

## Samenvatting

In het Nationaal waterplan (2009) is het concept meerlaagsveiligheid geïntroduceerd. De meerlaagsveiligheidsbenadering kent in Nederland drie lagen: preventieve maatregelen zoals dijkversterking en rivierverruiming (laag 1), gevolgbeperkende maatregelen door ruimtelijke ordening of waterrobuust bouwen (laag 2) of rampenbeheersing en evacuatie (laag 3). Het denken over meerlaagsveiligheid heeft een plek in een historische ontwikkeling in het omgaan met overstromingsrisico's. De oudste strategie werd gehanteerd door de eerste inwoners van ons land en betreft gevolgbeperking door middel van ruimtelijke maatregelen zoals het aanleggen van terpen of het niet gaan wonen in diepe polders, en vluchtstrategieën. In de loop der eeuwen is men bijna volledig overgegaan op ingrepen om het watersysteem te beheersen door middel van dijken, dammen en gemalen om zo het grootste deel van ons land te beschermen tegen overstromingen en opbrengsten en ontwikkelingsmogelijkheden te optimaliseren.

Recent krijgt meerlaagsveiligheid, bijvoorbeeld in de verkenningen in het Deltaprogramma, veel aandacht. Gelet op het nationale belang van de discussie over de reductie van overstromingsrisico's brengt het ENW bij deze een advies uit over meerlaagsveiligheid. Het ENW vindt van het belang dat discussies over dit thema gevoerd worden vanuit een nuchter en realistisch perspectief. Daarbij zijn er in de bredere maatschappelijke discussie drie invalshoeken van groot belang:

1. de technische haalbaarheid van maatregelen,
2. de effectiviteit, en
3. de efficiëntie dat wil zeggen de verhouding tussen de kosten en baten

Ingrepen in alle drie de lagen zijn technisch mogelijk. Voor binnendijkse gebieden in Nederland zijn – vanwege het hoge beschermingsniveau en de hoge kosten – grootschalige ingrepen in de tweede en derde laag doorgaans niet kosteneffectief. Daarnaast zullen gevolgbeperkende maatregelen slechts een deel van de schade bij dijkdoorbraak reduceren: schade aan bebouwing door maatregelen in laag 2 en het aantal slachtoffers door rampenbeheersing (laag 3). Gevolgbeperkende maatregelen in laag 2 en 3 kunnen dus niet volledig de rol van waterkeringen overnemen. Preventie is in Nederland in de meeste gevallen de meest efficiënte maatregel. Het ENW is daarom geen voorstander van een systeem waarin er 'uitwisseling tussen lagen' kan plaats vinden. Bij investeringen ten behoeve van het beheersen van overstromingsrisico's gaat het om het verdelen van schaarse middelen. De normen voor onze waterkeringen zijn hierbij een belangrijk middel. Het ENW adviseert om de wettelijke eisen aan de waterkeringen te handhaven maar wel om over te stappen naar een overstromingskansnorm en de hoogte waar nodig te actualiseren.

Er zijn situaties waarin de inzet van laag 2 en 3 aantrekkelijk kan zijn. Dit geldt voor buitendijkse gebieden die frequent overstromen, delta's in het buitenland, lokale risicoconcentraties in binnendijks gebied, wateroverlast of bij zeer kostbare lokale knelpunten bij dijkversterking in stedelijk gebied.

ENW beveelt aan om op basis van de risicobenadering onder meer in het deltaprogramma concreet en consistent uitwerking te geven aan meerlaagsveiligheid voor verschillende gebieden.

## 1 Inleiding

Sinds de introductie in het Nationaal Waterplan (2009) staat het concept meerlaagsveiligheid centraal in veel inhoudelijke en beleidsmatige discussies over omgaan met overstromingsrisico's. De meerlaagsveiligheidsbenadering kent drie beschermingslagen:

- Laag 1 preventieve maatregelen zoals dijkversterking en rivierverruiming;
- Laag 2 gevolgbeperkende maatregelen door ruimtelijke ordening of waterrobuust bouwen, en
- Laag 3 rampenbeheersing

Het concept nodigt uit tot actieve betrokkenheid van actoren uit de diverse beleidsterreinen van hoogwaterbescherming, ruimtelijke ordening en rampenbeheersing. Het ENW vindt het van groot belang dat betrokken actoren zich er rekenschap van geven dat deze discussies gevoerd zullen moeten worden vanuit een nuchtere en realistische kijk op de haalbaarheid en efficiëntie van maatregelen in de verschillende lagen.

Voorliggende notitie geeft het standpunt van ENW weer over meerlaagsveiligheid, geschreven vanuit de wettelijke taakstelling van het ENW om de kennis over de beveiliging van Nederland tegen overstroming samen te brengen, te ontwikkelen, vast te leggen en te verspreiden ten behoeve van de wettelijke taakuitoefening van het Rijk, de provincies en de waterschappen (Staatscourant, 2005).

In hoofdstuk 2 wordt eerst de omgang met overstromingsrisico's in historisch perspectief geplaatst. Daarna wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op de haalbaarheid en efficiëntie van maatregelen in de drie lagen, op basis van bevindingen uit uitgevoerde case studies en onderzoeken. Tot slot staan er in hoofdstuk 4 een aantal aanbevelingen.

