

Water is geen probleem maar een ontwerpogave

Uitwerking van 'Overstromingsrisico als ruimtelijke ogave' [RPB 2007]

Ons kenmerk
KR3/CO-429980

Versie
03

Datum
April 2008

Opgesteld in opdracht van
Kernteam Staat en Toekomst van de Delta

Postbus 177
2600 MH
Stieltjesweg 2
2628 CK Delft

Telefoon (015) 26 93 500
Telefax (015) 26 10 821
www.deltares.nl

Rapportnummer
KR3/CO-429980 v03

Datum
April 2008

Versie
03

Aantal pagina's
47

Titel / subtitel

**Water is geen probleem maar een
ontwerpopgave / Uitwerking van
'Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave'**

Projectleider(s)

Theo Stoutjesdijk

Projectbegeleider(s)

Hans Dekker

Overige leden projectteam

Jos Maccabiani

Ellen Tromp

Han Knoeff

Opgesteld in opdracht van

Kernteam Staat en Toekomst van de Delta

Samenvatting rapport

In dit rapport wordt afgestapt van de vooronderstelling dat klimaatverandering alleen maar problemen veroorzaakt. Door een andere insteek te kiezen wordt duidelijk dat, mits er gewerkt wordt met een visie op de langere termijn, grote kansen liggen om het rivierengebied mooier en veiliger te maken.

Uitgangspunt is de lijst met adaptatiestrategieën die het Ruimtelijk Plan Bureau (Overstroming als ruimtelijke opgave, 2007) heeft opgesteld. Hieraan zijn een tiental andere strategieën toegevoegd, zodat er ongeveer 50 ontwerpvarianten zijn. Bij iedere variant kan met bestaande kennis al het nodige gezegd worden over de effecten van dit type maatregel (in termen van veiligheid, geld, risico, ruimtegebruik en ruimtelijke kwaliteit), maar constateren we ook witte vlekken in die kennis. Door de komende jaren te werken aan kennis- en modelontwikkeling voor die witte vlekken ontstaat een manier om de meest plausibele alternatieven voor een veilig en aantrekkelijk rivierengebied.

In een workshop zijn twee groepen aan de slag gegaan met als vraagstelling om met de 50 ontwerpvarianten in het achterhoofd een uitwerking te geven voor de inrichting van het rivierengebied bij een maatgevende Rijn-afvoer die 18.000 m³/sec of meer is. Hierbij werd ook de Inspiratiekaart en het boekje Hoogwater als uitdaging van Rijkswaterstaat, WINN, gebruikt. Hieruit kwamen (ter illustratie) twee kaartbeelden van hoe dat er uit zou kunnen zien.

De uitwerking van de maatregelen en de effecten daarvan zijn in dit rapport uiterst beperkt. Het pleidooi is om dit de komende jaren veel beter uit te werken (Deltares kan daarin de techniek leveren, maar ook ruimtelijke ordening, ruimtelijke kwaliteit en sociaal-economische elementen moeten hierin betrokken worden) en hier de komende jaren serieus mee aan de slag te gaan, zodat er straks daadwerkelijk met een langere termijn visie gekozen kan worden.

<u>Versie</u>	<u>Datum</u>	<u>Opgesteld door</u>	<u>Paraaf</u>	<u>Gecontroleerd door</u>	<u>Paraaf</u>
03	Maart 2008	Theo Stoutjesdijk, Jos Maccabiani, Ellen Tromp		Hans Dekker	

Rapportnummer
KR3/CO-429980 v03

Datum
April 2008

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Omschrijving	1
1.2	Uitwerking	1
1.3	Doel van de studie	1
2	Adaptatiestrategieën	2
2.1	Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave (Ruimtelijk Planbureau, 2007)	2
2.2	Extra mogelijkheden	3
3	Waterkering	4
3.1	Natuurlijke waterkering	4
3.2	Dam	4
3.3	Superdijk	5
3.4	Dijk	6
3.5	Compartimentering	7
3.6	Keermuur/keerwand	7
3.7	Kade	8
3.8	Gebouw als kering	9
3.9	Innovatieve dijkversterking	9
3.10	Overslagbestendige dijk	10
3.11	Onoverstroombare dijk	11
3.12	Overstroombare dijk	11
3.13	Onbezwijkbare dijk	12
3.14	Organisatorische maatregelen tijdens hoogwater	12
4	Ophoging	14
4.1	Natuurlijke hogere delen	14
4.2	Aanplemping	14
4.3	Kunstmatig eiland	15
4.4	Maaiveldverhoging	15
4.5	Terp (of wierde, vliedberg)	16
4.6	Bouwen op palen	16
4.7	Ophogen woonwijken	17
5	Berging	18
5.1	Natuurlijke waterbuffer	18
5.2	Kunstmatige waterbuffer	18
5.3	Vloedvlakte/Klimaatdijk	19
5.4	Hoogwatergeul	19
5.5	Uiterwaardvergroting (dijkteruglegging)	20
5.6	Meestromen in de openbare ruimte	20
5.7	Bewust zwakke plekken in dijkringen maken	21
5.8	Rivier (zomerbed) verdiepen	21
5.9	Uiterwaarden afgraven	22
5.10	Obstakels weghalen	22
5.11	Afvoerdeling aanpassen	23
5.12	Nieuwe rivieren of kanalen	23
5.13	Bewust inundatiepolders maken	23
6	Aanpassingen aan het individuele gebouw	25
6.1	Tijdelijke bouwkundige aanpassingen	25
6.2	Permanente bouwkundige aanpassingen	25

6.3	Demontabele en tijdelijke bebouwing	25
7	Meebewegen met water	27
7.1	Boten	27
7.2	Drijvende gebouwen	27
7.3	Amfibische gebouwen	27
7.4	Pontons	28
8	Regelgeving	29
8.1	Voorschriften	29
8.2	Risicozonering	29
8.3	Kostendrager	29
8.4	Veiligheidsnormen verhogen	30
8.5	Differentiatie van veiligheidsniveau	30
8.6	Internationalisatie	30
9	Evacuatie	32
9.1	Vluchtplaatsen (in het overstroomde gebied)	32
9.2	Vluchtwegen (uit het overstroomde gebied)	32
10	Communicatie	34
10.1	Crisiscommunicatie	34
10.2	Risicokaarten	34
11	Uitproberen methode in workshop	36
11.1	Inleiding	36
11.2	Resultaten groep Klimaatdijk (van watersnood naar wateroverlast)	36
11.3	Resultaten groep Ontwerpkoffer	39
11.4	Samenvatting workshop	41
12	Synthese	42
Bijlage(n)		
Bijlage 1	Literatuur	

Disclaimer

Deltares (i.o.) en degenen (waaronder GeoDelft, WL/Delft Hydraulics en TNO) die aan dit rapport hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het formuleren en redigeren van dit rapport. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat in dit rapport toch onjuistheden voorkomen. Degene die van dit rapport gebruik maakt, aanvaardt daarvoor het risico.

Deltares (i.o.) sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan dit rapport hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van dit rapport.

1 Inleiding

1.1 Omschrijving

Bij de term 'klimaatverandering' worden meestal in één moeite door allerlei bedreigingen genoemd: de zeespiegel stijgt, de bodem daalt, rivierafvoeren nemen toe, het regent vaker en harder, stormintensiteit op zee neemt toe, er komen vaker en langer extreem droge periodes voor. Het is een mythe dat Nederland voor wat betreft waterveiligheid hier niet op in kan spelen. Er zijn tal van adaptatiestrategieën, waarvan Ruimte voor de Rivier en dijkversterking de meest bekende voorbeelden zijn. De vraag is niet óf het kan, maar welke strategie het beste is. Het huidige klimaatdenken is ook vooruitdenken op een manier die gebaseerd moet zijn op een redelijke en onderbouwde afweging van alternatieven op een manier die kansen biedt.

Door alle adaptatiestrategieën op een rij te zetten en nuchter te beschouwen krijg je een idee van de mogelijkheden. Er ontstaat een soort ontwerpkoffer met oplossingen. Er is niet één oplossing is die het meest geschikt is, maar er zal altijd sprake zijn van verschillende oplossingen op verschillende plaatsen of van combinaties van verschillende oplossingsmogelijkheden. De kunst is om hieruit die ontwikkeling voor het rivierengebied te schetsen die veilig is, economisch haalbaar is en economische mogelijkheden biedt en waar het rivierengebied nog mooier en ecologisch nog waardevoller van wordt ook. Tot 2015 is de tijd nodig om Ruimte voor de Rivier en het Hoogwaterbeschermingsprogramma uit te voeren. In de tussentijd kan er gewerkt worden aan een lange termijn visie voor de jaren daarna. Dat is de uitdaging voor de komende jaren!

1.2 Uitwerking

Startpunt voor de uitwerking is het rapport 'Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave' van het Ruimtelijk Planbureau [2007]. Deze bevat een lijst met 37 mogelijke strategieën om overstromingsrisico het hoofd te bieden. Dit gaat van traditionele waterkeringen tot crisiscommunicatie en risicokaarten. Toch is deze lijst nog niet volledig, en dus zal de lijst nog uitgebreid worden.

Van iedere adaptatiestrategie is een korte omschrijving gegeven, wordt globaal aangegeven wat hier al van bekend is en welke zaken verder uitgezocht zouden moeten worden. De nadruk ligt op technische aspecten, maar er zijn uiteraard veel meer aspecten te benoemen.

1.3 Doel van de studie

Het uiteindelijke doel is om (aan de hand van een goed gestructureerd overzicht van alle mogelijke adaptatiestrategieën, inclusief de effecten van het inzetten van zo'n adaptatiestrategie) een instrument te ontwikkelen dat kan helpen om de gewenste inrichting van het rivierengebied vanuit oogpunt van veiligheid richting te geven, maar waarin ook andere overwegingen (effecten op economie, kwaliteit van de omgeving en duurzaamheid) worden geïncorporeerd. Deze studie beoogt hier een eerste aanzet toe te geven door de adaptatiestrategieën te benoemen, per strategie te benoemen wat er al bekend is en de witte vlekken daarin aan te geven. De witte vlekken moeten hun plaats krijgen in onderzoeksprogramma's. Reeds beschikbare kennis kan worden ingezet om de effecten in kaart te brengen. Dit instrumentarium kan gaandeweg worden verbeterd.

2 Adaptatiestrategieën

2.1 Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave (Ruimtelijk Planbureau, 2007)

Er worden in het rapport 37 strategieën benoemd:

A.1 Waterkering

- A.1.1 Natuurlijke waterkering
- A.1.2 Dam
- A.1.3 Superdijk
- A.1.4 Dijk
- A.1.5 Compartimentering
- A.1.6 Keermuur/keerwand
- A.1.7 Kade
- A.1.8 Gebouw als kering

A.2 Ophoging

- A.2.1 Natuurlijke hogere delen
- A.2.2 Aanplemping
- A.2.3 Kunstmatig eiland
- A.2.4 Maaiveldverhoging
- A.2.5 Terp (of wierde, vliedberg)
- A.2.6 Bouwen op palen

A.3 Berging

- A.3.1 Natuurlijke waterbuffer
- A.3.2 Kunstmatige waterbuffer
- A.3.3 Vloedvlakte/Klimaatdijk
- A.3.4 Hoogwatergeul
- A.3.5 Uiterwaardvergroting (dijkteruglegging)
- A.3.6 Meestromen in de openbare ruimte

B.1 Aanpassingen aan het individuele gebouw

- B.1.1 Tijdelijke bouwkundige aanpassingen
- B.1.2 Permanente bouwkundige aanpassingen
- B.1.3 Demontabele en tijdelijke bebouwing

B.2 Meebewegen met water

- B.2.1 Boten
- B.2.2 Drijvende gebouwen
- B.2.3 Amfibische gebouwen
- B.2.4 Pontons

B.3 Regelgeving

- B.3.1 Voorschriften
- B.3.2 Risicozonering
- B.3.3 Kostendrager (acceptatie, schade betaald door overheid of verzekerd)

B.4 Evacuatie

- B.4.1 Vluchtplaatsen (in het overstroomde gebied)
- B.4.2 Vluchtwegen (uit het overstroomde gebied)

B.5 Communicatie

- B.5.1 Crisiscommunicatie
- B.5.2 Risicokaarten

2.2 Extra mogelijkheden

Het overzicht uit [Ruimtelijk Planbureau, 2007] is behoorlijk veelomvattend. Toch zijn er nog meer mogelijkheden te benoemen om met overstromingsrisico om te gaan of overstromingsrisico binnen acceptabele grenzen te houden:

- A.1.9 Innovatieve dijkversterkingstechnieken (ruimte besparen en toch dijkversterken)
- A.1.10 Overslagbestendige dijk (gevolgschade beperkt houden)
- A.1.11 Onoverstroombare dijk (dijk is zo hoog dat er geen water overheen komt)
- A.1.12 Overstroombare dijk (water keren tot de kruin of iets daarboven)
- A.1.13 Onbezwijkbaar (de kans op bezwijken is minimaal een factor kleiner dan de norm)
- A.1.14 Organisatorische maatregelen (zandzakken, handelen bij dreigende calamiteiten)

- A.2.7 Ophogen woonwijken

- A.3.7 Bewust zwakke plekken in dijkringen maken (minimaliseren schade)
- A.3.8 Rivier (zomerbed) verdiepen
- A.3.9 Uiterwaarden afgraven
- A.3.10 Obstakels (kribben, bouwwerken) weghalen
- A.3.11 Afvoerdeling aanpassen
- A.3.12 Nieuwe rivieren of kanalen
- A.3.13 Bewust inundatiepolders maken

- B.3.3 Veiligheidsnormen verhogen
- B.3.4 Differentiatie van veiligheidsniveau
- B.3.5 Internationale afstemming (retentiegebieden in Duitsland)

3 Waterkering

3.1 Natuurlijke waterkering

Omschrijving	Natuurlijke hoogte die als geomorfologische eenheid dienst doet als waterkering voor het achterliggende gebied
Fysieke vorm	Duinen, rivierterrassen
Bestuurlijke aspecten	Wettelijk genormeerd; beperkingen aan bebouwing; risicocommunicatie naar gebruikers
Voorbeeld	Hollandse duinenkust. Rivierduinen en – terrassen langs de Nederlandse rivieren.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Er is eerst een verduidelijking nodig van wat er precies bedoeld wordt. Er zijn twee gevallen te onderscheiden:

- Duinen. Dit is helder;
- Natuurlijke hoogtes in een stroomdal, bijvoorbeeld de Maas in Limburg. Aan weerszijden van de Maas zijn hoger gelegen gronden aanwezig waardoor het overstromingsgebied een beperkte breedte heeft. Dit is tegelijkertijd wellicht onderdeel van het probleem: in een gebied met een beperkte berging stijgt het water snel en hoger. Gegeven het feit dat er achter de Maaskaden een lagere eis aan het overstromingsrisico is gegeven vraagt dit in ieder geval extra aandacht voor risicocommunicatie;

De term 'rivierterrassen' roept geen herkenbare associatie op. Waarschijnlijk wordt bedoeld op de hooggelegen gebieden langs de Maas.

