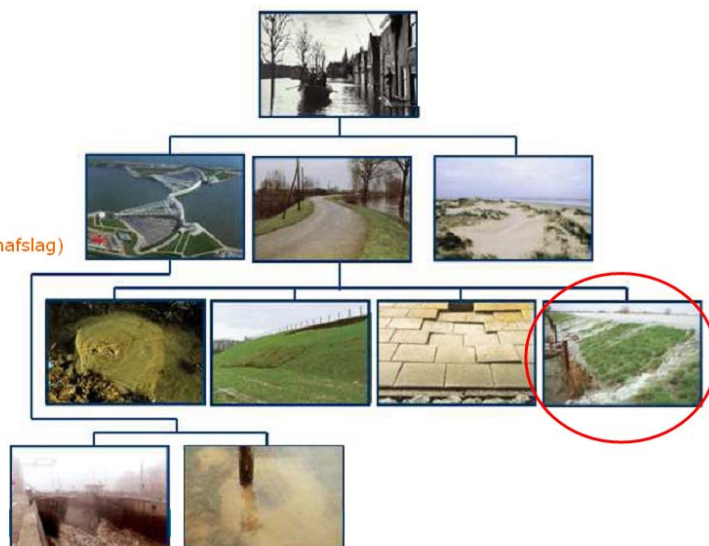
1. Falen Kunstwerken (links)
2. Falen dijken
3. Falen Duinwaterkeringen (Duinafslag)

Dijken

4. Piping (links)
5. Macro(in)stabiliteit
6. Falen bekleding
7. Overloop en overslag

Kunstwerken

8. Niet sluiten (links)
9. Piping



Figuur 20: Alle faalmechanismen.

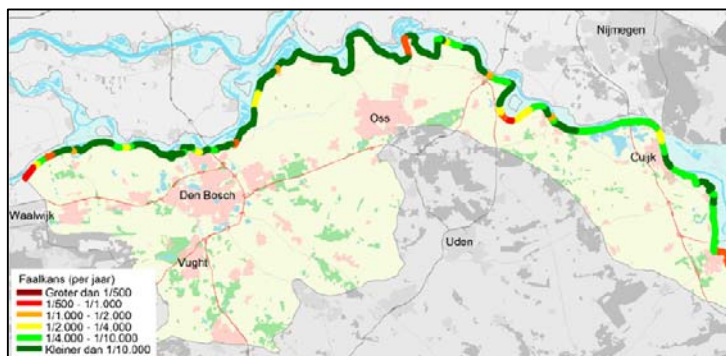
De faalkans is een maat voor hoe sterk de dijk eigenlijk is. De combinatie van faalkansen van alle dijkvakken geeft dan de overstromingskans van de dikring. Op basis van alle faalmechanisme wordt bepaald wat de kans op falen is. Voor het bepalen van de MKBA en SLA is in het project Waterveiligheid 21^{ste} eeuw (WV21) middels expertjudgement een inschatting gemaakt van deze faalmechanismen. Het project VeiligheidNederland-inKaart (VНК2) werkt aan een gedetailleerdere hertekening van de overstromingskansen in de huidige situatie. Daarnaast levert VНК2 ook nieuwe inzichten op in de sterkte van dijken zoals met betrekking tot piping en lengte-effect.

Overstromingskans benadering en overschrijdingskans benadering zijn verschillend. De overstromingskansen bepaald met WV21, zie onderstaande figuur 21, laten zien dat de overstromingskansen (die als referentie zijn gebruikt voor de MKBA en de SLA) veel groter zijn dan de wettelijke norm gebaseerd op overschrijdingskans.



Figuur 21: WV21 laat zien dat overstromingskansen groter zijn dan wettelijke norm.

Het project VNK2 berekent voor alle dijkringen (met uitzondering van 36 dijkringen in Limburg) in Nederland de actuele faalkans van de primaire keringen (A-keringen). Uit de berekeningen van VNK2 blijkt dat de overstromingskansen nog weer groter zijn dan die bepaald in WV21. Zo hebben bijvoorbeeld de dijkringen 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard) en 36 Aa en Maas (zie figuur 22) een overstromingskans van $>1/100$. Daarnaast blijkt de faalkans ook binnen een dijkkring sterk te variëren. De slechtste dijkvakken zijn bepalend.