## 2 Historische ontwikkeling

De wijze waarop men in Nederland overstromingsrisico's beheerst, heeft zich in de loop der eeuwen ontwikkeld. De eerste bewoners van ons land leefden langs de oevers van de rivieren als vissers, jagers en verzamelaars. Telkens wanneer het water gevaarlijk rees, moesten zij een goed heenkomen zoeken op een hogere plek, zoals een zee- of rivierduin. Vluchten voor het hoge water is de oudste oplossing in het omgaan met overstromingsrisico's.

Met de toenemende welvaart kregen mensen meer goederen. Om lastiger te verplaatsen bezittingen bij overstroming te beschermen ontstonden nederzettingen op natuurlijke of kunstmatige verhogingen zoals terpen. Ruimtelijke ordening met ondersteuning van technische ingrepen vormt in de geschiedenis de tweede ontwikkeling.

In de loop van de tijd namen de bevolkingsaantallen en het belang van de landbouw toe. Het werd economisch voordelig grotere gebieden te beschermen met dijken, zodat de frequentie van schadelijke overstromingen afnam en niet alleen de terp maar ook de landbouwgrond werd beschermd. Deze dijken vergden forse investeringen, maar ook goed bestuur en zo ontstonden de waterschappen. Hoogwaterbescherming met dijken is de derde ontwikkeling.

De vierde ontwikkeling betreft de beheersing van het buitenwater door afsluiting van estuaria, uitwateringssluizen en, meer recent, ruimte voor de rivier. Zo wordt al enige eeuwen de waterstand in de Amsterdamse grachten door een dam beheerst.

Het vertrouwen op de nieuwe hoogwaterbeschermings- en beheersingstechnieken<sup>1</sup> bleek zo groot dat onze voorouders met succes meren zijn gaan droogleggen. Op de bodem daarvan, beneden de zeespiegel, zijn grote investeringen in landbouw, stadsontwikkeling en zelfs vliegvelden gedaan. Ook recente grote stadsuitbreidingen, zoals de ontwikkeling van de Zuidplaspolder en de schaa sprong van Almere met

<sup>1</sup>

Dit gold niet alleen voor het domein van hoogwaterbescherming. Ook in andere domeinen werden technieken die zowel risico's als baten met zich meebrachten, zoals auto's en vliegtuigen, geïntroduceerd

50.000 woningen, zijn gerealiseerd of gepland in de diepste polders. Op dit moment is de overgang van de eerste naar de derde en vierde strategie bijna volledig gemaakt. Aangepast bouwen op terpen en vluchten of evacuatie vormen al lang niet meer de basis voor onze veiligheid. De meeste terpen zijn inmiddels zelfs afgegraven.

Sinds de Watersnoodramp van 1953 en de hoogwaters in 1993 en 1995 is het hoogwaterbeschermings-systeem verder verbeterd door middel van het verkorten van de kustlijnen met de Deltawerken, dijkversterkingen en Ruimte voor de Rivier. Ook heeft de hoogwaterbescherming door waterkeringen een wettelijke verankering gekregen. Uit de recente toetsing op veiligheid van de waterkeringen in het jaar 2011 bleek echter dat volgens de huidige richtlijnen ongeveer één derde van de keringen niet voldoet aan de huidige normen. Recente studies tonen bovendien aan dat de faalkansen van de waterkeringen groter zijn dan volgens de huidige richtlijnen mag worden verwacht, met name door het faalmechanisme piping (ENW, 2011; VNK, 2011). Daarnaast geven de studies naar overstromingsrisico's zoals Veiligheid Nederland in Kaart en Waterveiligheid 21e eeuw een beter beeld van de daadwerkelijke risico's bij overstromingen.

Door de studies naar overstromingsrisico's, maar misschien nog meer door de zichtbare gevolgen van rampen zoals die in New Orleans (2005) en Frankrijk (2010), is er in de laatste jaren meer aandacht gekomen voor de gevolgen van een overstromingsramp en de mogelijkheden voor het beperken daarvan. Dit wordt geïllustreerd door verschillende projecten uit de afgelopen jaren: Verkenningen naar compartimentering (2004 - 2007), verzekeren van overstromingsrisico's (2006 - 2008), en de rampenbeheersing via de Taskforce Management Overstromingen (TMO, 2009) (2006 - 2009).

### 3 Uitwerking van Meerlaagsveiligheid

De laatste jaren staat het begrip meerlaagsveiligheid centraal in de discussies over overstromingsrisico's. De komende jaren zal in de gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma verder worden uitgewerkt hoe meerlaagsveiligheid vorm kan krijgen om de overstromingsrisico's in verschillende delen van Nederland te beperken en onderdeel worden van besluitvorming.

#### 3.1 Haalbaarheid, effectiviteit en efficiëntie van de drie lagen

Bij het beoordelen van maatregelen om overstromingsrisico's tot beperken tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau (ongeacht welke maatregel het betreft in de meerlaagsveiligheid benadering) spelen er volgens het ENW drie belangrijke criteria:

1. is het haalbaar: is het technisch mogelijk?
2. Is het effectief: wordt het beoogde doel bereikt?
3. Is het efficiënt: wegen de baten zwaarder dan de lasten en is er geen goedkoper alternatief mogelijk?