Een ander type 'natuurlijke waterkering' is door GeoDelft geopperd onder de termen 'Kleiduin' en 'Kleidijk' [GeoDelft, 2003]. Dit is verder uitgewerkt in het afstudeeronderzoek van [M. H. de Visser, 2007].

Aandachtspunten

- Hang naar dynamische kustsystemen (gaten in de duinenrij)
- Heuvels en terrassen langs de Maas: inundatie/risicokaarten als communicatiemiddel voor bestaande bebouwing en nieuwbouw
- Uitwerken concepten 'kleiduin' (hoeveelheid onbeschermd klei die net als een zandduin voldoende veiligheid biedt) en 'kleidijk' (dijk met een dusdanig flauw buitentalud van klei, begroeid met gras, dat golven hierop niet breken en dus ook geen erosie geven).

3.2 Dam

Omschrijving	In en dwars over een water opgeworpen wal die dient om het water te keren, de stroom te leiden of te verdelen. Wordt in het algemeen in ondiep water toegepast.
Fysieke vorm	Lijnvormige, brede wal. Tegenwoordig vaak in combinatie met infrastructuur (wegen, spoorlijnen), maar werd vroeger ook als marktplein gebruikt (vergelijk de Dam in Amsterdam).
Bestuurlijke aspecten	Wettelijk genormeerd, beperkingen aan bebouwing op dam.
Voorbeeld	Sint-Petersburg: opvallend lange en multifunctionele dam met ringweg dwars door de Finse Golf.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

In het verleden was het opwerpen van dammen een vaak gebruikte methode om water te reguleren. Denk aan plaatsnamen als Amsterdam (dam in de Amstel), Rotterdam (dam in de Rotte), Alblasterdam (dam in de Alblas), Maasdam (dam in de Maas in de Hoekse Waard). De Afsluitdijk, de Houtribdijk, de Grevelingendam, de Brouwersdam zijn meer recente voorbeelden. In Zuid-West Nederland zijn ten tijde van de Deltawerken ook compartimenteringsdammen (bijvoorbeeld de Volkerakdam en de Philipsdam) aangelegd. En in feite zijn de Stormvloedkering in de Oosterschelde, de Maeslantkering, de Haringvlietsluizen, de stormvloedkering in de Hollandse IJssel, de balgstuw bij Ramspol en de Hartelkering ook dammen.

Het is een open vraag of er mogelijkheden zijn voor dergelijke (veelal grootschalige) ingrepen. Maar dat is een vraag die wel een antwoord verdient.

Aandachtspunten

- zoet/zout verstoring met effecten voor ecosystemen
- Effecten op aanslibbing / erosie van vaarwegen
- Op welke plaatsen kunnen dammen zinvol ingezet worden om een herverdeling van de afvoer te geven? Bijvoorbeeld open stormvloedkering aan de oostkant en de zuidkant van het Eiland van Dordrecht om Centraal Holland te beschermen?

3.3 Superdijk

Omschrijving	Hoge en brede dijk die als (stads)landschap is vormgegeven.
Fysieke vorm	Stadsboulevard, panoramapad, parkheuvels, bolwerken enzovoorts.
Bestuurlijke aspecten	Zie: Dijk
Voorbeeld	Rotterdam: Vierhavenstrip (i.o.), dakpark op kantoren op de Zeedijk Scheveningen: de nieuwe zeewering als strandpromenade vormgegeven.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

De superdijk is een Japans concept. Hier liggen langs de (tsunami- en typhoongevoelige) kust waterkeringen van een dusdanige breedte en hoogte dat het geen probleem is om de functie waterkeren te combineren met de functie wonen of de functie stadspark.

In de Nederlandse context zijn hier tenminste problemen ten aanzien van het benodigde ruimtebeslag, zettingen (dus hoe lang gaat deze maatregel mee als er geen woningen kunnen worden gesloopt om ophoging mogelijk te maken), de benodigde termijn om hier een gebiedsdekkende oplossing van te maken en de kosten hiervan (die moeten vooral door particuliere investeringen tot stand worden gebracht).

Een nadere studie (van de superdijk als deeloplossing) is ondanks deze bedenkingen wel te rechtvaardigen.

Aandachtspunten

- Kosten lopen voor de baten uit – lastig te financieren;
- Robuust ontwerpen: na bebouwing is er weinig flexibiliteit om de dijk te verhogen;
- Compenseer voor zettingen;
- Moeilijk toepasbaar in bebouwd gebied vanwege grote ruimtebeslag;
- Gebruikelijke ontwerpwijzen bruikbaar, wel opletten met fundering van de bebouwing op/ in de dijk en aanleg van leidingen en riolen;
- Vanwege aanleg- en vervormingsproblematiek voor constructie zelf en omgeving moeilijk toepasbaar in westelijk rivierengebied;
- Met minder ruimtebeslag, en meer respect voor omgeving (LNC-waarden) kan in dat gebied ook met een robuust “standaarddijk” (zie 3.4) nog zeker waterstandsverhogingen van enkele meters en meer worden gekeerd;

- In verstedelijkt gebied zeker een optie, maar dan in combinatie met 'stadsvernieuwing'. In West-Nederland extra duur construeren in verband met vervormingsproblematiek vanwege slappe ondergrond;
- Maatregel zal in Oost-Nederland beter scoren.

3.4 Dijk

Omschrijving	Opgeworpen aarden wal (vaak met een stenenglooiing versterkt) langs of om enig water (hoger dan een kade).
Fysieke vorm	Lijnvormig object; profiel en oppervlak kan sterk verschillen: groen of stenig, steil of zacht hellend. Vaak in combinatie met infrastructuur zoals wegen, fiets- en wandelpaden.
Bestuurlijke aspecten	Primaire waterkering: wettelijk genormeerd; beperkingen aan bebouwing, vrijhouden van aanliggend gebied voor ophoging. Regionale waterkering: niet altijd wettelijk genormeerd.
Voorbeeld	IJburg: de dijken zijn verschillend vormgegeven. 'Harde wallen' aan de noordkant en 'zachte' groene bermen aan de zuidkant.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Dijken zijn in Nederland een beproefd concept. En ondanks vele overstromingen in het verleden [Gottschalk, div] een succesvol concept. Zonder dijken zou Nederland nu niet meer bestaan. Ons huidige veiligheidsbeleid is (naast Ruimte voor de Rivier) gebaseerd op veilige dijken (Wet op de Waterkering, Landelijke toetsing). Ook in de toekomst zullen dijken een essentieel onderdeel van ons veiligheidsbeleid vormen. Het is daarom essentieel om onderzoek naar sterkte en belastingen op de waterkeringen voort te zetten. Hier zit in alle denkbare scenario's nog veel winst in.

Al vanaf de eerste studies in het kader van Ruimte voor de Rivier ([RWS, 2000]) is bekend dat dijken een zeer kosteneffectief alternatief zijn voor ruimtelijke maatregelen.

Aandachtspunten

- Onzekerheid over afvoeren wordt groter- hoe hoog en sterk moeten de dijken in 2100 zijn om die onzekerheid op te vangen?
- Hogere afvoeren hebben in het benedenrivierengebied een onevenredig groot effect op de vereiste dijkbasis in verband met opdrijfmechanismen. Het ruimtebeslag van een (traditionele) dijk wordt in extremis zo groot dat deze is te vergelijken met die voor een superdijk. Dan kan het lonend zijn om de dijk dan maar over een grote breedte hoog te maken zodat je hier ook andere functies op toe kan laten (superdijk).
- Veel onzekerheid over werkelijke sterkte. Meer aandacht voor monitoring van het dijkenstelsel (om te leren van het gedrag en als inzet bij calamiteitenbestrijding) is noodzakelijk.
- Zie rapport kennisleemten van ENW: hierin worden de voornaamste aandachtspunten ten aanzien van de waterkeringen benoemd.
- SBW-studie (onderzoeksprogramma Sterkte&Belastingen Waterkeringen van Rijkswaterstaat) zal uitwijzen welke 'rek' er nog zit in de traditionele dijk.
- Innovatieve oplossingen maken aanzienlijk verdere verhoging / versterking mogelijk
- In geval van opdrijven is ontwikkeling innovatieve oplossing op het gebied van vertikaal evenwicht noodzakelijk (denk aan beperking potentiaal of waterdicht maken op watervoerend zandpakket);
- Bebouwing, leidingen en beplanting op en nabij kades kunnen invloed hebben op de waterkerende functie. Hier is nog te weinig van bekend.
- lange termijn visie voor bebouwing in en nabij waterkeringen noodzakelijk.

Voor andere dan traditionele dijkontwerpen (maar wel oplossingen (grotendeels) bestaande uit grond) is aandacht in paragrafen 3.9 tot en met 3.13.

3.5 Compartimentering

Omschrijving	Opdeling van de soms zeer uitgestrekte dijkkringen, met interne dijken of kades.
Fysieke vorm	Zie Dijk en Kade. Opgehoogde infrastructuurlijnen (snelwegen, spoorlijnen) kunnen soms ook als compartimenteringsdijken dienen.
Bestuurlijke aspecten	Compartimentering is nog geen beleid. Er moet in dat geval een bestuurlijke afweging worden gemaakt tussen gebieden onderling.
Voorbeeld	New Orleans: een gesloten ringdijk rond de stad met een stelsel van interne dijken, waarbij gebruik wordt gemaakt van bijvoorbeeld spoordijken.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007] en RBSO

Van oudsher bestond in bijvoorbeeld Zeeland al een systeem van secundaire waterkeringen. Als de primaire dijk het begaf (bijvoorbeeld door een dijkval als gevolg van een zettingsvloeiing) dan was er een secundaire of inlaagdijk die de schade kon beperken. Schouwen Duiveland dankt zijn huidige halvemaaan-vormige vorm grotendeels aan dit verschijnsel. Ook zijn er ten gevolge van opeenvolgende landaanwinningen en inpolderingen nog diverse (overbodig geworden?) dijken binnen de polders aanwezig. Recenter zijn er snelwegen, spoorwegen en kanaaldijken aangelegd die mogelijk als compartimenteringsdijk dienst kunnen doen. Daarnaast liggen er binnen de polders boezemkades die ook een zekere kerende hoogte kunnen bieden.

Het is zinvol om deze mogelijkheden nader te onderzoeken. Zekere lijnelementen (bijvoorbeeld de oostelijke kade langs het Amsterdam-Rijnkanaal) kunnen worden aangepast om als compartimenteringsdijk dienst te doen. Er moet echter nog veel onderzoek worden gedaan (allerlei mogelijke inundatiescenario's waarbij de compartimentering in het ene geval gunstig is of juist ongunstig). En er is een bestuurlijk traject nodig waarbij mensen aan de verkeerde kant van de compartimentering wordt uitgelegd waarom zij extra risico lopen. Dat is een heikel punt.

Aandachtspunten

- sterkte van plotseling belaste droge kaden is nog erg onzeker
- sterkte en levensduur van niet-waterkerend ontworpen grondlichamen (wegen, spoorwegen, geluidswallen, etc.) is nog erg onzeker. Hier is al wel eens naar gekeken in Delft Cluster.
- In bebouwd gebied betekent compartimentering de verhoging van het risico voor inwoners vóór de compartimenteringskade en verlaging van het risico voor bewoners ná de compartimenteringskade.
- In bebouwd gebied zal er vaak sprake zijn van kruisingen met infrastructuur (wegen, riool, gas, water). Gegeven de functie van de compartimenteringskade: welke eisen moet je aan die kruisingen stellen en welke gevolgen heeft dit voor beheer en onderhoud?
- Wat moet vereiste veiligheid zijn van een compartimenteringsdijk, indien deze tevens als vlucht-/ transportroute voor noodvoorzieningen is bedoeld.
- Bestaande secundaire waterkeringen die als compartimentering moeten worden ingezet zullen in beheer en onder keur van beheerder dijkkring moeten komen. Dit heeft grote juridische consequenties.
- De (ruimtelijke) consequenties van nieuw aan te leggen compartimenteringsdijken zijn wellicht groter dan die van forse versterking bestaande primaire kering.

3.6 Keermuur/keerwand

Omschrijving	Een wand of muur die het hoogwater 'keert'.
Fysieke vorm	Stijf, grondkerend kunstwerk dat door een groot gewicht en een brede voet een grote standzekerheid kan bereiken.

Bestuurlijke aspecten	Primaire waterkering: wettelijk genormeerd. Regionale waterkering: niet altijd wettelijk genormeerd.
Voorbeeld	Kampen: historische stadsmuur als waterkering.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Aandachtspunten

- Vraagt veelal ook ondergrondse constructie in verband met diverse faalmechanismen;
- Met 'duurzaam' nieuw ontwerp is meegroeien in de hoogte mogelijk, als sterkte "duurzaam" is gedimensioneerd.
- Bij nieuwe stadsfronten: inspectie en normering van de werking van de waterkering. Hoe robuust moet de oplossing zijn?
- Weinig flexibel, lastig later (2100? 2200? 2500?) nog te versterken. Met name relevant bij historische (of in de toekomst beschermde) stadsgezichten.
- Weinig reststerkte bij falen, dus moet overgedimensioneerd worden.
- Kan keren 'tot de kruin'.
- Relatief eenvoudig te monitoren, zoals andere civieltechnische betonconstructies

3.7 Kade

Omschrijving	(1) Landelijk gebied: lage, smalle aarden dijk voor waterkering en/of waterscheiding, met een laag beschermingsniveau. (2) Stedelijk gebied: aanlegplaats met verticale damwand.
Fysieke vorm	Landelijk gebied: een aarden wal (ook wel een kleine dijk). Stedelijk gebied: beschoeide of gemetselde oeverstrook met extra faciliteit voor het aanleggen van schepen.
Bestuurlijke aspecten	Regionale waterkering: niet altijd genormeerd
Voorbeeld	Sint-Petersburg: de historische binnenstad bestaat uit opgehoogde eilanden met kades.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

(1) In landelijk gebied denken we hierbij direct aan boezemkades. Hiervan zijn er zo'n 14.000 kilometer in Nederland. Deze zullen de komende jaren op stabiliteit en hoogte worden getoetst. Hieruit zullen nodige problemen en afkeuringen volgen, en de dan noodzakelijke versterkingen zullen veel inspanningen van de waterschappen vragen. Er komen waarschijnlijk ook de nodige kennisvragen uit voort.

Een eigen problematiek speelt ten aanzien van de veenkades. In 2003 braken kades bij Wilnis en Terbregge als gevolg van de warmte en droogte. Op tientallen andere plaatsen was sprake van scheurvorming, vervorming en zakkingen rondom bomen. Een serieuze kennisvraag is hoe dit in 2050 ervoor staat, als de gemiddelde zomer wellicht even warm en droog is als in 2003.

(2) In stedelijk gebied zijn kade(muren) aanwezig, maar deze hebben veelal geen waterkerende functie maar meer een grondkerende functie in combinatie met het aanleggen van scheepvaart. Veel (buitendijkse) kades zullen bij hoogwater onderstromen, omdat anders het verschil tussen gemiddelde (aanleg)waterstand en hoogte van de kade veel te groot is. Uitzondering zijn wederom de kades langs boezemwateren, waarbij dit verschil veelal klein is.

