

# Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden

Syntheserapport Compartimenteringstudie



**Deltares**  
Enabling Delta Life



# **Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden**

**Syntheserapport Compartimenteringstudie**



---

## Colofon

Uitgegeven door:	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Auteurs:	J.R. Moll en J.M. Meulepas (Royal Haskoning)
Datum:	September 2008
Realisatie:	Waterdienst en Deltares Royal Haskoning rapport 9T3147.A0 ISBN 978 90 369 1464 2
Begeleiding:	Landelijk projectteam Compartimenteringstudie, samenstelling zie bijlage A
Gebaseerd op:	Onderzoeksresultaten Compartimenteringstudie, overzicht bijlage B
Foto omslag	Karel Tomeï



**ROYAL HASKONING**



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Aanleiding en context Compartimenteringstudie .....</b>	<b>1</b>
1.1	Overstromingsrisico's in Nederland.....	1
1.2	Compartimentering als maatregel .....	2
1.3	Positionering in beleidsontwikkeling Waterveiligheid 21e Eeuw .....	2
1.4	Doel van deze rapportage .....	4
<b>2</b>	<b>Vraagstelling compartimenteringstudie .....</b>	<b>5</b>
2.1	Centrale beleidsvraag.....	5
2.2	Deelvragen.....	5
2.3	Uitgangspunten.....	6
2.4	Uitwerking: centrale vraagstelling, deelstudies, synthese en kwaliteitsborging .....	7
<b>3</b>	<b>Resultaten, conclusies en aanbevelingen uitgevoerde deelstudies.....</b>	<b>9</b>
3.1	Inleiding.....	9
3.2	Generieke deelstudies .....	9
3.2.1	Historische positionering .....	9
3.2.2	Bevindingen uit eerder onderzoek .....	11
3.2.3	Analogieën.....	11
3.2.4	Eerste selectie kansrijke dijkringen.....	12
3.2.5	Beoordelingskader .....	14
3.2.6	Decompartimentering.....	15
3.2.7	Juridische aspecten .....	16
3.3	Casestudies .....	16
3.3.1	Centraal Holland.....	17
3.3.2	Zuidelijk Flevoland.....	20
3.3.3	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden .....	21
3.3.4	Land van Heusden / De Maaskant.....	24
3.3.5	Grensgebied Gelderland-Duitsland.....	27
<b>4</b>	<b>Generiek hoofdrapport .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Analyse en discussie .....</b>	<b>35</b>
5.1	Centrale beleidsvraag .....	35
5.2	Waarom compartimenteren?.....	35
5.3	Welke voorwaarden spelen een rol bij compartimentering?.....	36
5.4	Hoe zijn de baten/kosten verhoudingen? .....	36
5.5	Hoe is de samenhang tussen compartimentering en regionale ontwikkelingen? .....	38
5.6	Dient compartimentering een nationaal of een regionaal belang?.....	38

---

5.7	Hoe is de waarde en status van de bestaande compartimenterende elementen? .....	38
5.8	Wat valt er te zeggen over het invoeren van de maatregel compartimentering in de regio? .....	39
5.9	Moet er een maximum worden gesteld aan de gevolgen van overstromingen? .....	39
5.10	Is compartimentering los te beoordelen van andere risicobeperkende maatregelen? .....	40
5.11	Wat zijn de resultaten van de kansrijkeanalyse? .....	41
<b>6</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>43</b>
6.1	Inleiding .....	43
6.2	Is compartimentering een zinvolle fysieke maatregel? .....	43
6.3	Voorwaarden voor compartimentering .....	44
6.3.1	Beoordelingskader .....	44
6.3.2	Samenhang met andere maatregelen .....	44
6.3.3	Duurzaamheid .....	45
6.4	Locaties voor compartimentering .....	45
6.5	Aanvaardbaarheid gevolgen van overstromingen .....	45

## Samenvatting

In 2006 besloot het kabinet dat in een landsdekkende verkenning onderzoek zou worden gedaan naar de mogelijke toekomstige inzet van compartimenteren. De centrale vraagstelling van dit onderzoek luidt:

*“Of, onder welke voorwaarden en waar kan compartimentering een zinvolle fysieke ingreep zijn om de gevolgen van overstromingen te beheersen?”.*

De uitgevoerde Compartimenteringstudie heeft het karakter van een studieproject, een verkenning. Deze studie sluit aan op de resultaten van de RBSO-studie. Er worden geen beleidsmatige conclusies getrokken; dit vindt plaats in het kader van WV21. Om de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden is een technisch-wetenschappelijk hoofdrapport geschreven getiteld: Verkenning van nadere compartimentering van dijkkringgebieden. Dit hoofdrapport is mede gebaseerd op een aantal generieke deelstudies en vijf casestudies.

De generieke component van dit onderzoek leverde inzicht op in onder andere de historische positionering van compartimenteren, de kansrijkheid per dijkkring van de maatregel compartimentering en juridische aspecten gekoppeld aan compartimenteren. Om te komen tot inzicht in de ruimtelijke inpasbaarheid, perspectieven voor meekoppeling met andere ruimtelijke functies, de baten/kosten verhouding voor voorgestelde tracés en tot gedragen conclusies, is de regio leidend geweest bij de uitwerking van de tweede component, de casestudies.

Tabel T1

Casestudie	Motivering
Centraal Holland	Grote economische en maatschappelijke impact bij overstroming
Zuidelijk Flevoland	Geplande investeringen in Almere in combinatie met lage ligging
Betuwe	Kansrijke vormgeving en ligging tussen rivieren
Maaskant	Kansrijke vormgeving, lage ligging Den Bosch en A2
Ooijpolder en Rijnstrangen	Systeemwerking en afstemming met Duitsland

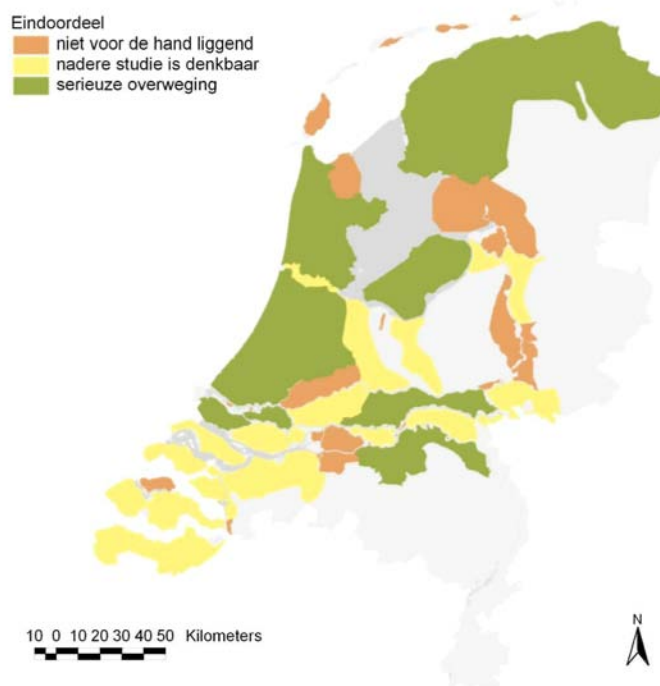
Bij gevolgbeperking gaat het om het reduceren van het aantal slachtoffers, het aantal getroffen en de schade en het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting. Dit in tegenstelling tot kansreductie, waarbij maatregelen in de preventieve sfeer aan de orde zijn.