Deze vragen zijn van belang in een brede maatschappelijke discussie waarin ook politiek-bestuurlijke vragen een rol spelen die betrekking hebben op de maatschappelijke verdeling van baten en lasten en de verantwoordelijkheidsverdeling<sup>2</sup>.

Denkbare maatregelen in alle lagen zijn vrijwel altijd technisch haalbaar. De effectiviteit en efficiëntie van verschillende maatregelen kunnen worden afgewogen binnen de overstromingsrisicobenadering – door de Deltacommissie rond 1960 geïntroduceerd en met steun van het ENW sinds de jaren 90 van de vorige eeuw ontwikkeld (zie bv. Marsroute uit 1993). Voor iedere risicobeperkende maatregel kan immers in kaart worden gebracht wat de veiligheidswinst is (beperking van de kans en / of vermeden slachtoffers en economische schade of wel de risicoreductie) en wat de kosten zijn<sup>3</sup>.

Om de effectiviteit van een maatregel te kunnen beoordelen is het mede van belang welk deel van de totale schade bij een overstroming door de maatregel wordt beperkt. Naast slachtoffers kan er op hoofdlijnen onderscheid worden gemaakt tussen de volgende schadetypen: a) directe schade aan bebouwing, infrastructuur en objecten; b) productieverliezen voor het bedrijfsleven; c) overige effecten op bijvoorbeeld het milieu, cultuurhistorie, de samenleving, etc. De maatregelen uit de drie lagen hebben verschillende effecten op het aantal slachtoffers en de schade.

Hieronder wordt de bijdrage van de drie lagen aan meer veiligheid nader besproken aan de hand van bovenstaande criteria.

<sup>2</sup> Zie bijvoorbeeld de presentatie van prof. **Marleen van Rijswijk**, "Meerlaagse veiligheid: Juridische observaties over de ervaringen vanuit het Deltaplan rivieren/waterveiligheid Maastak", presentatie STOWA 27 juni 2012

<sup>3</sup> Zie ook het **ENW advies** "worst credible flood", 25 februari 2008

### **Laag 1: Preventie**

De eerste laag betreft het voorkómen van overstromingen door middel van waterkeringen (dijken, duinen, stormvloedkeringen), rivierverruimende maatregelen en zandsuppleties. Deze maatregelen beperken de kans op overstroming. Ook bij sterke toename van de waterstanden zijn waterkeringen technisch nog steeds goed realiseerbaar en betaalbaar (Kok et al., 2008). Ook in het buitenland zijn diverse situaties te vinden waarin waterkeringen hogere waterstanden of waterstandsverschillen dan in Nederland succesvol keren. Wel kunnen er lokaal knelpunten optreden m.b.t. de ruimtelijke inpassing van een waterkering. In die gevallen kunnen soms duurdere, innovatieve ruimtebesparende oplossingen worden overwogen of maatregelen om de waterstanden vóór de kering te verlagen, zoals stormvloedkeringen of andere vormen van sturing van het hoogwater elders in het systeem.

Door versterkingen van waterkeringen kan de overstromingskans verlaagd worden. In Nederland geldt dat een halve tot een hele meter dijkverhoging inclusief de benodigde verbreding de kans op een overstroming ruwweg met een factor 10 reduceert. Preventie beperkt de kans op slachtoffers en alle schadetypen.

### **Laag 2: Ruimtelijke maatregelen**

De tweede laag betreft de ruimtelijke ingrepen. Hieronder kunnen verschillende maatregelen vallen: van het verhoogd bouwen (op terpen of constructies), waterbestendig en waterrobuust inrichten van woningen, het verhogen of beschermen van vitale objecten en infrastructuur, het niet bouwen op zeer overstromingsgevoelige (laag gelegen) plekken tot een volledige herinrichting van ons land (Pols et al, 2007, Pieterse et al, 2009).

Het bouwen op lokale verhogingen is technisch mogelijk, maar alleen volledig effectief als de bouwwerken boven de hoogste waterstand blijven. Dit betekent dat de terpen ongeveer even hoog als de dijken moeten zijn. Dit lijkt interessant voor bijzondere objecten en in buitendijks gebied. Zo kunnen beschermende maatregelen voor vitale infrastructuur efficiënt zijn bij potentiële grote gevolgschade, bijvoorbeeld bij beschadiging van kerncentrales of langdurige niet-beschikbaarheid van gasvelden. Het zal duidelijk zijn dat als een grootschalige toepassing van terpen wenselijk lijkt, een verbetering van de algemene preventie al snel efficiënter zal zijn vanwege de lagere kosten.

Het grootschalig ophogen of aanpassen van bestaande bebouwing in overstroombare gebieden in Nederland zal enorme investeringen vergen. Dit lijkt daarom alleen efficiënt voor nieuwbouw of herstructurering. Ten opzichte van de bestaande bebouwing is de nu nog verwachte hoeveelheid nieuwbouw beperkt. Het aangepast of verhoogd ontwikkelen van nieuwe gebieden vermindert alleen de toename van de potentiële schade en het slachtofferrisico. Ten aanzien van het herstructureren van bestaande bebouwing is het de vraag op welke schaal dit zal plaatsvinden in de komende eeuw. Vele binnensteden in ons land liggen er al honderden jaren.