Aandachtspunten (1)

- samenstelling ondergrond, bepaald voor sterkte, in grote mate nog onbekend.
- Onzeker gedrag bij extreme belasting (neerslag, waterstand, droogte);
- Relatief makkelijk te versterken, mits ruimtebeslag wordt gereserveerd;
- Bebouwing, leidingen en beplanting op en nabij kades kunnen invloed hebben op de waterkerende functie. Hier is nog te weinig van bekend.
- Meer integrale veiligheidsbenadering nodig (in samenhang met primaire kering).

Aandachtspunten (2)

- Vraagt veelal ook ondergrondse constructie in verband met diverse faalmechanismen;
- Met 'duurzaam' nieuw ontwerp is meegroeien mogelijk
- Bij nieuwe stadsfronten: inspectie en normering van de werking van de waterkering. Hoe robuust moet de oplossing zijn?
- Weinig flexibel, lastig later (2100? 2200? 2500?) nog te versterken. Met name relevant bij historische (of in de toekomst beschermde) stadsgezichten.
- Weinig reststerkte bij falen, dus moet overgedimensioneerd worden.
- Kan keren 'tot de kruin'.
- Relatief eenvoudig te monitoren, zoals andere civieltechnische betonconstructies

3.8 Gebouw als kering

Omschrijving	Multifunctionele 'holle' waterkering.
Fysieke vorm	Gebouw als 'citadel': waterdicht, vloed(stroom)bestendig, robuust gebouwd.
Bestuurlijke aspecten	Huismuur wordt onderdeel van waterkering. Dan blijft eventuele normering (minimaal) gelden. In combinatie met voorschriften voor het gebruik (paragraaf 8.1).
Voorbeeld	IJburg: de gevel van het Sluishuis in het buitendijkse gebied van Steigereiland zal tegelijkertijd hoofdwaterkering van het gebouw worden. Rotterdam Vierhavenstrip: zie 'superdijk'.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Een ander bekend voorbeeld is 'De Dordtse Wand'. Dit is nieuwbouw die is geïncorporeerd in de waterkering. Ter plaatse van stadkernen is ruimtebeslag een groot vraagstuk. Er moet dan altijd maatwerk worden geleverd. Denk aan de waterkering door Kampen heen. Een vraag is of dit maatwerk (het uiterste uit de kast halen) ook in de toekomst voldoende zal zijn.

Een maatschappelijke trend is wel dat wonen aan water aantrekkelijk wordt gevonden. Er is een toenemende vraag voor waterschappen om bouwplannen op of nabij de waterkering toe te staan. Een richtlijn hiervoor (onder welke condities kan dit worden toegestaan, en hoe past dit in een duurzame inrichting en beveiliging) lijkt wenselijk.

Aandachtspunten

- zie keermuur, zelfde discussie
- reststerkte is nog onbekend

3.9 Innovatieve dijkversterking

Omschrijving	Technieken die waterkeringen kunnen versterken zonder extra ruimtebeslag te vragen.
Fysieke vorm	Damwanden in de dijk, dijkvernageling, Mixed-in-place, korte damwand,.....
Bestuurlijke aspecten	Innovatieve dijkversterking helpt om knelpunten op te lossen en zijn daarom instrumenten om de effecten van dijkversterking te verkleinen en daarmee het draagvlak te vergroten.
Voorbeeld	De korte damwand (www.geodelft.nl) en oplossingen die ontwikkeld zijn in het INSIDE-project (www.inside.nl). In dijkversterking Nederlek wordt op een lengte van 5 km op meer dan 4 km dijkversterking in de vorm van damwandconstructies toegepast, omdat de ruimte ontbreekt voor andere oplossingen vanwege de aanwezige bebouwing.

De korte damwand en de INSIDE-alternatieven zijn beschikbaar en geaccordeerd door ENW, maar nog niet toegepast in de praktijk. Er is grote behoefte aan proefprojecten waarin de toepasbaarheid van deze innovatieve technieken nader kan worden onderzocht.

In termen van technisch haalbare oplossingen zijn damwanden en diepwanden een bekende en frequent toegepaste (maar dure) constructieve methode. Dit soort oplossingen wordt vooral bij knelpunten (bijvoorbeeld handhaven bestaande bebouwing) toegepast.

Aandachtspunten:

- er is in de vrij traditionele waterkeringenwereld nog geen groot draagvlak voor toepassing van innovatieve technieken;
- na de levensduur kunnen damwanden getrokken worden en nieuwe damwanden ingebracht. Bij diverse innovatieve technieken blijven de elementen ook na de levensduur in de dijk zitten (niet te verwijderen). Wat voor invloed heeft dit?

3.10 Overslagbestendige dijk

Omschrijving	Een overslagbestendige dijk is bestand tegen een vooraf bepaald overslagdebiet (groter dan 1 l/s/m'). Bij dit overslagdebiet voldoen de overslag gerelateerde bezwijkmechanismen aan de norm. Bij een overslagbestendige dijk worden geen (extra) eisen aan de niet aan overslag gerelateerde bezwijkmechanismen gesteld.
Fysieke vorm	Een dijk met ofwel een flauw binnentalud, een zeer goede grasmat of een versterkt binnentalud (asfalt- of steenbekleding, of een grasmat die versterkt is met geogrids).
Bestuurlijke aspecten	Ruimtebeslag. Weerstand van de plaatselijke bevolking; gebruiksmogelijkheden van de binnendijkse strook worden beperkt en er kan bij zeldzame omstandigheden wateroverlast zijn.
Voorbeeld	In COMCOAST worden pilotprojecten uitgewerkt, bijvoorbeeld bij Perkpolder. Hier wordt tussen de overslagbestendige dijk en de dijk daar achter een deel van de polder ingericht met vakantiewoningen en een hoogwatervrij hotelcomplex, en in een ander deel van die polder wordt een deel van de dijk doorgestoken om getijdenwerking toe te staan ten behoeve van de ontwikkeling van nieuwe natuur.

Referentie: [GeoDelft, 2007]

Paragrafen 3.10 tot en met 3.13 zijn uitwerkingen van het concept 'Keren tot de kruin' dat is gebaseerd op een idee van de provincie Noord-Brabant (Ben van der Reek) en in opdracht van Rijkswaterstaat, RIZA, nader wordt bestudeerd in [GeoDelft, 2007].

Bij een overslagbestendige dijk worden geen (extra) eisen aan de niet aan overslag gerelateerde bezwijkmechanismen gesteld. Dit houdt in dat er mogelijk bezwijken door andere faalmechanismen dan overslag op kan treden. De kans hierop wordt klein geacht, omdat de huidige veiligheidsfilosofie de hoogte van de dijk als voornaamste criterium neemt, waarbij de overige faalmechanismen met 'een grote mate van zekerheid de maatgevende waterstand moeten kunnen doorstaan'. En tot een zekere mate kunnen er maatregelen worden getroffen bij begin van bezwijken (opkisten van wellen, aanleggen van zandbermen op kritieke plaatsen) om bezwijken zolang mogelijk uit te stellen. Uit veiligheidsoverwegingen zullen de bewoners wel geëvacueerd moeten worden.

Een groot voordeel is dat er weliswaar sprake is van schade en overlast door overslaand water, maar dat er naar alle waarschijnlijkheid geen dijkdoorbraak en schade door grootschalige inundatie optreedt. Dit is een groot verschil met de huidige veiligheidsfilosofie.

Aandachtspunten:

- afvoer van overslaand water?

- Benodigd ruimtebeslag?
- Veiligheidsfilosofie verandert ten opzichte van het huidige veiligheidsdenken. Dit moet nog goed worden doordacht.

3.11 Onoverstroombare dijk

Omschrijving	Een waterkering die zo hoog is dat er geen water overheen kan stromen. Bij een onoverstroombare waterkering worden geen (extra) eisen gesteld aan niet aan overslag gerelateerde bezwijkmechanismen.
Fysieke vorm	Dijk met overhoogte.
Bestuurlijke aspecten	Mogelijk weerstand door grotere hoogte van de waterkering.
Voorbeeld	Er zijn geen voorbeelden. Dit is een nieuw concept.

Paragrafen 3.10 tot en met 3.13 zijn uitwerkingen van het concept 'Keren tot de kruin' dat is gebaseerd op een idee van de provincie Noord-Brabant (Ben van der Reek) en in opdracht van Rijkswaterstaat, RIZA, nader wordt bestudeerd in [GeoDelft, 2007].

Bij een onoverstroombare waterkering worden geen (extra) eisen gesteld aan niet aan overslag gerelateerde bezwijkmechanismen. Dit houdt in dat er mogelijk bezwijken door andere faalmechanismen op kan treden. Qua veiligheidsfilosofie mag de kans daarop zelfs groter worden terwijl de totale faalkans van de waterkering niet toeneemt, aangezien bezwijken door golfoverslag en golfoverloop uitgesloten kan worden. Tot een zekere mate kunnen er maatregelen worden getroffen bij begin van bezwijken (opkisten van wellen, aanleggen van zandbermen op kritieke plaatsen) om bezwijken zolang mogelijk uit te stellen. Uit veiligheidsoverwegingen zullen de bewoners wel geëvacueerd moeten worden bij maatgevend hoogwater of zelfs al eerder.

Een groot voordeel is dat dijkdoorbraak en schade door grootschalige inundatie zo lang mogelijk kunnen worden uitgesteld. Dit is een groot verschil met de huidige veiligheidsfilosofie.

Aandachtspunten:

- Benodigd ruimtebeslag?
- Veiligheidsfilosofie verandert ten opzichte van het huidige veiligheidsdenken. Dit moet nog goed worden doordacht.

3.12 Overstroombare dijk

Omschrijving	Een overstroombare waterkering is een waterkering die een waterstand tot de kruin of een vastgestelde waterstand daarboven kan keren. Bij deze waterstand voldoen alle bezwijkmechanismen, inclusief overslag en overloop, aan de norm.
Fysieke vorm	Dijk, maar met grotere afmetingen (flauw binnentalud, eventueel stabiliteits- en pipingbermen).
Bestuurlijke aspecten	Benodigd ruimtebeslag.
Voorbeeld	Sigmaplan België, waarbij GOG's (Gecontroleerd Overstroombare Gebieden) langs de Schelde een betere oplossing bieden dan integrale dijkversterking.

Paragrafen 3.10 tot en met 3.13 zijn uitwerkingen van het concept 'Keren tot de kruin' dat is gebaseerd op een idee van de provincie Noord-Brabant (Ben van der Reek) en in opdracht van Rijkswaterstaat, RIZA, nader wordt bestudeerd in [GeoDelft, 2007].

De overstroombare dijk is zowel bestand tegen overloop/overslag als tegen bezwijken door andere faalmechanismen. Maar dit is tot op zekere hoogte, of om het nauwkeuriger te formuleren, tot bepaalde maatgevende omstandigheden (waterstand, duur van het hoogwater). Dreigen deze maatgevende omstandigheden benaderd of zelfs overschreden te worden dan zal

de bevolking uit veiligheidsoverwegingen geëvacueerd moeten worden (immers, er is geen garantie dat er niet ergens een stuk dijk aanwezig dat zwakker is dan op basis van de beschikbare gegevens aangenomen wordt).

Een groot voordeel is dat er wellicht sprake is van schade en overlast door overslaand water, maar dat er naar alle waarschijnlijkheid geen dijkdoorbraak en schade door grootschalige inundatie optreedt. Dit is een groot verschil met de huidige veiligheidsfilosofie.

Aandachtspunten:

- afvoer van overslaand water?
- Benodigd ruimtebeslag?
- Veiligheidsfilosofie verandert ten opzichte van het huidige veiligheidsdenken. Dit moet nog goed worden doordacht.

3.13 Onbezwijkbare dijk

Omschrijving	Een onbezwijkbare waterkering is een waterkering die een waterkering tot de kruin of een bepaalde vastgestelde waterstand daarboven kan keren. Bij deze waterstand is de kans op bezwijken minimaal een factor kleiner dan de norm.
Fysieke vorm	Lijkt op de superdijk (paragraaf 3.13). Maar de onbezwijkbare dijk kan kleiner van afmetingen zijn, omdat het uitgangspunt alleen gericht is op waterkeren, en bij de superdijk uitgangspunt is dat de afmetingen dusdanig zijn dat er zonder bezwaar allerlei vormen van medegebruik mogelijk zijn.
Bestuurlijke aspecten	Ruimtebeslag is groot.
Voorbeeld	Er zijn geen voorbeelden: het idee is een nieuw concept.

Paragrafen 3.10 tot en met 3.13 zijn uitwerkingen van het concept 'Keren tot de kruin' dat is gebaseerd op een idee van de provincie Noord-Brabant (Ben van der Reek) en in opdracht van Rijkswaterstaat, RIZA, nader wordt bestudeerd in [GeoDelft, 2007].

De onbezwijkbare dijk keert hogere waterstanden dan nu als maatgevend worden beschouwd. De huidige veiligheid wordt opgewaardeerd tot een niveau waarbij bezwijken van de dijken nauwelijks meer denkbaar is.

Een groot voordeel is dat er weliswaar sprake is van schade en overlast door overslaand water, maar dat er met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid geen dijkdoorbraak en schade door grootschalige inundatie optreedt. Dit is een groot verschil. Een verder voordeel is dat evacuatie bij maatgevende condities niet nodig is.

Aandachtspunten:

- Benodigd ruimtebeslag?
- Veiligheidsfilosofie verandert ten opzichte van het huidige veiligheidsdenken. Dit moet nog goed worden doordacht.

3.14 Organisatorische maatregelen tijdens hoogwater

Omschrijving	(1) Volgens de huidige veiligheidsfilosofie bezwijkt de dijk niet bij maatgevend hoogwater (kleine kans). Naarmate de waterstand hoger wordt (bovenmaatgevend) neemt de kans op falen toe, maar zijn noodmaatregelen mogelijk om inundatie te voorkomen. (2) Het in noodgevallen inunderen van minder bevolkte polders en economisch minder waardevolle polders om andere gebieden te sparen.
Fysieke vorm	(1) Zandzakken, opkisten van wellen, noodbermen, afdekken

	buitentalud. (2) Hoogwaterinformatiesystemen.
Bestuurlijke aspecten	(1) Evacuatie moet al plaats hebben gevonden voordat deze optie aan de orde komt. (2) Hoe kies je tussen evacuatie en inundatie van één gebied ten gunste van een ander gebied?
Voorbeeld	De hoogwaters van 1993 en 1995.