Met betrekking tot de drie onderdelen van de centrale vraagstelling leidt de studie tot de volgende **bevindingen**:

- 1 De vraag of compartimentering een zinvolle fysieke ingreep is om de gevolgen van overstromingen te beheersen werd als volgt beantwoord:
  - Uit de historische analyse blijkt dat compartimenteringsdijken een bijdrage aan de gevolgbeperking van overstromingen hebben geleverd;
  - Uit die analyse blijkt tevens dat compartimenteringsdijken zijn aangelegd, soms bij inpolderingen, in tijden dat de sterkte van de primaire waterkeringen onvoldoende was en de technologische mogelijkheden voor alternatieve maatregelen (bijvoorbeeld zandsuppletie voor de kust) nog onvoldoende beschikbaar waren;



- Compartimentering kan de gevolgen van overstromingen verkleinen door het overstroomde oppervlak te verkleinen; dat biedt vooral perspectief voor grote dijkringen of voor dijkringen met grote stedelijke kernen. De schade blijkt dan in belangrijke mate gereduceerd te worden;
  - Het aantal slachtoffers blijkt alleen af te nemen wanneer dit gecombineerd wordt met een goed voorbereide evacuatie. Zonder goede evacuatieplannen is vaak sprake van een toename van het aantal slachtoffers;
  - Veel bestaande grote dijkringen, vooral langs de kust, blijken onbedoeld al een vorm van compartimentering te kennen en in vrijwel geen enkel overstromingsscenario geheel onder te lopen. Dat geldt onder andere voor Centraal Holland. De veronderstelling hierbij is wel dat de compartimenterende structuren, bijvoorbeeld boezemkades, als waterkering functioneren en niet bezwijken bij belasting;
  - Kleine compartimenten kunnen snel onderlopen, wat de kans op slachtoffers vergroot door de stijgsnelheid. Goede evacuatieplannen zijn hier bijzonder noodzakelijk;
  - De duurzaamheid van het concept compartimentering wordt positief beoordeeld omdat het bij goede instandhouding altijd bijdraagt aan gevolgbeperking.
  - Niettemin blijft het onderhouden van de compartimenteringsdijk een belangrijk aandachtspunt. Ruimtelijke ontwikkelingen kunnen aanleiding vormen tot aanpassing. Maatschappelijk kan het concept niet in de plaats komen van de blijvende aandacht voor preventie;
  - De ruimtelijke inpassing van een compartimentering bepaalt in belangrijke mate de resulterende ruimtelijke kwaliteit; deze en de mogelijkheden tot meekoppeling met andere ruimtelijke functies bepalen mede het draagvlak in de regio (ervaring atelierbijeenkomsten). Compartimentering is in alle gevallen maatwerk;
  - Voor het maken van een goede afweging van toepassing van de maatregel compartimentering dienen alternatieve risicobeperkende maatregelen, en combinaties hiermee, in deze afweging betrokken te worden;
  - De batenkosten-verhoudingen voor de in de casestudies voorgestelde compartimenteringen liggen in de meeste gevallen tussen 0 en 1. Op het economische rendement van de maatregel compartimentering komen we terug bij punt 3, waar we ingaan op de voorwaarden.
2. Om de vraag te beantwoorden waar compartimentering kansrijk is, is een landsdekkende analyse per dijkkring uitgevoerd. Hierin zijn de kenmerken 'nuttig', waarin begrepen grootte van de dijkkring, aantal slachtoffers en schade, en 'kansrijk', waarin begrepen vorm, landgebruik en aanwezige lijnelementen, in kaart gebracht en gecombineerd met leerervaringen uit de casestudies. De resultaten op basis van de absolute gevolgen zijn samengevat in onderstaande figuur.



Figuur S1 Resultaten kansrijkeheidsanalyse per dijkkring

- Om de vraag te beantwoorden onder welke voorwaarden compartimentering een zinvolle maatregel is, is een beoordelingskader uitgewerkt, en zijn in de vijf casestudies praktische voorwaarden geïnventariseerd.

Dit beoordelingskader heeft de structuur van een kosten-batenanalyse, waarbij het gevolg 'maatschappelijke ontwrichting' via een toeslagpercentage op de baten wordt meegenomen.