Een algemeen kenmerk van maatregelen in de tweede laag is dat alleen de schade voor de beschermde of verhoogde woningen, bedrijven of objecten wordt beperkt. De recente overstromingservaringen in New Orleans, Frankrijk, Thailand, Japan en de Filipijnen tonen echter aan dat de economie langdurig tot stilstand komt met als gevolg grote schade door bedrijfsuitval en productieverlies. Deze laatste typen schade zullen nauwelijks kunnen worden beperkt met maatregelen in de tweede laag.

Ook het compartimenteren van dijkringen kan slechts een deel van de schade voorkomen. Hierbij moet daarnaast rekening worden gehouden met het feit dat door het verkleinen van het gebied de snelheid waarmee het water stijgt zal toenemen. Door dit zogenaamde badkuipeffect kan in het overstroomde deel van het gebied de ernst van de overstromingen de schade zelfs toenemen. Bovendien zullen doorgaans de kosten van een nieuwe compartimenteringsdijk hoger zijn dan die van versterking van de bestaande waterkering die ook nog eens het hele gebied beschermt.

### **Laag 3: Rampenbeheersing**

De derde laag betreft de rampenbeheersing die tot doel heeft zoveel mogelijk personen uit het gebied te redden door middel van preventieve evacuatie en een zo spoedig mogelijk herstel van de infrastructuur en economie als een ramp heeft plaatsgevonden. Rampenbeheersingsmaatregelen hebben bijna alleen invloed op het aantal slachtoffers bij een overstroming. De overige typen schade (directe schade aan objecten en productieverlies en bedrijfsuitval) blijven nagenoeg gelijk. Mogelijk kan door sneller herstel na een ramp het productieverlies worden beperkt.

Voor de verbetering van rampenbeheersing zijn er op hoofdlijnen twee strategieën. De eerste betreft de verbetering van de organisatorische voorbereiding. De tweede betreft extra investeringen in hulpcapaciteit en het ontwikkelen van vluchtroutes. Indicatieve schattingen (Kolen en Terpstra, 2011) geven aan dat de contante waarden van de kosten van deze strategieën ongeveer 100 miljoen euro respectievelijk

3,5 tot 13 miljard euro zijn, terwijl ze beide tot maximaal 20% verbetering van de evacuatie leiden. Voor de dichtbevolkte kustgebieden in Nederland is substantiële preventieve evacuatie uit het gebied vaak zelfs niet haalbaar en is de beste strategie om in te zetten op verticale evacuatie en lokale opvang.

De huidige capaciteiten van hulpverleners inclusief het leger zijn gedimensioneerd op gebeurtenissen die ongeveer een in de 10 jaar voorkomen. Dit zijn relatief kleine rampen ten opzichte van de overstromingsrampen waarop ons waterveiligheidsbeleid vanuit gaat die eens in de 100 tot 10.000 jaar voorkomen (Jongejan et al., 2011). Naar de mening van het ENW moet de rampenbeheersing zich daarom vooral richten op het optimaal inzetten van de beschikbare middelen om slachtoffers te voorkomen. Daarnaast is het belangrijk om overstromingen met noodmaatregelen voor zover mogelijk te voorkomen of te beperken. Hierbij kan gedacht worden aan het inzetten van zandzakken, noodversterkingen etc. Dit laatste vraagt om goed werkende hoogwater-voorspel-systemen. De ervaringen uit januari 2011 voor de milde hoogwaters van de Rijn en Maas laten zien dat verbeteringen op dit vlak nodig zijn.

Al in 2008 heeft het kabinet met het oog op de kosten in relatie tot de kleine kans van optreden van een grootschalige overstroming ingezet op de verbetering van de voorbereiding voor overstromingsrampen en andere grootschalige calamiteiten en niet op extra investeringen in hulpcapaciteit en infrastructuur<sup>4</sup>.

4

Bron "brief nationale veiligheid, MinBzK (2008)". Een aantal beleidsopties zoals geformuleerd in het rapport "Capaciteitanalyse grootschalige evacuatie" is daarmee vervallen, zoals opvanglocaties, de aanschaf van extra middelen (verkenningshelikopters, vletten, transportcapaciteit) of inzet van extra personeel (voor bijvoorbeeld «crowd control»). In de brief is aangegeven dat de kosten zich niet verhouden tot de zeer lage kans van optreden

### 3.2 Afweging

De term 'meerlaagsveiligheid' kan suggereren dat een systeem met meerdere lagen kan worden ontwikkeld, waarvan elke laag individueel de bedreiging volledig kan weerstaan. Dit is bij overstromingen niet mogelijk. De voorgaande beschouwing geeft aan dat maatregelen uit de tweede en derde laag vooral het aantal slachtoffers of een deel van de schade kunnen beperken. Waterkeringen, daarentegen, beperken de kans op een overstroming en alle daarmee samenhangende slachtoffers en schade. Ruimtelijke ordening en rampenbeheersing kunnen de functie van de waterkeringen dus niet vervangen. Uitwisseling van maatregelen uit de verschillende lagen is in theorie mogelijk, maar zet maar zelden "zoden aan de dijk". De noodzaak van een hoog niveau aan preventie zal dus blijven bestaan.