Bron: RBSO

- (1) Hier is met name ten aanzien van de kruinhoogte naar gekeken in de RBSO-studie ([RBSO,2006]). De conclusies waren dat fysieke noodmaatregelen ter voorkoming van inundatie in alle gevallen zinvol zijn, maar zeker naarmate de maatregelen grootschaliger worden (meer kilometers) geen structureel antwoord bieden.
- (2) Stel dat de vraag aan de orde is: "Laten we de Tieler- en Culemborgerwaarden opzettelijk inunderen om overstroming van Centraal Holland te voorkomen?". Dat zijn ultieme keuzes die bij maatgevende omstandigheden aan de orde kunnen komen. Daar moet een hoogwaardig informatiesysteem aan ten grondslag liggen dat informatie geeft over waarschijnlijkheden, gevolgen en effecten van zo'n beslissing.

4 Ophoging

4.1 Natuurlijke hogere delen

Omschrijving	Natuurlijke verhogingen in het maaiveld, waardoor de kans op overstroming aanzienlijk minder is (dan in de omgeving).
Fysieke vorm	Kustgebied: strand(wallen), zandruggen, eilanden. Rivierengebied: stuwwallen, stroomruggen, donken.
Bestuurlijke aspecten	Niet wettelijk genormeerd.
Voorbeeld	Den Haag: hoger gelegen woonwijken op strandwallen.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

In natuurlijke hogere delen is het goed wonen. Dat geldt echter ook voor stroomdalen. De hoogwaters van 1993 en 1995 waren nauwelijks voorbij of de eerste bouwplannen voor de uiterwaarden waren al weer klaar.

De Maas in Limburg kenmerkt zich doordat er een beperkt overstroombaar gebied is tussen twee hoger gelegen natuurlijke delen. Het lijkt logisch dat dit gebied bij hoogwater gevoelig is voor overstromingen. Toch klopt de Nederlander aan bij de verzekeraar of de overheid als dit daadwerkelijk gebeurt. Dit is een aspect van risicocommunicatie wat kennelijk niet goed kan worden uitgelegd.

Aan de kust is het een ander verhaal. Bij een extreme stormvloed vanuit zee zal een bewoner van de hoge gronden in Den Haag de neiging hebben om in de auto te stappen en op NAP – 5 meter in de file te gaan staan bij een evacuatie. Dat is niet rationeel. Wederom een vorm van risicocommunicatie.

Aandachtspunten

- In het westen zijn hoge plekken (geulafzettingen etc.) reeds bebouwd, maar waar plek vrijkomt of in het oosten zou je kritische infrastructuur en kritische gebouwen het best op deze plekken kunnen plannen
- Geschikte locatie voor verdere maaiveldverhoging en/of bouw terpen (zie paragraaf 4.4 en 4.5);
- Toegankelijk maken als vluchtplaats.
- Risicocommunicatie: maak duidelijk waar het wel of niet veilig is.

4.2 Aanplemping

Omschrijving	Dempen en met de vaste grond gelijk maken van een deel van een waterloop. Meestal op een ondiepte zoals een uiterwaard of een zandplaat.
Fysieke vorm	Verhoogde uiterwaarden of slib/zandplaat aan de waterzijde van een dijk.
Bestuurlijke aspecten	Buitendijks gebied met speciale regelingen. Voordeel van deze maatregel: mogelijkheid een gebied stapsgewijs te ontwikkelen. Nadeel: niet ophoogbaar als de norm wordt aangepast.
Voorbeeld	Oude en nieuwe havengebieden van Amsterdam, Rotterdam en Drechtsteden.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

De aanplemping zoals die hier is omschreven (buitendijks aanplempen) is in het kader van het beleid 'Ruimte voor de Rivier' voor het rivierengebied niet echt een optie. Vreemd genoeg liggen hier binnendijks wel degelijk mogelijkheden. De hoogheemraadschappen van Delfland en dat

van Schieland en de Krimpenerwaard hebben een bouwbeleid waarin binnendijkse bebouwing op de boezemkades mogelijk is, mits er sprake is van 'aanheling' (het gebouw en het terrein tussen de boezem en het gebouw bevinden zich boven maatgevend boezempeil).

Een andere vorm van 'aanplemping' (maar zo mag je dit niet noemen) is het idee dat er in het bouwbeleid van waterschappen duidelijke grenzen worden gesteld aan waar bebouwing wel of niet gewenst is. In een duurzaam bouwbeleid wordt de huidige (beperkende) plaats en aanlegniveau van een bestaand gebouw verruild voor de plaats en de hoogte waar dit geen beperkingen oplevert ten aanzien van toekomstige dijkversterking. Als dit bouwbeleid 50 jaar in werking is dan zijn er ook weinig beperkingen voor een toekomstige dijkversterking.

Voor wat betreft merengebied, estuaria en kustdijken is buitendijkse 'aanplemping' mogelijk een aantrekkelijke optie om waterveiligheid te combineren met natuurontwikkeling. In het Delft Cluster onderzoek naar Wetlands in het IJsselmeer wordt specifiek gekeken hoe deze beide functies elkaar optimaal kunnen versterken.

Aandachtspunten

- Hoog voorland is zeer gunstig voor belasting op waterkeringen – verhoogt de veiligheid achter de dijk;
- Verhoogt veiligheid vooral in verband met piping;
- Niet ophoogbaar als de norm wordt aangepast;
- Bij extreem hoog water wordt de doorstroming van de rivier belemmerd
- In combinatie met risicodifferentiatie (hoog overstromingsrisico's, bijvoorbeeld wel bedrijventerreinen met kantoren, niet met chemische opslag)

4.3 Kunstmatig eiland

Omschrijving	Een opvulling met land in het water. Ligt los van de oever in permanent water (in tegenstelling tot een terp).
Fysieke vorm	Grotere aaneengesloten kunstmatige ophoging tot boven de waterspiegel, in een rivier of meer (permanent watervoerend). Het profiel en de omvang van de eilanden is afhankelijk van de water- en stedenbouwkundige opgave.
Bestuurlijke aspecten	Zie: aanplemping.
Voorbeeld	IJburg: opgehoogde zandplaten waardoor eilanden ontstaan.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Het idee van een kunstmatig eiland of polder (in de vorm van een tulp of anderszins) is zeer actueel. Hoewel zeer interessant (en veel kennisvragen met zich meebrengt) is dit niet relevant voor het rivierengebied.

Aandachtspunten

- Na aanleg en bebouwing weinig flexibele oplossing: overdimensionering in het licht van onzekerheid in voorspellingen en onzekere klimaatveranderingen is nodig, maar gemakkelijk te realiseren;
- In de rivieren weinig nieuwe mogelijkheden. Ruimte voor de Rivier is het devies.

4.4 Maaiveldverhoging

Omschrijving	Kunstmatige ophoging van het bestaande maaiveld. Dat kan zowel voor als achter de dijk zijn.
Fysieke vorm	Een verhoging van het (doorgaans droge) maaiveld. Het profiel kan plat of geterrasseerd zijn, afhankelijk van de water- en stedenbouwkundige opgave.
Bestuurlijke aspecten	Heeft gevolgen voor grondwaterbeheer. Nadeel: niet flexibel, moeilijk ophoogbaar als de norm wordt aangepast.

Voorbeeld	Masterplan Waterstad Westergouwe: nieuwbouwwoningen op opgehoogd, geterrasseerd maaiveld.
-----------	---

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Naast zeespiegelrijzing is bodemdaling in grote delen van Nederland een even groot probleem. Met name in veenweide-gebieden daalt de bodem ten minste even snel als de zeespiegel stijgt. Er zijn diverse ideeën om dit proces te vertragen of zelfs om te keren.

Aandachtspunten

- niet flexibel te verhogen na bebouwing: investeren in de (verre) toekomst is aan te raden;
- techniek van het ophogen is goed bekend, dat doen we al jaren;
- voldoende aandacht voor bouwrijp maken in West-Nederland in verband met (rest)zettingen;
- zijn er problemen te verwachten met rioleringen en waterleidingen bij dit soort wijken?
- Afweging integraal ophogen versus nabij waterkering ophogen;
- Kansen voor toepassen minder hoogwaardige materialen?
- Mogelijkheden voor beperken van bodemdaling in veenweide-gebieden nader onderzoeken.

4.5 Terp (of wierde, vliedberg)

Omschrijving	Kunstmatig opgeworpen heuvel boven het hoogste vloedniveau, voor bewoning of als vluchtplaats bij overstroming in gebruik. Een terp ligt in principe in buitendijks gebied. (Speciaal geval van maaiveldophoging (par. 4.4) en vluchtplaats (par. 9.1)).
Fysieke vorm	Historische ophoging met een huis, boerderij, kerk of klein dorp in gebieden die regelmatig onder water lopen, door getijdenwerking en hoogwaterpieken. In het noordelijk en zuidwestelijk zeeleigebied en langs de Nederlandse rivieren.
Bestuurlijke aspecten	Nadeel van deze maatregel: moeilijk aanpasbaar als de norm wordt aangepast.
Voorbeeld	Overdiepse Polder: bestaande boerderijen worden afgebroken en op terpen opnieuw opgebouwd.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

De historische term 'vliedberg' geeft aan dat dit een vluchtheuvel is in tijden van overstroming. Dit kan een fysieke verhoging in grond zijn, maar er zijn ook gedachten dat er gebouwen hiervoor geschikt gemaakt kunnen worden. Zo was het football-stadion in New Orleans gedacht als een orkaanbestendige vluchtplaats voor achterblijvers.

Aandachtspunten

- weinig flexibel na bebouwing, robuust aanleggen;
- erosiebestendigheid van de terpen garanderen;
- kansen voor toepassen baggerspecie e.d.

4.6 Bouwen op palen

Omschrijving	Constructies op palen, waarvan het kunstmatige 'maaiveld' boven overstromingsniveau ligt.
Fysieke vorm	Gebouwen, wegen, spoorlijnen, enzovoorts. In tegenstelling tot een maaiveldophoging vergt dit geen ruimte voor water en is daardoor goed te combineren met waterberging.
Bestuurlijke aspecten	Nog niet duidelijk wat de relatie tot huidige normen is. Regeling nodig voor landgebruik onder gebouw.
Voorbeeld	Yokohama (Japan): het Yokohama Sport Stadion staat op palen in een

	gebied dat gebruikt wordt voor waterberging.
--	--

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

In [WINN, 2007] zijn inspiratiebeelden gegeven. De kern van de zaak is dat wonen in buitendijks gebied of in overstromingsgevoelig gebied mogelijk is indien de woonvorm daarop aangepast wordt. Daarvan worden in [WINN, 2007] legio voorbeelden genoemd.

De oplossing als zodanig levert geen bijdrage aan de waterveiligheid van de 'beschermde gebieden' achter de waterkering, maar vergroten vooral de ontwerpvrijheid om wonen en veiligheid mogelijk te maken.

Aandachtspunten

- erosie/ ontgronding rond de palen en het effect op de veiligheid van het gebouw;
- ontwerpmethodiek en ontwerptools voor incidenteel door (onbekende) waterstroming belaste palen is nog onduidelijk

4.7 Ophogen woonwijken

Omschrijving	Bij aanleg of grootschalige renovatie van woonwijken is het aanlegniveau hiervan een belangrijk sturelement in relatie tot de gevolgen van een overstroming.
Fysieke vorm	Verhoogd aanlegniveau van een groter woongebied.
Bestuurlijke aspecten	Gemeenten, provincie en waterschap moeten hier afspraken over maken.
Voorbeeld	Zuidplaspolder: er is sprake van gedeelten van de woonwijken die met het oog op overstromingsrisico verhoogd worden aangelegd.

Er wordt hier een koppeling gelegd tussen ruimtelijke ordening en waterveiligheid. Het is extreem belangrijk deze koppeling te leggen, zeker waar het nieuwbouw betreft. Hiervoor zou de drie-lagen benadering vanuit de ruimtelijke ordening uitgebreid moeten worden met een 'extra' watertoets.

Er moet ook worden bekeken wat de invloed is van extra ophoging van woonwijken op zettingen van infrastructuur (wegen, leidingen) en onderhoudskosten in gebieden met een slappe ondergrond.

Aandachtspunten:

- Implementatie alleen op zeer lange duur effectief; inzet alleen bij nieuwbouw/renovatie van complete wijken;
- In gebieden met een slappe bodem zakt de bodem en is zeer frequent ophogen van straten en infrastructuur (leidingen, etcetera) noodzakelijk.

5 Berging

5.1 Natuurlijke waterbuffer

Omschrijving	Een natuurlijk meer, plas, vliet of ander boezemwater; dient als waterbuffer door piekafvoeren van regen- en/of rivierwater op te vangen.
Fysieke vorm	Meren, plassen en moerasgebieden in alle landschapstypen. Boezemwateren in de veengebieden.
Bestuurlijke aspecten	Niet wettelijk genormeerd.
Voorbeeld	Alle boezemwateren in het veengebied zoals de Friese meren en het Zuid-Hollands plassengebied.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Deze maatregel is vooral op kleine ruimtelijke schaal effectief, en zoals hier geformuleerd ook vooral van toepassing op regionaal waterbeheer, en niet op waterveiligheid langs de grote rivieren.

Aandachtspunten

- Geen geotechnische component, bij het creëren van nieuw groen kan een dubbelfunctie recreatie en waterbuffer worden overwogen.

5.2 Kunstmatige waterbuffer

Omschrijving	Kunstmatig gegraven of met kades omgeven gebied voor waterberging.
Fysieke vorm	Calamiteitenpolder, boezemwater, bekkens (bovengronds), parkeergarages (ondergronds).
Bestuurlijke aspecten	Planbestemming moet niet-compatibel gebruik uitsluiten. Anders: compensatieregeling voor gebruikers.
Voorbeeld	Ontwerp Rotterdam Waterstad 2035: voorstel voor een kunstmatig watersysteem waarin piekafvoeren worden opgevangen, water gebufferd en ingezet voor de kwaliteit voor de buitenruimte.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Ook hiervoor geldt dat dit vooral effectief is op lokale schaal ter voorkoming van wateroverlast. Een voorbeeld is de inrichting van een tijdelijke waterkering om de waterberging in de Woudse Polder (Hoogheemraadschap van Delfland) te vergroten, waarvan in Land+Water diverse artikelen zijn verschenen. Op grote schaal inundatiegebieden (noodoverloopgebieden) aanwijzen is in Nederland bestuurlijk moeilijk haalbaar gebleken. Alleen de Beerse Overlaat is op dit moment nog als ruimtelijke reservering gehandhaafd.

Verder wordt ook nogal eens gesuggereerd dat het inrichten van waterretentiegebieden in Duitsland gunstig uit kan pakken voor de Nederlandse situatie. In [Kwadijk, 2007] wordt hier echter afstand van genomen. Waterretentie is vooral op kleinere regionale schaal effectief, en werkt vooral bij het afvlakken van niet-extreme hoogwaters, en is veel minder effectief bij extreme hoogwaters.

Aandachtspunten

- standzekerheid van kaden die slechts zelden worden belast, effect op structurering van bekleding etc.
- Effect van incidentele overstromingen op het landgebruik.
- Effectiviteit afhankelijk van moment van inzet.