- Toepassing van dit kader in de vijf casestudies leverde op dat voor een aantal tracés in de casestudie Betuwe/Tieler- en Culemborgerwaarden een batenkostenverhouding duidelijk groter dan 1 resulteerde, en in de andere casestudies een verhouding kleiner dan 1, zie onderstaande figuur S2 en tabel T2, waarin per gebied het tracé met de hoogste baten/kosten verhouding is weergegeven.
- De achtergrond hiervan is het hoge beschermingsniveau, waardoor een schade van vele miljarden Euro van bijvoorbeeld eens in de 10.000 jaar tot een zodanig klein bedrag per jaar leidt, dat dit niet opweegt tegen het nu doen van de benodigde investeringen.
- Dit betekent dat op basis van een puur economische afweging niet vaak voor compartimentering zal worden gekozen; andere overwegingen, waar onder het voorkomen van zeer grote maatschappelijke ontwrichting, zullen hierbij echter ook van belang kunnen zijn.



Figuur S2 Resultaten kosten-batenanalyse voorkeurtracés casestudies

Tabel T2 Resultaten kosten-batenanalyse voorkeurtracés casestudies

Casestudie (Voorkeurtracé)	Baten/kosten (norm)	Baten/kosten (vlg Klijn* lit.7)	Investing (M €)	Opmerking
Centraal Holland - Oude Maasdijk (naar Vluchtenburg ); - Hoek v Holland - Den Haag (west N211); - Katwijk (via N206); - Hollandsche IJssel (met uitlaatwerk); - Prinsendijk en Oude Rijn dijk; - Amsterdam-Rijnkanaal.	0,5 0,3 0,1 0,6 0,0 neg (1/10000)	0,3 0,2 0,1 0,3 0,0 neg (1/2000)	10 63 162 220 383	Voor ARK blijken baten negatief (geen voorkeur)
Zuidelijk Flevoland (geen voorkeur)	0 – 0,4 (1/4.000)	0 - 0,2 (1/10.000)	38-328 (c) 195-389 (c+o)	Compartmenteren Idem+ophogen primaire kering
Land v.Heusden / de Maaskant (Hertogwetering; west of oost)	1,1 (w) 1,3 (o) (1/1250)	0,7 (w) 0,8 (o) (1/2000)	96 (w) 141 (o)	
Betuwe (ARK-west sluis)	4,3-5,0 (1/1250)  0,2-0,5	2,7-3,1 (1/2000)  0,1-0,3	87  87	Bres Bommel, afh. van lozingsregime ARK. Doorbraak Elden

### **Afwegingen voor compartimentering**

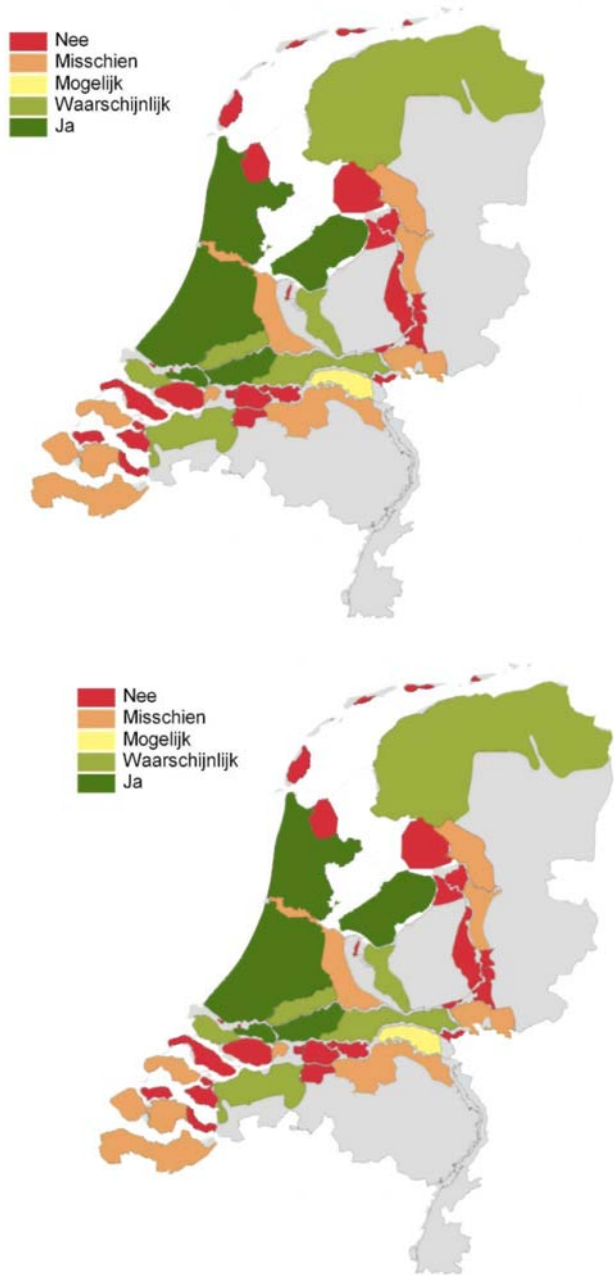
Een afweging tot inzet van de maatregel compartimentering zal altijd in samenhang met andere maatregelen plaats moeten vinden.