Zoals eerder gesteld is het realiseren van maatregelen in elk van de drie lagen naar verwachting technisch mogelijk. Het is de vraag of de 3<sup>e</sup> laag organisatorisch mogelijk is op een wijze die substantiële veiligheid toevoegt aan de al aanwezige veiligheid. Dat heeft vooral te maken met de moeilijkheid om een organisatie op te zetten voor een gebeurtenis met een zeer kleine kans van voorkomen zoals in Nederland het geval is vanwege het hoge niveau van preventie. Na een aantal decennia van niet opgetreden overstromingen zal de aandacht van de organisatie hiervoor logischerwijs verslappen. Investeren in de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> laag zal daarom naar verwachting in de meeste gevallen niet efficiënt zijn.

In de discussie over meerlaagsveiligheid worden grootschalige overstromingen vaak verward met wateroverlast. Voorkomen moet worden dat waterveiligheid op één lijn wordt gezet met wateroverlast door, bijvoorbeeld, hevige regenval. Waar het bij doorbraken van buitenwaterkeringen gaat over mogelijke waterdieptes van meters, gaat het bij wateroverlast om decimeters. Maatregelen in de 2<sup>e</sup> laag kunnen bij wateroverlast effectief zijn om de schade te beperken.

In de Nederlandse praktijk bestaat de 'optimale mix' van maatregelen voor waterveiligheid uit een inzet van het grootste deel van het budget voor preventie en een klein deel voor de organisatorische voorbereiding van rampenbeheersing (Kolen en Kok, 2011). Preventie is vrijwel altijd de meest effectieve maatregel voor de bescherming van binnendijkse gebieden in Nederland en daardoor op een uitzondering na ook de meest efficiënte. In buitendijkse gebieden kan dit anders liggen.

In het algemeen geldt dat de efficiëntie van maatregelen in de tweede en derde laag afneemt met een toenemend beschermingsniveau tegen overstromingen (Kolen en Kok, 2011). Daarom wordt in delta's met een veel lager beschermingsniveau dan in Nederland, zoals Bangladesh, terecht veel actiever ingezet op ruimtelijke ingrepen en organisatorische noodmaatregelen.

### 3.3 Een eenvoudig rekenvoorbeeld

Ter verdere illustratie van de analyse van efficiëntie is een simpel maar op realistische kentallen gebaseerd voorbeeld uitgewerkt. De dijkkring bestaat uit 20 km waterkeringen en hoge gronden. In de dijkkring zijn 20.000 woningen aanwezig. De schade bij overstroming aan woningen bedraagt € 4 miljard. Daarnaast is er een schade van € 2 miljard aan infrastructuur en productieverlies in het gebied, en kunnen er ook slachtoffers optreden.

Voor het gebied zijn twee typen maatregelen beschouwd:

- **Dijkversterking:** om de overstromingskans een factor 10 omlaag te brengen wordt € 100 miljoen geïnvesteerd (€ 5 miljoen versterkingskosten per km dijk over 20km).
- **Aanpassing bebouwing:** door ingrepen op woningniveau wordt de schade aan woningen met 50% beperkt. De kosten per woning bedragen 5000 Euro (hier vrij laag ingeschat op 2% van de waarde van een woning) en de totale kosten zijn dan eveneens € 100 miljoen.

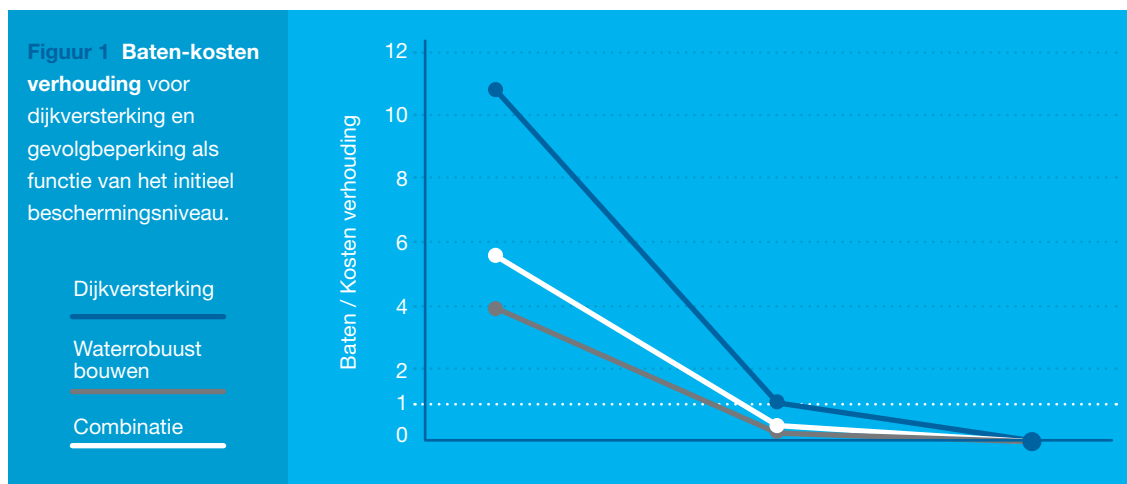
De investeringen kunnen nu worden afgewogen tegen de baten die bestaan uit de reductie van het jaarlijks risico dat wordt bepaald op basis van: overstromingskans x schade. Als basissituatie nemen we een dijkkring met een overstromingskans van 1/100 per jaar aan. De kosten en baten van de ingrepen en de baten / kosten verhouding staan in onderstaande tabel<sup>5</sup>. Er is uitgegaan van een rentevoet van 5% en geen economische groei.