5.3 Vloedvlakte/Klimaatdijk

Omschrijving	Vlakte of laagte die bij een hoge waterstand in een rivier onder water komt te staan.
Fysieke vorm	Een laagte ten opzichte van de omgeving; hoeft niet 'plat' te zijn. Combinatie met ander gebruik mogelijk: landbouw, recreatie.
Bestuurlijke aspecten	Normering bij welke peilhoogte de vloedvlakte meestroomt. Planbestemming moet niet-compatibel gebruik uitsluiten. Anders: compensatieregeling voor gebruikers.
Voorbeeld	Overdiepse Polder: door het verlagen van de bestaande dijk langs de Bergse Maas kan bij hoogwater water door de polder stromen.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007] en [WINN, 2007]

De stelling is dat Ruimte voor de Rivier maar een beperkte trendbreuk is ten aanzien van het teruggeven van ruimte aan de rivier ([Lagendijk, 2007]). Dat is begrijpelijk gezien de doelstellingen van Ruimte voor de Rivier (16.000 kubieke meter water per seconde in 2015). Maar het is zinvol om de tijd tot 2015 (waarin we volop bezig zijn met waterveiligheid in Ruimte voor Rivier en de huidige dijken in het Hoogwaterbeschermingsprogramma) te benutten om de tijdshorizon te verleggen naar 2050 (18.000 kubieke meter water per seconde?) om voorbereid te zijn op de serieuze keuzen en beslissingen die op ons af komen. Daar speelt de ruimtelijke component zeker een rol in, en zijn pijnlijke beslissingen nodig. Dat vraagt lef en een lange termijn visie.

Door Rijkswaterstaat, WINN, wordt hier de Klimaatdijk als optie ingebracht. De Klimaatdijk is een (lage) dijk op behoorlijke afstand van de huidige winterdijk. Als de winterdijk te laag is of bezwijkt dan stroomt een groot gebied onder, maar omdat dit gebied groot is de inundatiediepte van dit gebied beperkt. Het gebied tussen de winterdijk en de Klimaatdijk moet erop zijn ingericht dat de schade door overstroming beperkt blijft. Het gebied achter de Klimaatdijk geniet een grote mate van veiligheid.

Aandachtspunten

- standzekerheid en erosiebestendigheid van de zomer/winterdijk gewaarborgd zodat vloedvlakte niet te snel overstroomt (overlaten?)
- Effect van incidentele overstromingen op de begaanbaarheid en daarmee het landgebruik.
- Effect van een overstroming op (de kwaliteit van) het grondwater.
- Rondom de vloedvlakte zijn nieuwe waterkeringen nodig.
- Het inundatiepatroon moet niet dusdanig zijn dat er aan de bovenstroomse kant van de polder een kleine inundatiediepte is, en aan de benedenstroomse kant meters water komen te staan.

5.4 Hoogwatergeul

Omschrijving	Geleiding via een omloopkanaal. Het water wordt deels via een ander tracé naar een benedenstrooms gedeelte geleid.
Fysieke vorm	'Groene' hoogwatergeul (stroomt alleen mee bij extreem hoog peil) of 'blauwe' hoogwatergeul (permanent watervoerend). In hoogstedelijk gebied kunnen ook ondergrondse hoogwatergeulen voorkomen.
Bestuurlijke aspecten	Zie: Vloedvlakte.
Voorbeeld	Dresden: het stadsdeel Ostragehege wordt afgescheiden door een groene hoogwatergeul.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Zie ook paragraaf 5.12. De bypass bij Kampen is een ander voorbeeld. Binnen het maatregelenpakket van Ruimte voor de Rivier zijn er meerdere voorbeelden. Vaak is het effect vooral lokaal ('het water om de stad heen leiden'). Dit is een wezenlijk verschil met 'Nieuwe rivieren of kanalen' (paragraaf 5.12).

Aandachtspunten

- Ruimtebeslag en impact voor bestaande infrastructuur veel groter dan bij forse versterking primaire kering
- Bij groene hoog watergeul: betrouwbaarheid inlaatwerk
- Bij groene hoog watergeulen letten op de standzekerheid van kaden in verband met structuring klei, etc.
- Mogelijk combineren met tunnels in stedelijk gebied? Zo ja, alternatieve verkeersafwikkeling regelen.
- Bij binnenstedelijke hoogwatergeulen letten op geohydrologische effecten.

5.5 Uiterwaardvergroting (dijkteruglegging)

Omschrijving	Vergroting van het stroomoppervlak van de rivier door terugleggen van de winterdijk.
Fysieke vorm	Voormalig poldergebied wordt teruggeven aan de rivier.
Bestuurlijke aspecten	Buitendijks gebied met speciale regulering.
Voorbeeld	Nijmegen: bij Lent wordt de dijk verlegd waardoor een nieuwe watervoerende geul ontstaat.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Zie paragraaf 5.3. Misschien is de term 'vloedvlakte' eerder van toepassing langs de estuaria, en zal dit langs de rivieren 'uiterwaardvergroting' worden genoemd. Het doel van uiterwaardvergroting is om lagere waterstanden tijdens extreme hoogwaters te bewerkstelligen.

Aandachtspunten

- mechanisme piping een discussiepunt
- aanleg nieuwe dijk op maagdelijke ondergrond (uitvoeringsaspecten)
- aansluiting oude op nieuwe dijk (uitvoeringsaspecten)
- zie geotechnische risicoscan Ruimte voor de Rivier

5.6 Meestromen in de openbare ruimte

Omschrijving	Straatprofielen en oeverzones zo inrichten dat meestromen met de rivier mogelijk wordt. (Deze maatregel is ook geschikt tegen wateroverlast door oppervlaktewater).
Fysieke vorm	Pleinen, straten, kades en groengebieden (vrij van obstakels).
Bestuurlijke aspecten	Verkeersverordeningen en omleidingen. Compensatieregeling bij schade.
Voorbeeld	Dresden: verwijdering van obstakels die de doorstroming kunnen belemmeren in stadsdelen die binnen het overstromingsgebied vallen.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Deze maatregel valt in de categorie 'maatwerk'. Voor bestaande buitendijkse gebieden kan dit een aandachtspunt zijn, en nieuwe buitendijkse gebieden zouden hier aan moeten voldoen.

Aandachtspunten

- Keuze voor wegbouwkundige constructie in relatie tot incidentele hoge grondwaterstand (geen EPS of andere evenwichtsconstructies, o.a.)
- Opdrijfverschijnselen van leidingen, kelders en dergelijke.

5.7 Bewust zwakke plekken in dijkringen maken

Omschrijving	Door bij extreme omstandigheden keuzes te maken waar de zwakste plek in de waterkering zit kan het schadepatroon (en de schade) beperkt worden.
Fysieke vorm	Een overlaat op een vooraf bepaalde plaats, terwijl de overige dijken met zekerheid op sterkte zijn.
Bestuurlijke aspecten	Uitleg aan bevolking.
Voorbeeld	Geen voorbeeld. Is een nieuw concept.

Uit berekeningen van inundatieverlopen en resulterende schade is duidelijk geworden dat de plaats binnen een polder of dijkkring waar de dijkdoorbraak plaatsvindt van grote invloed is op de uiteindelijke schade. Als hier van te voren een 'zwakke plaats' voor wordt aangewezen en gedimensioneerd dan kan de gevolgschade geminimaliseerd worden, zeker als hier ook in ruimtelijke ordening en compartimentering rekening mee wordt gehouden. Dit kan, mits goed doordacht en bijvoorbeeld in combinatie met compartimentering, een zeer kansrijke strategie zijn.

Aandachtspunten:

- maatwerk, voor de ene polder wellicht wel geschikt, voor andere polders niet.
- Koppeling met gebiedsinrichting en compartimentering essentieel.

5.8 Rivier (zomerbed) verdiepen

Omschrijving	Plaatselijk verzand de rivier (benedenrivierengebied), en plaatselijk vindt erosie plaats (bovenrivierengebied). Er kan met ingrepen worden gestuurd.
Fysieke vorm	Baggeren en op diepte houden.
Bestuurlijke aspecten	Financiële consequenties (er is nu al een achterstand in baggeronderhoud).
Voorbeeld	Er is een vraag bij GeoDelft binnengekomen of binden van individuele zand- en slibdelen kan leiden tot minder erosie in het bovenrivierengebied

Bron: Ruimte voor de Rivier maatregel

Rivierregulatie is vooral het oplossingen zoeken binnen het huidige keurslijf van de rivieren. Het kan desalniettemin zinvol zijn om de opties te verkennen. In sommige delen van de bovenrivier treedt ongewenste erosie op, terwijl met name in het benedenrivierengebied onderhoudsbaggerwerk nodig is om de rivier op diepte te houden. Deze baggerspecie kan weer terug worden getransporteerd richting de bovenloop van de rivier. Er is een GeoDelft studie uitgevoerd om te onderzoeken of baggerspecie gemodificeerd (in grotere deeltjes aan elkaar kan worden 'gekit') kan worden om erosie op ongewenste plaatsen te voorkomen, en zo een eind te maken aan deze cyclus (www.smartsoils.nl).

Rivierverdieping is een maatregel om maatgevende hoogwaterstanden te verlagen. Hoe effectief dit is op langere termijn is onduidelijk (er zal aanzanding optreden en onderhoudsbaggerwerk nodig zijn), terwijl er hiernaast effecten op de geohydrologie mogen worden verwacht. Op de Lek maken de geohydrologische gevolgen ([GeoDelft, 2004]) deze oplossing minder geschikt.

Aandachtspunten:

- onderzoek of binden van deeltjes door Smart Soils toepassing bruikbaar is.
- effecten op geohydrologie (kwel en waterdruk onder de dijk nemen toe).

5.9 Uiterwaarden afgraven

Omschrijving	Het doorstroomoppervlak van de rivier kan worden vergroot door uiterwaarden af te graven.
Fysieke vorm	Lagere uiterwaarden.
Bestuurlijke aspecten	'Vergraven' van uiterwaarden kan tot meerwaarde leiden in plaats van degradatie van de waarde van het land (landgebruik, recreatie, natuur).
Voorbeeld	Crezeepolder (H.I. Ambacht).

Bron: *Ruimte voor de Rivier maatregel*

Uiterwaarden hebben veelal een landbouwkundige bestemming, aangezien er door regelmatige overstroming weinig permanente gebruiksfuncties aantrekkelijk zijn. Uiterwaardverlaging zal op de landbouwkundige functies nadelig uit kunnen werken. Dat is een nadeel. Een voordeel is dat andere functies (recreatie en natuurontwikkeling, amfibische bewoning) aantrekkelijker kunnen worden.

Bij uiterwaardvergraving moet ook aandacht worden besteed aan de veranderde geohydrologische situatie voor, onder en achter de dijk. Er is een project geweest waarbij het uitgangspunt was om dijkversterking te voorkomen door buitendijks af te graven. Dit had echter een dusdanig nadelig effect op de waterspanningen en stijghoogtes onder en achter de dijk dat er vervolgens een stabiliteits- en pipingberm nodig bleek om de waterkering te laten voldoen aan de eisen. Enig maatwerk is dus wel nodig.

Een bijzondere vorm van uiterwaardverlaging is het graven van zandwinputten in de uiterwaarden (winnen van primaire grondstoffen als zand en grind). Dit levert geld op. Eventueel kan de put later weer worden volgestort met niet bruikbaar materiaal uit andere Ruimte voor de Rivier maatregelen. Ook dit kan nadelige geohydrologische effecten met zich meebrengen. Tenminste bij één buitendijkse zandwinning is sprake van toegenomen kwel bij de binnendijkse bebouwing. In maatgevende condities kan dit ernstigere consequenties ten aanzien van de waterkering hebben.

Zie ook [GeoDelft, 2004].

Aandachtspunten:

- geohydrologische effecten (kwel en stabiliteit waterkering).
- Inundatiediepte van de uiterwaard neemt, dit kan gevolgen hebben voor inrichting (geen vaste objecten) maar ook voor erosie (grotere diepte geeft grotere stroomsnelheid).

5.10 Obstakels weghalen

Omschrijving	Binnen het doorstroomprofiel van de rivier kunnen zich allerlei obstakels bevinden. Denk aan woningbouw, steenfabrieken, kribben, grienden, veerstoepen, etcetera. Indien deze worden verwijderd neemt het doorstroomprofiel van de rivier toe, met lagere waterstanden als gevolg.
Fysieke vorm	Verwijderen obstakels, verlagen van kribben.
Bestuurlijke aspecten	Eigendomsrechten buitendijkse obstakels.
Voorbeeld	Kribben verlagen in Ruimte voor de Rivier.

Bron: *Ruimte voor de Rivier maatregel*

Er is weinig toelichting nodig. Verwijderen van obstakels leidt tot een betere doorstroming. Bovenstrooms leidt dit tot verlaging van de waterstanden bij hoogwaters, benedenstrooms kan het effect wellicht minder gunstig zijn. Een studie of dit per saldo altijd gunstig is het team niet bekend.

Zie ook [GeoDelft, 2004].

5.11 Afvoerverdeling aanpassen

Omschrijving	Er is sprake van een (gereguleerde) afvoerverdeling tussen de IJssel en de Rijntakken. Bij een toenemende rivierafvoer kan het voordelen bieden om relatief meer water af te voeren via de IJssel, en relatief minder langs de benedenrivieren van de Rijn.
Fysieke vorm	Aanpassen splitsingspunt.
Bestuurlijke aspecten	Bovenregionale belangen (benedenrivierengebied versus IJsselgebied).
Voorbeeld	In het verleden is het huidige splitsingspunt ontworpen en gebouwd.

Bron: [Winn, 2007]

Vooraf het benedenrivierengebied is langs de dijken druk bebouwd en economisch van groot belang (met name langs de Lek). Hierdoor zijn er nauwelijks ruimtelijke maatregelen mogelijk om hogere waterstanden te kunnen keren. Langs de Waal en de IJssel zijn deze mogelijkheden groter. Het kan daarom een overweging zijn om bij een hogere maatgevende afvoer meer water richting de Waal en/of de IJssel te leiden en niet richting de Lek. Door Rijkswaterstaat, WINN, is dit idee geopperd.

Aandachtspunten:

- Wellicht zijn er benedenstrooms nog andere mogelijkheden om water meer richting de zuidelijke delta te leiden en minder richting de randstad.
- Dit soort ingrepen heeft grote consequenties die goed onderzocht moeten worden.

5.12 Nieuwe rivieren of kanalen

Omschrijving	Een verbeterde waterafvoer kan worden gerealiseerd door nieuwe rivieren of kanalen te graven.
Fysieke vorm	Graven van een nieuwe waterloop met aan weerszijden een waterkering.
Bestuurlijke aspecten	Ruimtegebruik, uitleg aan bevolking.
Voorbeeld	Pannerdensch kanaal.