- Er is een duidelijke relatie tussen compartimentering en het vaststellen van de beschermingsnorm;
- Bij het aanwijzen of aanleggen van een compartimenteringsdijk is aanpassing van de evacuatieplannen noodzakelijk;
- In verschillende situaties is een afweging tussen compartimentering en alternatieve maatregelen gewenst; een combinatie van gevolgbeperkende maatregelen kan de optimale keuze zijn;
- Elke euro voor waterveiligheid kan maar 1 keer worden uitgegeven.

Voorwaarde voor het duurzaam functioneren van compartimenterende structuren is dat ze formeel deze status krijgen, bijvoorbeeld door ze wettelijk te verankeren in de Wet op de Waterkering, en hun hoogte en onderhoudstoestand te onderwerpen aan geregelde toetsing via de 5-jaarlijkse cyclus, analoog aan de primaire waterkeringen. Dit is voor bestaande structuren geen eenvoudige opgave.

In reflectie op de verkregen resultaten uit de deelstudies is de vraag gesteld of er grenzen gesteld zouden moeten worden aan de maximaal aanvaardbare gevolgen van een overstroming. Deze reflectie heeft opgeleverd dat:

- Er wel een wettelijk kader voor kansbeperking (overschrijdingskansen voor waterstanden) is, maar niet voor gevolgbeperking;
- Er geen grenzen zijn voor de maximaal aanvaardbare gevolgen, evenmin als een kader om die vast te stellen;
- Via een historische macro-economische analyse van het BNP deze grenzen niet te bepalen zijn;
- Via een benadering met richtwaarden voor de verschillende categorieën van gevolgen(schade, slachtoffers, getroffen) wel een indeling in dijkringen is te verkrijgen waarvoor gevolgbeperkende maatregelen meer dan wel minder gewenst zijn, zie figuur S3.



*Figuur S3 Voorlopige beoordeling van gewenste van blootstellingsbeperkende maatregelen per dijkkring op grond van richtwaarden voor aanvaardbare gevolgen van overstromingen (Klijn, 2008)*

Duidelijk is geworden uit deze reflectie, dat de afweging voor inzet van de maatregel compartimentering in essentie een politieke keuze is, waarvoor de relevante bouwstenen met deze studie verkend zijn.

De belangrijkste bevindingen per casestudie zijn samengevat in onderstaand overzicht:

Casestudie	Belangrijkste bevindingen
Centraal Holland	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Op basis van een kosten-batenanalyse is compartimentering als gevolgbeperkende maatregel in Centraal Holland nergens rendabel; de bijdrage in het verminderen van slachtoffers en voorkomen van maatschappelijke ontwrichting kan echter wel aanzienlijk zijn.</li> <li>• In geval van doorbraak van de primaire kering in Centraal Holland loopt het gebied slechts gedeeltelijk onder. De reeds aanwezige regionale keringen spelen hierbij een belangrijke rol.</li> <li>• De primaire c-keringen zijn de achilleshiel van Centraal Holland. De aangrenzende dijkringen hebben een lagere norm dan dijkkring 14. Indien in deze dijkringen een doorbraak plaatsvindt bij een buitenwaterstand met een frequentie van voorkomen die groter is dan 1:10.000 stroomt het water over de primaire c-keringen naar dijkkring 14. Vanuit de rivieren kan als gevolg hiervan een groot deel van dijkkring 14 overstroomd raken met een potentiële schade van 35 miljard en meer dan 400.000 getroffen.</li> <li>• Het verdient aanbeveling om in meer detail te kijken naar de huidige en gewenste sterkte van de regionale keringen omdat er in deze studie vanuit is gegaan dat zij voldoende sterk zijn om bij een overstroming buitenwater (tijdelijk) te kunnen keren, geleiden danwel vertragen. Deze waterkeringen zijn voor deze compartimenterende functie niet aangewezen en ontworpen.</li> </ul>
Zuidelijk Flevoland	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na formalisering van de Knardijk als compartimenteringskering in dijkkring Flevoland zijn er geen aanvullende compartimenteringen, die voldoende rendabel en robuust zijn;</li> <li>• Een aantal varianten is alleen effectief en robuust genoeg te maken als ze worden gecombineerd met normdifferentiatie tussen de compartimenten in casu een duidelijk hoger beschermingsniveau van het stedelijke compartiment;</li> <li>• Voor andere maatregelen in de sfeer van kansreductie, blootstellingsbeperking en kwetsbaarheidsbeperking, liggen in Almere als grotendeels nog te bouwen stad kansen open om dit mee te koppelen met nieuwe uitbreidingsplannen.</li> </ul>
Betuwe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het aantal getroffen personen halveert bij het aanleggen van een compartimentering;</li> <li>• De batenkosten-verhouding bij een compartimentering langs het ARK zitten in de orde 2,3-2,6 bij een dijkdoorbraak bij Bemmelen en geeft aanleiding tot vervolgstappen;</li> <li>• Een compartimenteringsdijk langs het Amsterdam Rijn Kanaal indien uitgevoerd in combinatie met een uitlaatwerk is bijzonder kansrijk en verdient nadere uitwerking (kosten/baten, halvering aantal getroffen personen, inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, aansluiting op bestaand infrastructuur).</li> </ul>
Maaskant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De bijdrage in het reduceren van het aantal getroffen personen en de schade is substantieel;</li> <li>• Op grond van ruimtelijke kwaliteit zijn de oost-west tracé's aantrekkelijker dan het noord-zuid tracé;</li> <li>• Bij afweging van de maatregel compartimentering is combinatie met normverhoging vanuit de regio vereist.</li> </ul>
Rijn en IJssel Ooij/Millingen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In samenwerking met de Duitse partners worden de mogelijkheden voor het voorkomen van cascade-effecten in het systeem door compartimentering nader uitgewerkt. Casestudie loopt nog.</li> </ul>

**Eindconclusie:** *Compartimentering is een zinvolle maatregel om de gevolgen van overstromingen te beperken, maar de benodigde investeringen hiervoor blijken op grond van uitgevoerde kosten/batenanalyses slechts in een enkel geval rendabel te zijn. Dit wordt veroorzaakt door de aan het hoge veiligheidsniveau gerelateerde zeer geringe kans op voorkomen.*

*Vanuit het oogpunt van het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting zouden meer dan alleen kostenbatenafwegingen een rol kunnen spelen in de politiek/maatschappelijke besluitvorming.*

*Compartimentering dient gezien te worden in relatie tot andere mogelijke opties in de preventieve of gevolgbeperkende sfeer.*