5  
Naast de Baten / kosten verhouding zou ook naar het eerstejaarsrendement moeten worden gekeken.

Ingrep	Kosten (€10 <sup>6</sup> )	Schade (€10 <sup>6</sup> )	Kans (per jaar)	Risico na maatregel (NCW € 106)	Baten / Kosten verhouding
Niets doen	0	6.000	1/100	1.200	
Dijkversterking	100	6.000	1/1000	120	10.8
Waterrobuust bouwen	100	4.000	1/100	800	4
Combinatie	200	4.000	1/1000	80	5.6

Ieder afzonderlijk zijn de ingrepen efficiënt. Daarom kunnen zij beide worden uitgevoerd. Wel blijkt dat dijkversterking effectiever en efficiënter is dan gevolgbeperking. Dijkversterking reduceert de kans en daardoor het risico met een factor 10. Het waterrobuust bouwen reduceert de schade en het risico met een 33%.

Vervolgens kan worden gekeken naar het effect van het initiële beschermingsniveau. Figuur 1 toont de baten / kosten verhouding van de twee strategieën en de combinatie hiervan. Deze neemt voor beide maatregelen af naarmate het initiële beschermingsniveau groter wordt omdat de risicoreductie ook afhangt van het initiële beschermingsniveau.



Ingrep	Initieelbeschermingsniveau (per jaar)		
	100	1.000	10.000
Dijkversterking	10.8	1.08	0.11
Waterrobuust bouwen	4	0.4	0.04
Combinatie	5.6	0.56	0.06

**Tabel 1** Baten-kosten verhoudingen voor de verschillende ingrepen als functie van het initiële beschermingsniveau



In de figuur is ook de combinatie van dijkversterking en gevolgbeperking uitgezet. Deze gecombineerde strategie blijkt de hoogste totale kosten te hebben omdat in beide strategieën wordt geïnvesteerd, maar qua effectiviteit tussen de beide andere te scoren.

### 3.4 Inzichten uit uitgevoerde studies

Ter verdere onderbouwing van de denkbare heeft het ENW een inventarisatie laten maken van studies naar meerlaagsveiligheid waarin meer informatie over de efficiëntie is gegeven (HKV, 2012). De geselecteerde cases betreffen een deel van de uitgevoerde gebiedspilots meerlaagsveiligheid (dijkkring 43, dijkkring 36, dijkkring 68, dijkkring 90 en dijkkring 22), voorbeelden uitgewerkt door STOWA (dijkkring 36, dijkkring 22 en de regio Amsterdam) en uitwerking door het deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (dijkkring 16). In deze studies is op verschillende manieren gekeken naar kosten en baten van diverse ingrepen.

Op hoofdlijnen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De efficiëntie van strategieën kan sterk verschillen. De baten-kosten verhouding van preventie is over het algemeen groter dan van de andere lagen. Ook bij dijkversterking is er een economisch optimum. De kosten van meer versterken dan dat optimum wegen dan niet meer op tegen de baten. Dit blijkt ook uit de economisch optimale kansen die volgen uit de kosten baten analyse van het onderzoek Waterveiligheid 21e eeuw (Deltares, 2011b).
- Investerings om alleen de gevolgen te beperken leiden in algemene zin tot minder risicoreductie dan dezelfde mate van investeren in het verkleinen van de overstromingskans. Een grote afname van het risico van een factor 10 of meer is enkel mogelijk door het verkleinen van de overstromingskans.
- De kosten van organisatorische ingrepen voor het beter inzetten van bestaande middelen in een bestaande omgeving door planvorming, oefeningen en kennisontwikkeling, zijn relatief beperkt. Hierbij moet worden gedacht aan het verbeteren van rampenplannen, het voorspellen van hoogwaters, de zelfredzaamheid, bestaande bouw als vluchtplaats inzetten. Deze maatregelen dragen bij aan reductie van slachtofferrisico's, maar het effect van deze ingrepen is begrensd door capaciteit van personeel en infrastructuur.
- De uitwerkingen van strategieën, kosten en baten in de diverse studies over meerlaagsveiligheid en gehanteerde uitgangspunten zijn niet altijd consistent en vergelijkbaar.

In een verdere globale verkenning (HKV, 2012) is het effect van dijkversterking vergeleken met het effect van gevolgbeperking door grootschalige nieuwbouw en herstructurering. Deze analyse is uitgevoerd voor dijkkringen 16, 22, 36 en 43. Op basis van bestaande kostenkengetallen (SBR, 2008) zijn kosten geschat voor aanpassing van alle bestaande woningen en infrastructuur in een gebied. Zelfs bij zeer positieve inschattingen van de effecten van grootschalige nieuwbouw en herstructurering zijn investeringen in waterkeringen een factor 4 tot 20 maal efficiënter. Een andere studie naar mogelijke gevolgbeperking bij de geplande schaa sprong Almere met 50.000 nieuwe woningen laat zien dat ook bij deze grootschalige ontwikkeling de beschouwde gevolgbeperkende maatregelen niet efficiënt zijn (Royal Haskoning en NIROV, 2009). Er zou verder verkend worden of er meer lokaal wel objecten of locaties denkbaar zijn waar gevolgbeperking interessant is.