In het verleden zijn meerdere kanalen en nieuwe waterwegen gegraven (en ook waterlopen afgedamd, zie paragraaf 3.2) om de waterafvoer en de scheepvaart te verbeteren. Veelal waren hier vooral economische motieven voor, maar het verdient veel eerbied dat er ondanks de beperkte kennis vaak effectieve oplossingen zijn gevonden door onze voorouders. En deze ingrepen vergden enorme investeringen. Denk aan de Nieuwe Merwede, de Nieuwe Waterweg, diverse kanalen, etcetera. Nederland is mede door deze ondernemingskracht en visies vormgegeven. Een serieuze studie naar nieuwe mogelijkheden zou (gegeven de toegenomen kennis en voorspellingskracht) interessante opties op kunnen leveren. Het is 'out-of-the-box' denken waar we tegenwoordig vooral de 'beren op de weg' en de praktische bezwaren zien. Maar onze voorouders konden het wel! Zit Nederland op slot met procedures en bestuurslagen?

Aandachtspunten:

- Wellicht zijn er benedenstrooms nog andere mogelijkheden om water meer richting de zuidelijke delta te leiden en minder richting de randstad.
- Dit soort ingrepen heeft grote consequenties die goed onderzocht moeten worden.

5.13 Bewust inundatiepolders maken

Omschrijving	In inundatiepolders wordt rekening gehouden met het mogelijk
--------------	--

	onderstromen van het gebied. Dit vraagt aanpassingen in het gebied zelf. Tegelijkertijd wordt de veiligheid in andere dijkkringgebieden verhoogd.
Fysieke vorm	Overlaatconstructies die bij een bepaalde waterstand gecontroleerd overstromen.
Bestuurlijke aspecten	Gebiedsinrichting en beperkingen aan ruimtegebruik.
Voorbeeld	Geen voorbeeld, of het moet de Beerse overlaat zijn.

Het idee van noodoverloopgebieden is vanwege bestuurlijke weerstand gestrand. Er zijn ook enorme consequenties voor gebieden die als noodoverloopgebied zouden zijn aangewezen. Het is begrijpelijk dat hier de handen niet voor op elkaar gaan.

Een even reële constatering is dat er bij extreme omstandigheden een keuze gemaakt zal moeten worden tussen: "laten we polder x of polder y onderstromen?". Dit kan maar beter een onderbouwde keuze zijn, omdat in een inundatiepolder allerhande mogelijkheden zijn om de gevolgen van overstroming te beperken (zie tal van andere ideeën). Er moet dan echter wel serieus met de inrichting van deze gebieden worden omgegaan (een proces van tientallen jaren) en er moet serieus studie worden gedaan naar de effectiviteit van de inzet van gebieden als inundatiepolder. Overigens zijn uit 1953 voldoende verhalen bekend waarbij een dijkdoorbraak ternauwernood werd voorkomen doordat "plots de waterstand daalde". Dat betekende dat er ergens anders een dijkdoorbraak was en een polder onderliep.

Aandachtspunten:

- er moet vooraf voldoende bestudeerd worden wat de consequenties van verschillende keuzes zijn als er in noodsituaties verantwoord deze keuzes gemaakt moeten worden. Hoewel de optie 'noodoverloopgebieden' bestuurlijk geen draagvlak heeft kan deze keuze wel aan de orde komen in extreem dreigende situaties. Het is bestuurlijk ook geen optie om maar iets te doen wat achteraf niet de juiste keuze was.

6 Aanpassingen aan het individuele gebouw

6.1 Tijdelijke bouwkundige aanpassingen

Omschrijving	Aanvullingen aan een gebouw die tijdelijk bescherming bieden.
Fysieke vorm	(1) Waterkering: aanvullende, mobiele delen (vloeddeuren of keerwanden). (2) Gebouw: waterdichte delen die voor de openingen geplaatst kunnen worden.
Bestuurlijke aspecten	Gemeentelijke en/of provinciale verordeningen; organiseren van het aanbrengen van aanpassingen.
Voorbeeld	Kampen: de primaire waterkering heeft op 84 plaatsen losse onderdelen die bij hoogwater worden geplaatst.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Bij stedelijke kernen is nu al vaak sprake van maatwerk (uitgekiend ontwerpen waarbij de marges in de veiligheid tot het uiterste worden benut). Eén zorgpunt is of dit op termijn een houdbare strategie is in het zicht van nog hogere waterstanden. Kun je bij een volgende ronde dijkversterking nóg een keer dwars door de binnenstad van Kampen of door de Voorstraat van Dordrecht?

Aandachtspunten

- Voorkomen erosie bij fundering op staal gefundeerde gebouwen
- Bestendigheid metselwerk tegen golfbelasting./ belasting door drijvende objecten
- Doel van de waterdichte delen, om te zorgen dat water in het gebouw blijft of te voorkomen dat er water het gebouw in komt?

6.2 Permanente bouwkundige aanpassingen

Omschrijving	Aanvullingen aan een bouwwerk, die permanent bescherming bieden.
Fysieke vorm	(Hoge) gebouwen met stevige bouwwijze, goede verankering in de bodem, waterdichte kelders, hooggelegen entrees, enzovoorts.
Bestuurlijke aspecten	Gemeentelijke of provinciale verordeningen, of via het Bouwbesluit. Vrijwillige aanpassingen: overheid moet informatie verschaffen. Eventueel: premiekorting bij waterverzekering.
Voorbeeld	Hamburg/Hafen City: nieuwbouwwoningen worden waterdicht gebouwd met schuiven voor openingen van de begane grond en kelders.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Dit lijkt op 'gebouw als waterkering' (paragraaf 3.8). Bedoeld wordt echter waarschijnlijk niet dat de bouwkundige aanpassingen een waterkerende functie hebben, maar voorkomen dat de bebouwing schade ondervindt als gevolg van water. Het is een gevolgbeperkende maatregel, waardoor het mogelijk is toch op en nabij de waterkering of buitendijks te wonen.

Aandachtspunten

- Welke funderingstypen komen in aanmerking?
- Welke krachten komen er door stroming en golven op gebouwen en welke bouwwijze is nodig om te kunnen spreken van vloedbestendig bouwen?

6.3 Demontabele en tijdelijke bebouwing

Omschrijving	
Fysieke vorm	Strandtenten, porto cabins, wegwerpgebouwen, enzovoorts.

Bestuurlijke aspecten	Gemeentelijke of provinciale verordeningen. Kostendrager schade (zie paragraaf 8.3) is particulier.
Voorbeeld	Strandpaviljoens langs de Nederlandse kust. Ontwerp catamaranstad/ 2 ^e Architectuurbiënnale in Rotterdam (2005): catamarans vormen een drijvend dorp op een zandbank voor Goeree

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Geen waterkerende functie.

Aandachtspunten

- Nabij groene dijken: voorzorgsmaatregelen om te voorkomen dat (delen van) de bebouwing tegen de bekleding slaan.

7 Meebewegen met water

7.1 Boten

Omschrijving	Zijn in staat zichzelf voort te bewegen. Zijn aan land verbonden met touwen aan een steiger/ponton of rechtstreeks aan een keerwand of oever.
Fysieke vorm	Woning (huisboot), restaurant, hotel, zwembad, gevangenis, varkensschuur, enzovoorts.
Bestuurlijke aspecten	Vallen buiten het Bouwbesluit en de Woningwet. Zijn roerend goed. Extra voorschriften omtrent gebruik, enzovoorts op basis van gemeentelijke regelgeving.
Voorbeeld	Woonboten/huisboten in Nederland.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Geen waterkerende functie.

Aandachtspunten

- Nabij groene dijken: voorzorgsmaatregelen om te voorkomen dat losgeslagen boten tegen de bekleding slaan.

7.2 Drijvende gebouwen

Omschrijving	Zijn aan het land verbonden met palen of touwen via een steiger/ponton of rechtstreeks aan een keerwand of oever. Zijn soms nog verplaatsbaar.
Fysieke vorm	Lichte gebouwen: watervilla's, kassen, restaurants, geschakelde woningen, veerstations, enzovoorts.
Bestuurlijke aspecten	Juridische status nog onduidelijk. Is het een roerend of een onroerend goed? Vallen ze onder de Woningwet? Zie www.lwoorg.nl , waterwoningen. Extra voorschriften omtrent gebruik, enzovoorts op basis van gemeentelijke regelgeving.
Voorbeeld	IJburg: op het Steigereiland ontstaat een drijvende woonwijk in een kunstmatige plas, die tegelijkertijd dient als berging voor oppervlaktewater.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Geen waterkerende functie.

Aandachtspunten

- geen bijzondere geotechnische component, behalve de aanlanding.
- Nabij groene dijken: voorzorgsmaatregelen om te voorkomen dat (delen van) gebouwen tegen de bekleding slaan.

7.3 Amfibische gebouwen

Omschrijving	Liggen normaal op het maaiveld en komen met het water mee omhoog bij extreme waterstanden. Zijn niet verplaatsbaar.
Fysieke vorm	Lichte gebouwen geplaatst op drijvers. Kunnen woongebouwen zijn, maar ook kassen.
Bestuurlijke aspecten	Zie: Drijvende gebouwen.
Voorbeeld	Maasbommel: recreatiegebied met drijvende en amfibische gebouwen

	in het buitengedijkte gebied van de Maas.
--	---

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Geen waterkerende functie.

Aandachtspunten

- geen bijzondere geotechnische component

7.4 Pontons

Omschrijving	Drijvende 'aanlegplaatsen' in havens, rivieren, enzovoorts, bestaande uit een of meer onderling gekoppelde, dichte bakken, waarover een (houten) dek is gelegd.
Fysieke vorm	Op een ponton kan een gebouw worden geplaatst, of het kan dienen als openbare ruimte in een (drijvend) dorp.
Bestuurlijke aspecten	Juridische status nog onduidelijk. Bestuurlijke aspecten hangen af van de functie waarvoor het ponton gebruikt wordt.
Voorbeeld	Ontwerp Getijdestad/2 ^e Architectuurbiënnale in Rotterdam (2005): de Getijdestad is een amfibisch/drijvend stadje in het zuidwestelijke estuarium. De woningen en voorzieningen staan op drijvende platformen van verschillende omvang.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Geen waterkerende functie.

Aandachtspunten

- geen bijzondere geotechnische component
- Nabij groene dijken: voorzorgsmaatregelen om te voorkomen dat losgeslagen ponton tegen de bekleding slaat.

8 Regelgeving

8.1 Voorschriften

Omschrijving	Wettelijke voorschriften voor het gebruik (bepaalde activiteiten of functies worden uitgesloten), de bouwwijze en het handelen in een crisissituatie van een gebied (1) of een gebouw (2).
Fysieke vorm	Bijvoorbeeld 'geen permanente bewoning toegestaan' of 'uitsluitend als weidegrond in gebruik'. Ook bijzondere eisen aan het gebouw zelf horen hierbij (vergelijk Gebouw als kering (par. 3.8)).
Bestuurlijke aspecten	Verordening of voorwaarden voor vergunning; in beide gevallen controle op naleving noodzakelijk.
Voorbeeld	Overdiepse Polder: het gebruik van het overstromingsgebied als weidegrond is toegestaan.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Regelgeving en bestuurlijke aspecten spelen in veel van de maatregelen een belangrijke rol. Veelal is die rol beperkend. De bedoeling is wel om de regelgeving uit te dagen om mee te denken in mogelijke oplossingsrichtingen. Vaak zijn de maatregelen gevolgenbeperkend.

8.2 Risicozonering

Omschrijving	Het wettelijk instellen van risicozones waar bepaalde regulering van kracht is.
Fysieke vorm	Niet van toepassing.
Bestuurlijke aspecten	Communicatie naar burgers essentieel.
Voorbeeld	Hamburg: risicozonering van de binnenstad en de havengebieden in <i>Sichere Gebiete, Warnbereiche en Evakuierungsgebiete</i> .

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Hieronder kun je ook verstaan dat er onderscheid gemaakt wordt tussen 'evacueerbare gebieden' en 'niet-evacueerbare gebieden'. Gebieden langs de kust zijn vanwege de korte waarschuwingsduur lastig evacueerbaar. Centraal Holland is niet-evacueerbaar zonder dat er een complete chaos op de wegen ontstaat. In het bovenrivierengebied is de bewoningsdruk minder en de waarschuwingstijd langer. Hier kun je evacueren en daar evacuatieplannen voor maken en oefeningen houden om dat op een gestructureerde manier te laten verlopen. Dit vergroot ook het hoogwaterbewustzijn.

Een ander type risicozonering is op basis van inundatiediepte. Van oost naar west lopen de meeste polders naar beneden af. Nieuwbouwwijken zou je dan bij voorkeur in de delen van de polder met de kleinste inundatiediepte moeten plannen.

8.3 Kostendrager

Omschrijving	Bijvoorbeeld een compensatieregeling of een waterverzekering. Kosten worden gedragen door overheid en/of verzekering en/of particulier.
Fysieke vorm	Niet van toepassing.
Bestuurlijke aspecten	Kostendragerregelingen geven mogelijkheden tot sturing in de ruimtelijke ordening. Aansluiting bij risicozonering.
Voorbeeld	New Orleans: verzekeren is verplicht in de <i>Special Flood Hazard Areas</i> .

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Dit punt gaat over verzekeraarbaarheid of vergoeding van waterschade. In plaats van de fysieke waterveiligheid te vergroten wordt er een pot geld opgebouwd om schade na inundatie of wateroverlast te betalen. Per saldo is het denkbaar dat dit goedkoper is. Of het ook is uit te leggen aan de bevolking is een andere vraag.

8.4 Veiligheidsnormen verhogen

Omschrijving	De geïnvesteerde waarde in de polders en het aantal inwoners is sterk gestegen sinds het moment waarop de huidige veiligheidsnormen zijn vastgesteld. In principe zou toegenomen economische waarde en bevolking moeten leiden tot strengere veiligheidsnormen.
Fysieke vorm	Dijkversterkingen en/of ruimtelijke maatregelen om een hoger veiligheidsniveau te realiseren.
Bestuurlijke aspecten	Betaalbaarheid.
Voorbeeld	Na 1953 is gekozen voor een aanzienlijk hoger veiligheidsniveau. Dat ging gepaard met enorme investeringen.

Bron: RBSO

Normering is een politieke keuze tussen wenselijk en betaalbaar veiligheidsniveau. Het is voorstelbaar dat uit een technische analyse zou volgen dat een hoger veiligheidsniveau wenselijk is, maar dat heeft enorme economische en fysieke consequenties. De vraag of het huidige veiligheidsniveau voldoende is wordt onderzocht in Waterveiligheid 21^e eeuw.

In de RBSO studie wordt geconcludeerd dat integraal normen verhogen weliswaar effectief is om een hogere veiligheid te bieden, maar economisch niet of nauwelijks rendabel zal zijn. Het gericht aanpakken van de zwakste schakels in een dijkkring is dat mogelijk wel.

8.5 Differentiatie van veiligheidsniveau

Omschrijving	Naarmate de gevolgen van overstroming beter berekend kunnen worden kun je ook de differentiatie van veiligheidsniveau beter invullen.
Fysieke vorm	Dijkversterking of ruimtelijke maatregelen in gebieden waar de veiligheidsnorm wordt verhoogd.
Bestuurlijke aspecten	Uitleg aan bevolking. Betaalbaarheid.
Voorbeeld	Huidige normering gaat ook uit van dit principe.