# 1 Aanleiding en context Compartimenteringstudie

## 1.1 Overstromingsrisico's in Nederland

Nederland is kwetsbaar voor overstromingen. Dat blijkt uit onze historie. Ook na uitvoering van de PKB Ruimte voor de Rivier, de Maaswerken en het Hoogwater Bescherming Programma in 2015, kent Nederland geen absolute veiligheid. De kwetsbaarheid zal in de toekomst, waarin klimaatveranderingen en bodemdalingen zich voortzetten, zeker niet verminderen. Deze kwetsbaarheid van bevolking, have en goed is onderdeel van het overstromingsrisico. Het risico op overstromingen bestaat uit de kans van optreden van een dergelijke gebeurtenis (de overstromingskans), vermenigvuldigd met de gevolgen (blootstelling en kwetsbaarheid) ervan. De overstromingskansen zullen ten gevolge van o.a. de klimaatveranderingen bij het huidige waterveiligheidsbeleid niet toenemen. De mogelijke gevolgen van overstromingen zullen bij bevolkingstoename en voortzetting van investeringen in kwetsbare gebieden wel toenemen.

De Nederlandse overheid zet met prioriteit in op het voorkomen van overstromingen. De laatste jaren is hiernaast de aandacht gegroeid voor het onderzoeken van mogelijkheden om ook de gevolgen te beperken. De gevolgen benoemt men in termen van slachtoffers, getroffen en schade. Het optreden van de orkaan Katrina, waarbij de hoog ontwikkelde miljoenenstad New Orleans maatschappelijk ontwricht werd, heeft de politiek/bestuurlijke aandacht voor gevolgbeperking versterkt.

Onderstaand overzicht bevat een aantal mogelijke maatregelen voor het reduceren van overstromingsrisico's.

Tabel 1.1

	Preventief	Curatief
<b>Verminderen van kans</b>	Waterkeringsmaatregelen, bijvoorbeeld: Aanleg en versterken van dijken Verbreden en verhogen van duinen Stormvloedkeringen Ruimte voor de rivier Grote eenmalige zandsuppletie	Noodmaatregelen bij dreigende overstroming, bijvoorbeeld: Zandzakken en stobalen op dijken Zwakke plekken versterken Kleine frequente zandsuppleties
<b>Beperken van gevolgen (blootstelling en kwetsbaarheid)</b>	Verminderen van gevolgen, bijvoorbeeld: Aanleg compartimenteringsdijken Aanleg overstroombare dijken en andere maatregelen om overstromingen beter te kunnen controleren Beschermen vitale infrastructuur tegen uitval Overstromingsbewust (aangepast) bouwen en inrichten van dijkkringen	Noodmaatregelen bij (dreigende) overstroming, bijvoorbeeld: Evacuatie (horizontaal en verticaal) In veiligheid brengen van waardevolle goederen en andere schadebeperkende noodmaatregelen

De maatregel 'compartimentering' is hierin in het veld linksonder opgenomen.



## 1.2 Compartimentering als maatregel

Wat verstaat men onder compartimentering?

Compartimenteren betekent letterlijk onderverdelen. Zoals men een schip met watervaste schotten compartimenteert om te voorkomen dat het zinkt bij lek slaan, kan men een dijkkring compartimenteren om te voorkomen dat alles onder water loopt. In strikte zin is compartimentering van een dijkkring dan ook het opdelen van een grote dijkkring in (een aantal) kleinere dijkkringen.

Een eerste variatie op het simpelweg in kleinere delen opdelen van dijkkringen is die waarbij de compartimenten niet meer ongeveer even groot ('evenwaardig') zijn, maar er eerder sprake is van:

- tweede waterkeringen, die het water tegenhouden als de primaire waterkering faalt. In dit geval loopt slechts een klein - aan de buitenkant gelegen - deel van de dijkkring onder, en blijft een groot deel droog; dit sluit aan bij het principe van getrapte kering zoals we die kennen uit het verleden met waker- dromer- en slaperdijk; en het sluit ook aan bij de vergelijking met dubbelwandige olietankers;
- ringdijken rond kwetsbare gebieden, waarbij bijvoorbeeld steden of economisch belangrijke infrastructuur extra worden beschermd met hogere of een tweede linie dijken. In dit geval loopt een groot - meestal landelijk - deel van de dijkkring onder, maar de delen met groot schadepotentieel niet.