### 3.5 Kansen voor meerlaagsveiligheid?

Bovenstaande beschouwing geeft aan dat in dichtbevolkte, hoogontwikkelde gebieden, zoals grote delen van Nederland, het hoogwater buiten houden doorgaans de meest efficiënte manier is om risico's te beheersen. Er zijn echter, ook in Nederland, een paar situaties waarin een andere strategie aantrekkelijker is.

In de al eerder genoemde buitendijkse gebieden treden hoogwaters relatief frequent op en zal aanleg van nieuwe waterkeringen belemmerend werken op rivierafvoeren en berging. In deze gebieden is inzet op ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing verstandig, vooral daar waar de kans op overstroming relatief groot is.

In delta's in het buitenland, bijvoorbeeld in de Mekong, is het grootschalig bedijken met het oog op andere functies (landbouw, zoetwatervoorziening) niet gewenst. De rurale gebieden overstroomden bijna jaarlijks – ook voor de landbouw – en hier zal men vaak inzetten op overstromingsbestendig bouwen en rampenbeheersing bij ernstiger overstromingen. De ervaringen uit Thailand en Vietnam laten echter zien dat met de transitie van een agrarische naar een meer industriële samenleving ook de vraag naar bescherming toeneemt. Met de economische ontwikkeling neemt de hoeveelheid kostbare objecten (machines, auto's) die moeilijk naar droge plekken te verplaatsen is, steeds meer toe.

In het Nederlandse primaire waterkeringsysteem kunnen er lokaal knelpunten optreden waar het bieden van meer bescherming met preventie zeer lastig en kostbaar is. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer de waterkering door een historisch stadshart loopt, zoals in Dordrecht. Preventieve maatregelen elders in het systeem zoals stormvloedkeringen of het anders sturen van de rivierafvoer afgewogen moeten worden

tegen lokale maatregelen in laag 2 en 3. Een ander voorbeeld betreft de Maaskaden in Limburg. Vanuit rivierkundig oogpunt kan het ongewenst zijn deze verder te verhogen. In deze gevallen kunnen ruimtelijke maatregelen en rampenbeheersing bijdragen aan een beperking van de risico's. Ook bij wateroverlast kan inzet op laag 2 en 3 interessant zijn, zie ook paragraaf 3.2.

Ook kan er in binnendijks gebied sprake zijn van lokaal extra hoge risico's. In dergelijke situaties is het interessant rampenbeheersing of lokale ruimtelijke maatregelen af te wegen tegen extra dijkversterking. Vooral voor dunbevolkte gebieden waar waterkeringen relatief kostbaar zijn, zullen maatregelen in de tweede en derde laag voor het vergroten van de waterveiligheid interessant kunnen zijn.

Tot slot zijn er maatschappelijke en politieke afwegingen die invloed kunnen hebben op de aanwending van schaarse middelen. Een voorkeur voor gevolgbeperking kan worden gemotiveerd op basis van de maatschappelijke impact van grote rampen (risico aversie). Ook kunnen er grote aanvullende baten ontstaan door het combineren van meerdere opgaven, het zogenaamde "meekoppelen". Denk hierbij aan de effecten op de natuur van Ruimte voor de Rivier. Echter, ook dan blijft het van belang om de kosten en baten inzichtelijk te maken zodat er juiste afweging kan worden gemaakt.



Overstroming van de Honda fabrieken in Rojana Industrial Estate nabij Bangkok. Deze lagen tot maanden na de overstroming stil. Foto: wikipedia.