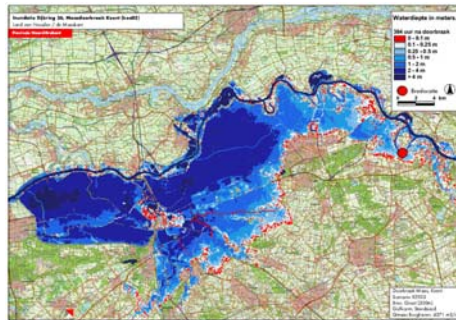


Figuur 22: Voorbeeld voor dijkkring 36 – Den Bosch waar de overschrijdingskans 1:1.250 is maar de overstromingskans $> 1/100$. Betreft VNK2 figuur.

*Overstromingsrisico = Overstromingskans * Gevolg*

Het overstromingsrisico is dus de kans op een overstroming maal de gevolgen van de doorbraak voor economische waarde en inwoners in de dijkkring. De gevolgen van een doorbraak worden bepaald op basis van een overstromingspatroon. Daarbij zijn ook de fysisch geografische kenmerken en ruimtelijke inrichting van de dijkkring zoals de hoogteligging van het maaiveld en de aanwezigheid van regionale keringen of andere lijnvormige elementen van belang. Er kunnen binnen een dijkkringgebied vele verschillende overstromingspatronen ontstaan. De fysieke kenmerken van deze overstromingspatronen (omvang overstroomd gebied, waterdiepte, stroom- en stijgsnelheden) zijn bepalend voor de gevolgen van de overstroming (in termen van

slachtoffers en economische schade), zie figuur 23. Daarnaast worden de gevolgen sterk bepaald door de ruimtelijke spreiding van mensen en kapitaalgoederen binnen het dijkkringgebied.



Figuur 23: Overstromingspatroon als gevolg van dijkdoorbraak in dijkkring 36 bij Keent.

MKBA en SLA uit WV21 studie

Simulaties van overstromingsscenario's uitgevoerd binnen WV21 studie laten zien dat vooral dijkringen in het centrale deel van het rivierengebied diep kunnen overstromen bij een doorbraak van de primaire keringen. Het overstromingspatroon van het rivierengebied blijkt uitgebreider dan in het verleden verondersteld. Dit uitgebreidere overstromingspatroon werkt door in de gevolgen van overstromingen; zowel ten aanzien van economische schade als aantallen slachtoffers. De dijkringen met de grootste economische schade in geval van een overstroming liggen in het rivierengebied. Ook het aantal slachtoffers ingeval van een overstroming is bij deze dijkringen relatief hoog.

Langs de grote rivieren is sprake van een reeks kleine polders, die door dijkverlegging binnendijs zijn komen te liggen. Door het gecompartmenteerde karakter kunnen deze gebieden bij een doorbraak snel volstromen. De hoge stijgsnelheid van het water resulteert in een relatief grote mortaliteit (overlijdenskans) en daarmee in een relatief hoge waarde van het individueel slachtofferrisico. Kleine dijkringen, zoals de 1/250 dijkringen, kennen om zelfde reden veelal een hoge LIR-waarde. Lokaal hoge LIR-waarden worden eveneens aangetroffen bij de stroomafwaartse begrenzing van hellende rivierdijkringen. Het water kan daar in geval van een overstroming niet weg, waardoor de waterdiepte snel stijgt. Dit geldt ook voor 1/250 dijkringen langs de Limburgse Maas.

Hoge rivierafvoeren kunnen langer vooruit worden voorspeld dan extreme waterstanden voor de kust. In het rivierengebied zijn er daarom relatief gunstige condities voor een grootschalige evacuatie van dijkkringgebieden. In het onderzoek is voor het rivierengebied dan ook gewerkt met relatief hoge evacuatiefracties. Meer stroomafwaarts neemt de invloed van de zee toe en nemen de perspectieven voor een succesvolle evacuatie, mede door ongunstiger weersomstandigheden, af. Het slachtofferrisico als gevolg van een overstroming wordt sterk bepaald door deze evacuatiefractie. Binnen WV21 is deze in het bovenrivierengebied gesteld op 75%, wat betekent dat men er vanuit gaat dat 75% van de bevolking preventief geëvacueerd wordt. Voor het benedenrivierengebied is de evacuatiefractie gesteld op 15%. In aanvulling op de analyse van de slachtofferrisico's, die zich beperkt tot dodelijke slachtoffers, kan ook het aantal getroffen en de maatschappelijke

ontwrichting van een preventieve evacuatie van belang zijn. Bovendien betekent dit dat de resultaten uit de slachtofferanalyses niet alleen doorwerken in een nieuwe norm voor laag 1 (preventie), maar ook in laag 3 (rampenbestrijding) door de impliciete aanname dat een deel van de veiligheidsopgave door middel van evacuatie wordt ingevuld.