In de studie 'Risico's in bedijkte termen' [RIVM, 2004] is duidelijk aangetoond dat beoogd risiconiveau en werkelijk risiconiveau niet met elkaar overeenstemmen. De differentiatie van veiligheidsniveau's is toe aan een herijking. Ook dit aspect wordt meegenomen in de studie Waterveiligheid 21^e eeuw.

8.6 Internationalisatie

Omschrijving	Afspraken maken met buurlanden.
Fysieke vorm	Principe van 'niet-afwentelen' van waterveiligheidsproblemen op buurlanden, Kaderrichtlijn Hoogwater.
Bestuurlijke aspecten	Internationale afstemming.
Voorbeeld	Overleg grensoverschrijdende dijkkringen.

Bron: RBSO

Overleg en afstemming is uiteraard altijd goed. Uit [Kwadijk, 2007] blijkt overigens wel dat retentiegebieden in Duitsland een beperkte (regionale) werking hebben en vooral effectief zijn bij 'gemiddelde' hoogwaters en minder bij extreme afvoeren. Ook de RBSO studie concludeert dat er nauwelijks perspectief is op effectieve maatregelen in het buitenland.

Onderzocht zou moeten worden wat fysiek de maximale hoeveelheid water is die Nederland binnen kan stromen gegeven de huidige staat van de waterkeringen in Duitsland. Daarna is de afspraak dat Duitsland in principe niet een hoger veiligheidsniveau mag gaan hanteren als dat betekent dat er meer water richting Nederland zou stromen, maar of dat houdbaar is als er een keer grootschalige overstromingen in Duitsland hebben plaatsgevonden is een open vraag.

9 Evacuatie

9.1 Vluchtplaatsen (in het overstromde gebied)

Omschrijving	Een potentieel overstromingsgebied wordt voorzien van hogere (verzamel)plekken. Dit kan zowel in de buitenruimte zijn (vliedberg) als in een gebouw.
Fysieke vorm	Natuurlijke hoogten, kunstmatig opgeworpen heuvels, wallen, platvormen, platte daken van gebouwen, enzovoorts.
Bestuurlijke aspecten	Aanwijzen en bouwen van vluchtplaatsen; regelen van vervoer naar vluchtplaatsen; ordehandhaving en voorzieningen in de vluchtplaats.
Voorbeeld	Hamburg: opgeworpen vluchtplaatsen in laaggelegen havengebieden.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Vluchtplaatsen zijn een concept dat in de tijd dat de bevolkingsdichtheid van Nederland erg laag was goed functioneerde. In de huidige tijd moet je echter al snel denken dat er bijvoorbeeld 20.000 mensen staan te dringen. Daar moet je nog eens goed over na denken. Het is dan weinig plausibel dat dit in de vorm van (nieuw aan te leggen) terpen boven inundatieniveau zal gebeuren. In de buitenruimte mensen bergen lijkt ook geen goed idee. Dat is mogelijk in New Orleans waar de mensen met korte mouwen rondliepen, maar niet als het vriest en waait en er moet 48 uur worden gewacht op hulp.

In New Orleans werden mensen opgevangen in een groot football-stadium dat was ingericht als hurricane shelter. Uit deze ervaring kun je leren dat het opvangen van mensen in een groot gebouw (bijvoorbeeld een voetbalstadion) goed kan werken als de duur kort is. Duurt het langer dan moet er van alles zijn geregeld, zoals voedsel en watervoorziening, sanitaire voorzieningen, hulpverlening en orde-handhaving.

Als in Nederland nieuwe stadions of sporthallen worden gebouwd zou dat op een hoogwatervrij niveau kunnen.

Aandachtspunten

- geen bijzondere geotechnische component

9.2 Vluchtwegen (uit het overstromde gebied)

Omschrijving	In een gebied worden vluchtroutes naar veilige vluchtplaatsen en/of vluchtwegen aangelegd.
Fysieke vorm	Wegen op dijken of palen die boven het overstromingspeil liggen, wegen die gaan drijven bij extreme peilen; bouwblok met onderling verbonden daken, enzovoorts.
Bestuurlijke aspecten	Aanwijzen van bepaalde wegen als evacuatieleroute; verkeersmanagement.
Voorbeeld	Hamburg: een hooggelegen voetgangers- en brandweerroute verbindt het havengebied HafenCity met de overstromingsveilige binnenstad.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Er is al eens gekeken naar het functioneren van aarden banen en spoorwegen als waterkering bij overstroming. Eveneens in Delft Cluster kader is gekeken naar de gevolgen van overstromende wegen in Bangladesh. Tenslotte vindt er onderzoek plaats naar de 'overstroombare weg'.

Aandachtspunten:

- begaanbaarheid van wegen bij zeer hoge (maar lager dan de kruin) waterstanden: veilig om over te vluchten.
- hoogte en standzekerheid van weglichamen bij overstroming van het gebied waarin ze liggen. Veiligheidsfilosofie: waterkerend of waterremmend?
- Voldoende waterremmend om iedereen in veiligheid te brengen?
- Begaanbaarheid van wegen bij overstroming van de wegen. Niet alleen paaltjes plaatsen om de weg te vinden maar ook zorgen dat de wegconstructie niet onbegaanbaar wordt door afschuiven, scheuren, kuilen etc.

10 Communicatie

10.1 Crisiscommunicatie

Omschrijving	Communicatie van tevoren (preparatie) en tijdens (respons) de calamiteit. Informeren over vluchtwegen en vluchtplaatsen. Routes worden ter plekke aangegeven.
Fysieke vorm	Bewijzing van een risicogebied, folders.
Bestuurlijke aspecten	Goede actualisering van informatie tijdens preparatie.
Voorbeeld	Hamburg: de bewoners worden elk jaar met folders geïnformeerd over het gevaar en een mogelijke evacuatie in hun specifieke buurt.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Crisiscommunicatie is een zeer breed begrip. Communicatie tijdens calamiteiten zal moeilijk blijken. Je kunt wel goed voorbereid zijn en in het voorkomen van dreigende calamiteiten (dijkwacht, de juiste noodmaatregelen) is veel te bereiken. Ervaringen in 1993 en 1995 hebben geleerd dat het cruciaal is de juiste informatie snel ter beschikking te hebben. Er wordt ook druk gewerkt aan Hoogwater informatie systemen (HIS, NOAH, FLIWAS). Bij GeoDelft wordt hier voor de sterkte van dijken op aangesloten met DAM (Dijk Analyse Module). In IJKDIJK wordt gekeken of het mogelijk is dijken te monitoren en bezwijken van een dijk vroegtijdig te kunnen constateren. Een concept voor de toekomst waarin al dit soort ontwikkelingen samen moeten komen is de 'Flood Control Room 2015'.

Aandachtspunten:

- Vooralsnog ontbreekt een goed ondergrondmodel en derhalve ook inzicht in zwakke plekken
- Locatie dijkdoorbraak doorgaans niet op voorhand te voorspellen
- Robuustheid evacuatieplan: evacuateroutes mogen niet onbegaanbaar worden als de ramp zich niet volgens plan voltrekt.

10.2 Risicokaarten

Omschrijving	Een zoneringskaart waarop de overstromingsrisico's in verschillende categorieën (van gevaar) zijn weergegeven.
Fysieke vorm	Niet van toepassing.
Bestuurlijke aspecten	Actief of passief verspreiden. Raakt aan de verantwoordelijkheidsverdeling tussen overheid en burger: kan de burger verantwoordelijk worden geacht als hij geïnformeerd is?
Voorbeeld	Dresden: <i>Gefahrenkarte</i> met gevarenezoneringskaart waarin onderscheid wordt gemaakt naar overstromingskansen, diepte en snelheid van het water.

Bron: [Ruimtelijk Planbureau, 2007]

Risicokaarten zijn een hulpmiddel. Het helpt om het bewustzijn van burgers te verhogen. Inundatiescenario's worden door instanties gebruikt om betere calamiteitenplannen te kunnen maken. Risicokaarten kunnen ook een hulpmiddel zijn om waterveiligheid als sturend element in de ruimtelijke ordening te gebruiken.

Aandachtspunten

- Per postcode verschillend risico, zeker als bovenstaande maatregelen worden toegepast
- VNK geeft te zijner tijd inzicht, maar vooralsnog zonder effect van bovenstaande maatregelen

- 2 waterschappen in Limburg maken een postcode check om te kijken welke huizen een overstromingsrisico lopen. Op hun website wordt middels een animatie getoond hoe groot de kans op een overstroming is en bij welke waterstand dat gebeurt.

11 Uitproberen methode in workshop

11.1 Inleiding

Op 30 november 2007 is een workshop gehouden. Doel van de workshop was om uit te proberen of (met de in dit rapport genoemde adaptatiestrategieën in het achterhoofd) er in groepen maatregelenpakketten te bedenken zouden zijn die zicht bieden op manieren waarmee een hogere rivierafvoer veilig zou kunnen worden afgevoerd. De deelnemers kwamen van Rijkswaterstaat, WINN, Rijkswaterstaat Deltares, TNO en GeoDelft. WL|Delft Hydraulics was uitgenodigd, maar verhinderd. De deelnemers waren vooraf voorzien van twee inspiratiebronnen, te weten:

- Hoofdstuk 1 tot en met 10 van dit rapport;
- De 'kaart van Adriaan Geuze' ((Hoog)water als uitdaging, ref. [WINN, 2007]).

De 'kaart van Geuze' werd ter plekke toegelicht. Voor het rivierengebied zijn twee concepten op de kaart van bijzonder belang:

- de 'Flipper': een regelwerk in de rivier waarmee de rivierafvoer over de Rijnakken dan wel de IJsseltakken kan worden gestuurd;
- de 'Klimaatdijk': een heel eind (kilometers) achter de winterdijk ligt een volgende waterkering. Het gebied tussen de winterdijk en de klimaatdijk kan bij hoog water volstromen, maar het gebied achter de klimaatdijk is absoluut veilig.

De vraagstelling van de workshop was als volgt:

"Stel dat er in Duitsland grootschalige overstromingen hebben plaatsgevonden en er worden ondanks alle internationale afspraken plannen gemaakt om grootschalig dijken te verhogen. Er kan dan bij Lobith 18.000 m³ of zelfs meer (20.000 m³) Nederland binnen stromen. Wat voor soort maatregelen zijn plausibel om het rivierengebied én veilig én aantrekkelijk te maken?"

De deelnemers aan de workshop zijn vervolgens in twee groepen uiteengegaan. De eerste groep nam de Klimaatdijk als uitgangspunt. De tweede groep ging aan de slag met de set mogelijke maatregelen ('Ontwerpkoffer') die in hoofdstuk 3 tot en met 10 van dit rapport zijn beschreven.

11.2 Resultaten groep Klimaatdijk (van watersnood naar wateroverlast)

Door een groep mensen vanuit V&W, MNP, Unie van Waterschappen, Innovatiecluster, TNO, is een visiekaart van Nederland tot stand gekomen waarin mogelijke oplossingen voor watervraagstukken in Nederland zijn gegeven [WINN, 2007]. De zogenoemde Klimaatdijk is als uitgangspunt genomen om in de workshop een mogelijke uitwerking voor klimaatadaptatie van het rivierengebied te maken.

De toekomstige hoge rivierafvoeren op de Rijn worden afgewenteld op de Waal, en niet op de andere Rijnakken, om zo de hoeveelheid te beschermen gebied te beperken. De hogere zeespiegel in combinatie met de hogere Rijn- en Maasafvoeren zorgen voor veel hogere waterstanden in de rivieren. Zuid en Noord Nederland worden volgens de kaart tegen overstromingen beschermd door nieuwe klimaatdijken zuidelijk van de Maas en noordelijk van de Waal. Het gebied tussen de winterdijk en de klimaatdijk is een overloopgebied. Bij rivierafvoeren boven de 16.000 m³/s van de Rijn en/of 3.000 van de Maas wordt de top van de

hoogwatergolf afgevlakt. De bestaande winterdijken blijven functioneren tot de huidige maatgevende rivierafvoeren.

Langs de Waal ligt de klimaatdijk globaal langs de Rijksweg A15. Vlak voor Gorinchem sluit de klimaatdijk aan op de bestaande winterdijk. Bij de Rijn sluit de klimaatdijk aan op een nieuw aan te leggen stuw die de waterverdeling over de Rijn en Waal kan regelen. Aan de zuidzijde loopt de klimaatdijk langs de Rijksweg A56. Bij stedelijke gebieden zoals Tiel of 's Hertogenbosch wordt de klimaatdijk om de bebouwde gebieden gelegd.

Door de grote oppervlakte van het gebied tussen de klimaatdijken is de waterhoogte bij rivierafvoeren van 21.000 m³/s beperkt tot enkele decimeters. De bestaande aardebanen van de rijkswegen A15 en A56 zijn in principe hoog genoeg. Voorzieningen dienen te worden genomen bij coupures in en duikers onder de weglichamen. Bij een ecologische functie van het gebied tussen de klimaatdijken kan de aanwezigheid van de klimaatdijk worden benadrukt door bijvoorbeeld geluidsschermen. De bestaande winterdijk hoeft niet te worden opgehoogd. Lokaal zullen (innovatieve) versterkingen plaatsvinden om verminderde stabiliteit door langere duur van hoogwatergolven te compenseren.

Noord- en Zuid Nederland blijven met elkaar verbonden via de rijkswegen. De rijkswegen blijven ook tijdens extreem hoog water berijdbaar door een combinatie van het aanleggen van dubbeldekse vierbaanswegen, het verhogen van bestaande aardebanen en aanleggen van kaden langs de rijkswegen.

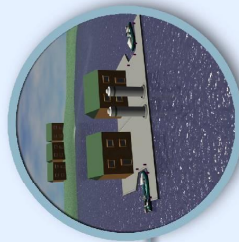
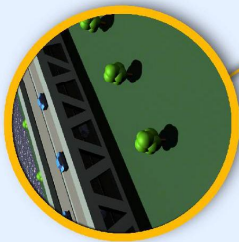
Het rivierengebied tussen de klimaatdijken wordt een groene ader van Nederland die het groene hart kan voorzien van zuurstof. Het rivierengebied krijgt daarmee nieuwe ontwikkelingsmogelijkheden, zoals voor natuur en recreatie.

Bestaande dorpskernen of industriegebieden worden omringd door lage kaden van circa 0,5 m hoog zodat deze gebieden bij extreem hoogwater, dat zich gemiddeld een paar keer per mensenleven voordoet, droog blijven en de schade zeer beperkt blijft. De kaden rondom de dorpen kunnen in het landschap worden weggewerkt of juist worden geaccidenteerd voor bijvoorbeeld recreatieve doeleinden. Nieuwe bebouwing buiten dorpskernen wordt op terpen gebouwd. Bestaande stallen worden eveneens op terpen herbouwd of door middel van een kade beschermd. Bij 's Hertogenbosch, Tiel en Nijmegen worden mogelijkheden geboden voor amfibisch wonen.