## 4 Slotconclusies en aanbevelingen

1. Preventie is in de meeste gevallen in Nederland de meest efficiënte risico reducerende maatregel en dient de benodigde aandacht te blijven krijgen. Dat dit nodig is blijkt uit de resultaten van de meest recente landelijke toetsing (IVW, 2011). Volgens de huidige richtlijnen voldoet ongeveer 1/3 van de waterkeringen niet aan de huidige normen. Nieuwe inzichten, onder meer uit het project Veiligheid Nederland in Kaart, laten zien dat overstromingskansen met name voor het faalmechanisme piping groter zijn dan volgens de huidige richtlijnen mag worden verwacht.
1. ENW adviseert in dit kader om de vorm van de norm zo snel als mogelijk over te laten gaan van overschrijdingskans naar overstromingskans. Zo kan naast de hoogte van de dijk ook de sterkte expliciet beschouwd worden (dat gebeurt nu impliciet). Een norm in de vorm van overstromingskans sluit ook beter aan bij de discussies over overstromingsrisico's en meerlaagsveiligheid dan de huidige overschrijdingskansnorm<sup>6</sup>. Het consequent werken met overstromingskansen en risico's biedt ook meer inzicht in de daadwerkelijke veiligheid en geeft een betere basis voor prioritering van versterkingsmaatregelen.
2. Voor gebieden met een hoog beschermingsniveau zijn grote investeringen in de beperking van de gevolgen via de tweede of derde laag doorgaans niet efficiënt. Kostbare fysieke ingrepen in gevolgbeperking (infrastructuur, terpen, hulpverleningscapaciteit, aanpassing van bestaande bebouwing) blijken in dit kader kostbaar. Bestaande capaciteiten en middelen voor rampenbeheersing moeten optimaal worden ingezet op overstromingsrampen.. Om dit proces te ondersteunen kunnen prestatie-eisen worden gesteld aan de rampenbeheersing.
3. ENW adviseert om de wettelijke verankering van de eisen aan waterkeringen te handhaven, en om niet over te gaan tot uitwisseling tussen de drie lagen. Maatregelen in laag 2 en 3 reduceren slechts een beperkt deel van de totale schade (alleen het voorkomen van slachtoffers en directe schade aan woningen en bedrijven). Daarom blijft een hoog niveau van preventie noodzakelijk en zullen maatregelen in de tweede en derde laag meestal inefficiënt zijn. Een uitzondering betreft mogelijk waterkeringen waaraan zeer hoge kosten verbonden zijn en waar ingrepen een grote impact hebben op de omgeving.
4. ENW signaleert dat het niveau van technische en economische uitwerking voor de uitgevoerde gebiedspilots meerlaagsveiligheid en in het Deltaprogramma nog vrij beperkt is. ENW beveelt nadere concrete uitwerking van meerlaagsveiligheid voor verschillende typen gebieden aan om zo te komen tot maatschappelijke "business cases" van rendabele maatregelen in de tweede en derde laag.

6

De relatie tussen de overschrijdingskans en de overstromingskans is immers indirect en moet door middel van "omrekenfactoren" worden gelegd. Vervolgens moet er via de schade ook nog de relatie met het risico worden gelegd.

9

Meerlaagsveiligheid nuchter bekeken



Afschuiving van een dijk in de 17th Street Canal in New Orleans bij orkaan Katrina.

## Referenties

- **Aerts J, Sprong T, Bannink B.** 2008  
[Aandacht voor veiligheid. Vrije Universiteit Amsterdam](#)
- **Deltares** 2011a  
[Analyse van slachtofferrisico's – Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw](#)
- **Deltares** 2011b  
[Maatschappelijke kosten-baten analyse – Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw](#)
- **ENW (Expertise Netwerk Waterveiligheid)** 2009  
[Piping, Realiteit of rekenfout?](#)
- **Inspectie Verkeer en Waterstaat** 2011  
[Derde toets primaire waterkeringen – landelijke toets 2006 – 2011](#)
- **Jongejan, R.B., I. Helsloot, R.J.J. Beerens en J.K. Vrijling** 2011  
[How prepared is prepared enough? Disasters 35 \(1\), 130–142](#)
- **HKV** 2012  
[Bijdrage ENW notitie MLV, Bas Kolen, Marit Zethof](#)
- **Kolen, B., en T. Terpstra** 2011  
[Evacuatieschattingen Nederland en het effect van investeringen - Globale inventarisatie kosten en baten van rampenbeheersing bij overstromingen. HKV Lijn in Water rapport PR2330.10](#)
- **Kolen, B. en M. Kok** 2011  
[Optimal investment in emergency management in a multi layer flood risk framework, paper 5th International Conference on Flood Management \(ICFM5\), 27-29 September 2011, Tokyo-Japan](#)
- **Kok, M., B. Jonkman, J. Stijnen, W. Kanning en T. Rijcken** 2008  
[Toekomst voor het Nederlandse polderconcept – technische en financiële houdbaarheid. Rapport PR1468.10](#)
- **Ministerie van Binnenlandse Zaken** 2008  
[Nationale Veiligheid; Brief van de Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties \(letter of the minister of Interior Affairs to Parliament on national security\), 0708tkkst30821-6](#)
- **Ministerie van Verkeer en Waterstaat** 2009  
[Nationaal Waterplan](#)
- **Pols, L, P. Kronberger, N. Pieterse en J. Tennekes** 2007  
[“Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave”, RBP rapport](#)
- **Pieterse N; J. Knoop, K. Nabielek, L. Pols en J. Tennekes** 2009  
[Overstromingsrisico-zonering in Nederland. PBL rapport](#)
- **Royal Haskoning en NIROV** 2009  
[Almere – verkenning gevolgebeperving, Risicozonering en verandering van schade door de Schaalsprong. Rapport 9V0419.A0, 20 mei 2009](#)
- **SBR** 2008  
[Kosten van Water robuust Bouwen; QuickScan kosten van Water robuust Bouwen en Inrichten voor Waterveiligheid in de 21ste eeuw. In opdracht van Rijkswaterstaat, Waterdienst. Rotterdam, 25 juni 2008](#)
- **Staatscourant 16 december** 2005  
[nr. 245 / pag. 40, Instellingsbesluit Expertise Netwerk Waterkeren](#)
- **TMO (Taskforce Management Overstromingen)** 2009  
[Rapport van bevindingen](#)
- **VNK (Veiligheid Nederland in Kaart)** 2011  
[Tussenresultaten VNK2](#)