Aanpassing van het beschermingsniveau – nieuwe norm

Basisveiligheid: In het vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) is aangegeven dat landelijk een basisveiligheid gegarandeerd moet worden. In de wet- en regelgeving die daarna verscheen is het voldoen aan deze basisveiligheid gedefinieerd als het naleven van de normen voor het plaatsgebonden risico. De richtwaarde voor het plaatsgebonden risico is 1×10^{-6} . De toegelaten kans dat iemand ten gevolge van een gevarenbron mag overlijden is gesteld op 1 miljoenste.

Normdifferentiatie: Uit de MKBA blijkt dat de beschermde waarde en het aantal inwoners in verschillende dijkringen van elkaar verschillen. Dit heeft tot gevolg dat de ook economisch optimale overstromingskansen van elkaar kunnen verschillen. Uit de kaart bij de MKBA blijkt dat ook. De vraag is echter of het terecht is dat differentiatie van normen langs dan wel aan weerszijden van de rivier tot ongelijke veiligheid moet leiden.

Systeemwerking

Binnen het rivierengebied zijn er twee typen systeemwerkingen te onderscheiden:

1. Systeemwerking door ontlasten.

Deze vorm van systeemwerking houdt in dat er ontlasting van het systeem optreedt doordat er ergens in het systeem sprake is van een dijkdoorbraak of andere vorm van overstroming. Het is te vergelijken met een overdrukventiel of een expansievat van een CV ketel. In het geval van rivieren betekent dit dat de waterstand benedenstrooms afneemt wanneer bovenstrooms een bres is opgetreden. Uit onderzoek is gebleken dat de mate van ontlasting die hier door optreedt beperkt is.

De overstroombare 1/250 dijkringen in Limburg kunnen ook worden beschouwd als een vorm van systeemwerking. Doordat de dijken bij extreem hoogwater overstromen, worden de dijken stroomafwaarts langs de bedijkte Maas 'ontlast'. Wanneer deze dijken worden opgehoogd neemt het beschikbare oppervlak van het bergend winterbed van de Maas af. Dit leidt tot hogere waterstanden, ook benedenstrooms. Het effect van het niet overstromen van de dijkringen 54 t/m 95 is dat er minder aftopping en golfdemping plaats vindt wat leidt tot een spitsere en hogere afvoergolf benedenstrooms, welke eerder aankomt bij Den Bosch. Netto resultaat is hogere waterstanden tot circa 5 cm (en een iets kortere evacuatietijd).

Een derde vorm van systeemwerking hangt samen met 'overdijken'. Dit treedt op wanneer het beschermingsniveau op de linker en de rechteroever van de rivier niet gelijk is. Doordat de dijk met het laagste beschermingsniveau als eerste bezwijkt, wordt de tegenovergelegen dijk extra ontlast. Hierdoor kan weer een groter deel van het riviersysteem ontlast worden.

2. Systeemwerking, ook wel cascade werking of sneeuwbal- of domino-effect genoemd.

Deze vorm van systeemwerking treedt op wanneer als gevolg van 1 dijkdoorbraak de kans op doorbraken of overstromingen elders in het gebied toeneemt. Deze vorm van systeemwerking kan optreden in het rivierengebied wanneer de noordelijke dijk van het Land van Maas en Waal bezwijkt. Het water kan dan vanuit de Waal doorstromen naar de Maas. Dit vergroot het risico voor Den Bosch en omgeving. Een dergelijk sneeuwbaaleffect kan zich ook voordoen wanneer de rechter dijk langs de Boven Rijn bezwijkt. Via het Rijnstrangengebied kan het water in de IJssel terecht komen, waar het tot bovenmaatgevende situatie kan leiden. Deze systeemwerking komt ook voor in Centraal Holland. Wanneer de noordelijke dijk langs de Nederrijn-Lek bezwijkt kan het water over de C-keringen heen naar Centraal Holland stromen.

De opgave uitgedrukt in overschrijdingskans neemt systeemwerking niet mee. Bij de opgave uitgedrukt in MBKA en SLA is er al wel rekening gehouden met de 2^{de} vorm van systeemwerking maar nog niet de met de eerste.