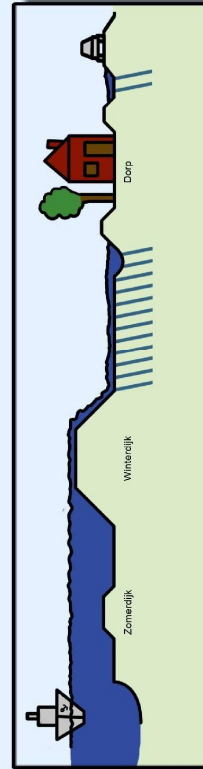
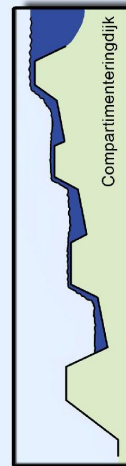
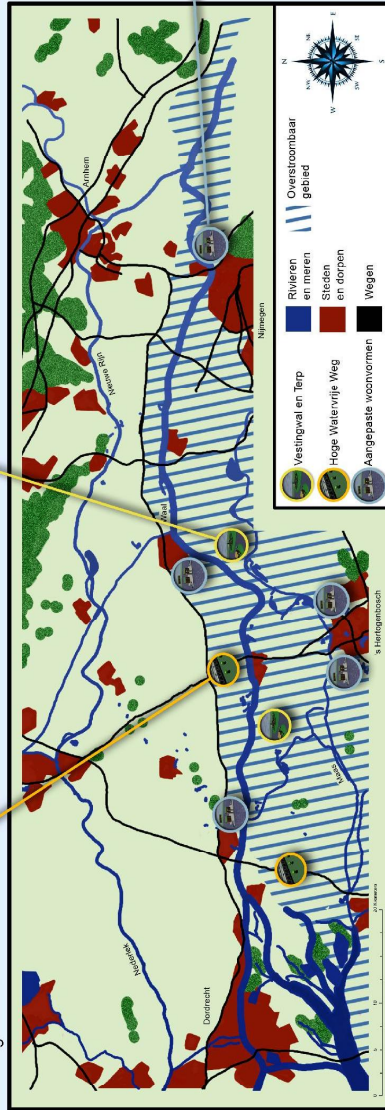
Tussen de dorpskernen worden waar nodig vluchtheuvels aangelegd waar tijdens extreem hoog water vee en landbouwmachines kunnen worden opgeborgen.

Het gebied achter de winterdijken wordt bij een hoge rivierafvoer gecontroleerd onder water gezet door op regelmatige afstand in de winterdijk overlaten te maken. Het gebied tussen de winterdijken wordt in compartimenten onderverdeeld. De grote van de compartimenten is afhankelijk van de geaccidenteerdheid van het terrein en de inrichting van het gebied. Bij een hellend gebied, zoals het Land van Maas en Waal worden de compartimenten zodanig aangelegd dat de maximale waterdiepte in het gebied 0,5 m bedraagt. Afhankelijk van de exacte rivierafvoer kan vooraf in calamiteitenplannen worden vastgelegd welke compartimenten als eerste onder water worden gezet.

Als de top van de hoogwatergolf ons land is gepasseerd wordt het water uit het gebied tussen de klimaat- en winterdijken gepompt. Hiertoe worden nieuwe kanalen gegraven en gemalen gebouwd. De te installeren maalcapaciteit is afhankelijk van de grootte en gebruik van de compartimenten. Kanalen worden op een natuurlijke wijze in het landschap ingepast ter versterking van recreatieve of ecologische functies van het rivierengebied.



Rivierengebied Kaart 1



11.3 Resultaten groep Ontwerpkoffer

Uitgangspunt was dat de extra hoeveelheid water volledig door de Waal moet worden opgevangen, en niet via Nederrijn en Lek of via de IJssel (er wordt niet 'geFlipperd').

Als eerste werden de natuurlijke hogere delen (paragraaf 4.1) ingetekend. De tweede aktie was om vervolgens te kijken waar er tussen de huidige rivierdijken en de natuurlijke hogere gronden de mogelijkheid is om relatief dunbevolkte gebieden en relatief dichtbevolkte gebieden van elkaar te scheiden door een volgende linie waterkeringen (paragraaf 5.5 uiterwaardvergroting (dijkteruglegging)). In feite is dit ook een soort Klimaatdijk. Er ontstaat onderscheid tussen overstroombare gebieden (relatief dunbevolkt) en onoverstroombare gebieden (relatief dichtbevolkt).

De overstroombare gebieden zijn weliswaar relatief dunbevolkt, maar er wonen nog wel tienduizenden mensen per gebied. Op de langere termijn is het mogelijk om door gericht beleid (paragraaf 8.1) en aangepaste woonvormen (legio mogelijkheden, zoals aanleg hoogwatervrije terreinen voor woningbouw, amfibisch wonen, etcetera) en gebiedsinrichting (natuur, landbouw) om niet de ruimtelijke ontwikkelingen in het gebied 'op slot' te gooien, maar toe te groeien naar een 'watervast' (zonder grote schade overstroombaar) gebied, waarin wel degelijk nog van alles mogelijk is. Om het gebied zo in te richten dat het volledig is aangepast ('overstromingsbestendig') moet worden gedacht aan een transitieperiode van 50 tot 200 jaar. Tot die tijd moeten de huidige bewoners bij nood geëvacueerd kunnen worden, en moet eventuele schade gecompenseerd of verzekeraar worden. Overigens is de frequentie van overstroming, gegeven het huidige beveiligingsniveau, extreem laag, en dus is ook de kans dat dit in de transitieperiode optreedt zeer klein.

Het overstroombare gebied is uiterst geschikt voor de functie 'natuur' en 'recreatie'. Hiervoor kan het wenselijk zijn de frequentie waarmee overstroming in het gebied plaatsvindt hoger te maken, bijvoorbeeld eens in de paar jaar. Om dit gecontroleerd te laten gebeuren zijn aan de bovenstroomse zijde overstroombare dijken (overlaten) nodig, en aan benedenstroomse zijde uitwatering. Landbouw en veeteelt zijn in zo'n gebied mogelijk, maar moeten rekening houden met schades na overstroming. Wonen in een dergelijk gebied kan juist extra aantrekkelijk zijn, maar dan moeten hiervoor 'watervaste' en aangepaste woonvormen voor toegepast worden.

Op enkele punten in het bovenrivierengebied blijven knelpunten aanwezig, met name bij Nijmegen en bij Tiel. Hier zijn twee oplossingen aangedragen: een hoog, nieuw stadsfront is de eerste (voorbeeld: Hamburg), en ten tweede werd, refererend aan de situatie bij Kampen, gezegd dat de inspanning en de innovatie hier gericht zou kunnen worden op vormen van tijdelijke waterkeringen die in korte tijd op te bouwen zijn.

Het hydraulisch effect van deze flessenhalzen tussen de overstroombare gebieden moet nog worden berekend. Er kan sprake van zijn dat er hierdoor een aanzienlijke opstuwing ontstaat bovenstrooms van deze punten, waardoor de gekozen oplossing minder effectief is. In dat geval moet de mogelijkheid van een bypass rond de stad worden bekeken.

De gekozen oplossing is toepasbaar in het bovenrivierengebied. De kans bestaat (maar daar moet nog aan worden gerekend, dat door de ruimtelijke maatregelen een dusdanige afvlakking van de afvoerpieken in het bovenrivierengebied optreedt, dat de gevolgen voor het benedenrivierengebied dusdanig beperkt zijn dat dit met traditionele en/of innovatieve dijkversterkingstechnieken oplosbaar is. Een alternatief is dat er aan de oostzijde en de zuidzijde van het Eiland van Dordrecht een dam komt die het water richting de Zeeuwse stromen afbuigt. Gezien het feit dat deze 'dammen' in druk bevaren scheepvaartroutes liggen zouden dit in feite een soort open 'stormvloedkeringen' moeten worden die alleen bij extreme omstandigheden gesloten worden.

11.4 Samenvatting workshop

Het blijkt goed mogelijk om met de adaptatiestrategieën die in dit rapport beschreven staan aan de slag te gaan en combinaties van maatregelen aan te geven die het mogelijk maken om een hogere rivierafvoer veilig af te kunnen voeren. In een halve dag is dit uiteraard slechts een kleine vingeroefening, maar met een kleine groep deskundigen kom je op veel ideeën door het perspectief op de langere termijn te zetten. Hierdoor kun je, naast ruimte voor de rivier en dijkversterking, ook nadenken over andere alternatieve strategieën.

In beide groepen in de workshop was de beleving dat hogere rivierafvoeren een claim op de ruimte in het bovenrivierengebied zullen leggen. De klimaatdijk neemt daarbij veel ruimte, maar heeft als voordeel dat de gevolgen van overstroming dan ook over een groter gebied worden verspreid, zodat de inundatiediepte klein blijft. Bij de andere groep werd meer vanuit bestaande ruimtelijke structuren geredeneerd, maar daar volgde ook uit dat behoorlijk grote gebieden ingericht zouden moeten worden op het bergen van water bij extreme rivierafvoeren. In beide oplossingen zijn de gebieden buiten de overstroombare gebieden als zeer veilig te kwalificeren (veel veiliger dan nu). Wel was er nog onvoldoende inzicht in de hydraulische effecten van de voorstellen. In zijn algemeenheid gaat het er om alle effecten in kaart te brengen, en dat was in een dergelijk kort tijdsbestek uiteraard niet mogelijk. Dat was ook niet het doel van de workshop. De uitgewerkte kaarten dienen nadrukkelijk als voorbeelden, niet als dé oplossing.

In de overstroombare gebieden gaat de ruimtelijke ordening niet op slot, maar ontstaan juist door deze gebieden als zodanig in te richten kansen voor natuur, recreatie en nieuwe vormen van aangepast wonen. Er moet worden gewerkt met een visie op de gewenste ontwikkeling en ruimtelijke kwaliteit van dit gebied. Zo kan er een landschap met internationale allure ontstaan. Door een langere termijn perspectief te kiezen komen ook grootschaliger en niet-conventionele ingrepen in beeld.

12 Synthese

In dit rapport wordt afgestapt van de vooronderstelling dat klimaatverandering alleen maar gezien moet worden als een (water)veiligheidsvraagstuk. Door een andere insteek te kiezen wordt duidelijk dat er, mits er gewerkt wordt met een visie op de langere termijn, grote kansen liggen om het rivierengebied mooier en veiliger te maken. In feite gaat het om een koppeling tussen overstromingsrisico's en gebiedsinrichting, ofwel ruimtelijke ordening. Hierin zijn vele keuzes mogelijk.

Uitgangspunt was de lijst met adaptatiestrategieën die het Ruimtelijk Plan Bureau (Overstroming als ruimtelijke opgave, 2007) heeft opgesteld. Hieraan zijn een tiental andere strategieën toegevoegd, zodat er een redelijk complete 'koffer' met ontwerpmaatregelen ontstaat. Het idee is dat aan de hand van deze 'koffer' met maatregelen het mogelijk moet zijn voor allerlei (sets van) maatregelen de effecten hiervan aan te geven (in termen van veiligheid, geld, ruimtegebruik en ruimtelijke kwaliteit) en op die manier de meest plausibele alternatieven te genereren. Op de langere termijn (2015 – 2050) kan zo gericht gewerkt gaan worden aan een veiliger en mooier rivierengebied.

In een workshop zijn twee groepen aan de slag gegaan met als vraagstelling om dit uit te werken voor een maatgevende Rijn-afvoer die 18.000 m³/sec of meer is. Hierbij werd ook de Inspiratiekaart en het boekje Hoogwater als uitdaging van Rijkswaterstaat, WINN, gebruikt. Met het overzicht van mogelijke maatregelen en de inspiratiekaart is het mogelijk vrij snel met een groep deskundigen een maatregelenpakket samen te stellen en ook de effecten daarvan globaal weer te geven.

De uitwerking van de maatregelen en de effecten daarvan zijn in dit rapport uiterst beperkt. Heel globaal zijn per maatregel enkele punten aangestipt. Er zijn ook nog talloze witte vlekken in onze kennis, die door verdere uitwerking van de adaptatiestrategieën eerst moeten worden geïdentificeerd en daarna moeten worden ondergebracht in de onderzoeksprogramma's. Een werkende 'gereedschapskoffer' vergt daarom nog een grote inspanning, en veel onderzoek en berekeningen. In de workshop is aangetoond dat dit wel zou kunnen werken, en werd er enthousiasme uitgesproken om op deze weg door te gaan. Het is ook een ideaal samenwerkingsproject voor Deltares (hydraulische belasting, sterkte van waterkeringen, effecten van water en ruimtelijke ordening), maar ook een ideaal project om aan te tonen dat Deltares in staat is samen te werken met andere vakdisciplines. In een breed afwegingskader horen ook aspecten als economie, sociaal-psychologische beleving, bestuurlijke aspecten, natuur, landschap en cultuur-historische waarden een plaats te krijgen. Gegeven het feit dat tot 2015 nog wordt gewerkt aan de Ruimte voor de Rivier maatregelen en het Hoogwater Beschermingsprogramma is er tijd van 2008 tot 2015 om hier een gedegen programma van te maken.

Het pleidooi is om hier de komende jaren serieus mee aan de slag te gaan, zodat er vanaf 2015 daadwerkelijk met een langere termijn visie op een mooi en veilig rivierengebied voor ogen keuzes gemaakt kunnen worden. Deze keuzes moeten zijn gebaseerd op zo goed mogelijke inschattingen van de positieve en negatieve effecten van iedere keuze. De bedoeling is nadrukkelijk niet om die keuzes te maken, maar om hier onderbouwing aan te geven.

Bijlage 1 Literatuur

- [GeoDelft, 2003] Kustrijke kans, oktober 2003
- [GeoDelft 2004] Quick scan Ruimte voor de Rivier, Grondmechanische en geohydrologische aspecten, CO-415820, november 2004
- [GeoDelft, 2007] Overstroombare dijken, CO-430510, 2007
- [Gottschalk, div.] Stormvloeden en rivieroverstromingen in Nederland, diverse delen.
- [Kwadijk, 2007] Bovenstroomse maatregelen ter proeventie van hoogwaters, J. Kwadijk, december 2007 (KR1)
- [Lagendijk, 2007] Referentiekaarten ruimte voor de rivier in 1850, 2007 en 2015 (KR4)
- [RPB, 2007] Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave, Ruimtelijk Planbureau, 2007
- [RBSO, 2006] Syntheserapport Onderzoeksprogramma Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas, Ministeries van Verkeer en Waterstaat en Binnenlandse Zaken, april 2006
- [RIVM, 2004] Risico's in bedijkte termen, Milieu en Natuurplanbureau, RIVM, mei 2004
- [RWS, 2000] Ruimte voor Rijntakken, Rijkswaterstaat, Directie Oost Nederland, WL|Delft Hydraulics, februari 2000
- [M.H. de Visser, 2007] A Clay Layer as a Revetment for Sea Dikes. The Behaviour of Clay under Wave Loading, Master Thesis, augustus 2007
- [WINN, 2007] (Hoog)water als uitdaging 2.0, Uitgave H+N+S landschapsarchitecten in opdracht van WINN, vernieuwde versie november 2007