4 Afstemmen op Zoetwater

Algemeen probleemanalyse zoetwater

De zomerafvoer van de grote rivieren – Rijn en Maas – neemt in scenario W+ sterk af, terwijl die in scenario G een fractie toeneemt. De maandgemiddelde Rijnafvoer daalt in de zomer van 1.800 m³/s in de droogste maand naar 1.300 m³/s in 2050 tot minder dan 1.000 m³/s in 2100. De Maas voert 's zomers al weinig af – en is daarom ook volledig gekanaliseerd – maar de afvoer daalt eveneens nog fors in scenario W+: in de droogste maand van nog geen 100 m³/s nu naar minder dan 50 m³/s in 2050 en nog eens de helft minder in 2100. De buitenlandse vraagtoename is hierin nog niet verwerkt. Eerste verkenning heeft opgeleverd dat de invloed hiervan tussen 0,5 en 10% bedraagt. Door de hogere zeespiegel en de verminderde rivierafvoer neemt in scenario W+ de externe – achterwaartse – verzilting in de open zeegaten sterk toe. In scenario G neemt de rivierafvoer nauwelijks af en heeft alleen de hogere zeespiegel invloed.

De scheepvaart kent nu al vaardieptenbeperkingen in een extreem droog jaar. Deze worden opgevangen door meer reizen te maken met minder vracht. Omdat de afvoeren van de Rijn en Maas in W+ fors dalen (niet in G) nemen de vaardieptenbeperkingen op de Waal en IJssel toe (de Maas en Neder-Rijn/Lek zijn gekanaliseerd), qua ernst, frequentie en totale duur. In 2050 zijn de vaardieptenbeperkingen in een gemiddeld jaar ongeveer net zo groot als nu in een droog jaar, en in een droog jaar verdubbelt het aantal dagen met een vaardieptenbeperking. De doorkijk naar 2100 laat een toename in de ernst van de aandachtspunten zien.

Voor koelwater is vastgesteld dat elektriciteitscentrales in de huidige situatie in een gemiddeld of droog jaar nauwelijks problemen hebben. In een extreem droog jaar ontstaan nu al problemen. In scenario G/GE nemen de problemen toe, door een grotere vraag naar energie (en dus koelwater) bij gelijkblijvende rivierafvoeren. In scenario W+/GE (STOOM) ontstaan in 2050 al problemen met de koeling in een droog en zelfs gemiddeld jaar, vooral langs de Maas, Amer, Amsterdam- Rijnkanaal en Noordzeekanaal.

In de onderhavige probleemanalyse is een samenvatting van de riviergerelateerde zoetwateraspecten opgenomen. Deze samenvatting is gebaseerd op de aandachtspuntenanalyses van Zoetwater (Deltares, Landelijke rapportage Knelpuntenanalyse Zoewater – concept 2 maart 2012 en Deltares, Memo ZWV - Scheepvaart aspecten, 24 februari 2012).

Literatuurlijst

Deltares, Landelijke rapportage Knelpuntenanalyse Zoetwater – concept 2 maart 2012 en Deltares

Deltares, Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw, 2011

Deltares, Analyse van slachtoffersrisico's Waterveiligheid 21e eeuw, 2011

Kind en van der Doef, Factsheets Basisinformatie Waterveiligheid 21e Eeuw, 2012

Leidraad Rivieren

Memo DP ZoetWaterVoorziening - Scheepvaart aspecten, 24 februari 2012

Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4)

Nationaal WaterPlan 2009 - 2015

Veiligheid Nederland in Kaart – TussenResultaten VNK2, 2011

Vrijling, J.K., Kok, M., Calle, E.O.F., Epema, W.G., van der Meer, M.T., van den Berg, P. & Schweckendiek, T. (secretary): "Piping; realiteit of rekenfout", ENW-rapportage - ENW-10-04, 2010

Deltaprogramma | Rivieren

Het Deltaprogramma is een nationaal programma. Rijksoverheid, provincies, gemeenten en waterschappen werken hierin samen met inbreng van maatschappelijke organisaties en het bedrijfsleven. Het doel is om Nederland ook voor de volgende generaties te beschermen tegen hoogwater en te zorgen voor voldoende zoetwater.

Het Deltaprogramma kent negen deelprogramma's:

- Veiligheid
- Zoetwater
- Nieuwbouw en herstructurering
- Rijnmond-Drechtsteden
- Zuidwestelijke Delta
- IJsselmeergebied
- Rivieren
- Kust
- Waddengebied

Het Deltaprogramma staat onder regie van de deltacommissaris, regeringscommissaris voor het Deltaprogramma.

www.rijksoverheid.nl/deltaprogramma

Colofon

Deltaprogramma Rivieren
St. Annastraat 261 | 6525 GR Nijmegen

Dit is een uitgave van:

Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Deltaprogramma Rivieren

Juni 2012