In het eerste geval is het nodig een goed inzicht te hebben waar zich zwakke schakels in de waterkering bevinden, omdat anders een volledige verdubbeling van de waterkering nodig is. En in het tweede geval is er sprake van een duidelijke relatie met differentiatie van overstromingskansen, naar gebruiksfunctie of relatieve kwetsbaarheid.

Een tweede variatie op het keren ziet men waar het beïnvloeden van het overstromingsverloop meer voorop staat, zoals:

- vertragen van de verspreiding van het water door dijken en kades *lager dan de primaire* waterkering;
- geleiden of sturen van de verspreiding van water langs kwetsbare (bebouwde) delen van dijkkringen met geleidedijken, eveneens met dijken of kades *lager dan de primaire* waterkering.

Voor de afweging van het al dan niet toepassen van deze maatregel is een brede beoordeling noodzakelijk, waarin naast veiligheid, economische effectiviteit en ruimtelijke kwaliteit een groot aantal andere aspecten dient te worden meegewogen. In de onderhavige compartimenteringstudie is hiervoor een beoordelingskader ontwikkeld.

## 1.3 Positionering in beleidsontwikkeling Waterveiligheid 21e Eeuw

Compartimenteren is een van de vijf opties die onderzocht zijn in de RBSO-studie (Rampen Beheersing Strategie Overstromingen Rijn en Maas), die uitgevoerd is naar aanleiding van het kabinetsstandpunt december 2003.

Deze opties betroffen:

1. internationale afstemming;
2. organisatorische maatregelen;
3. noodoverloopgebieden;
4. compartimenteren;
5. veiligheidsnormen verhogen.

Het synthesesrapport onderzoekprogramma RBSO [lit.2] bevat als conclusies ten aanzien van de optie compartimenteren onder andere:

- het opdelen van bestaande dijkkringen in compartimenten met een nieuwe dijk biedt kansen voor dijkkring 36 (ten oosten van Den Bosch) en dijkkring 43 (langs het Amsterdam-Rijnkanaal);
- eventuele compartimentering van grensdijkkringgebieden, bijv. met de Querdam/Kapitteldijk is de moeite van het onderzoeken waard;
- grote economische en maatschappelijke ontwrichting door tegelijkertijd en langdurig uitvallen van spoor- en wegvervoerassen kan met compartimentering worden voorkomen;
- compartimenteren met lage kaden kan leiden tot reductie van schade en kan meer tijd opleveren voor evacuatie.

Over de resultaten van de RBSO-studie is opnieuw een kabinetsstandpunt ingenomen.

Het Kabinetsstandpunt Rampenbeheersing Overstromingen, uitgebracht in 2007 [lit. 3], signaleert het volgende:

“Nederland investeert veel in het voorkomen van overstromingen. Bijvoorbeeld met de PKB Ruimte voor de Rivier, de Maaswerken en het Hoogwater Bescherming Programma waarmee de waterkeringen op orde worden gebracht. De natuur laat zich echter niet leiden door normen. Extreme hoogwaterstanden kunnen evenals het onverwacht falen van waterkeringen niet worden uitgesloten. Welke maatregelen ook genomen worden, er blijft een restrisico op overstroming bestaan. Gezien de ernst van de mogelijke gevolgen vindt het kabinet het noodzakelijk om goed voorbereid te zijn op een overstroming, *in aanvulling op het beleid voor de keringen.*”

Het Kabinetsstandpunt noemt twee ingangen om vorm te geven aan het reduceren van de gevolgen van overstromingen:

- beheersen door organisatorische maatregelen;
- beheersen door fysieke ingrepen.

Over het beheersen door fysieke ingrepen zegt het kabinetsstandpunt:

“Waar het gaat om fysieke ingrepen voor restrisico blijft de voorkeur voor het kunnen beheersen van een overstroming leidend om schade te beperken. Uit onderzoek blijkt dat het met tussendijken opdelen van dijkkringen in gebieden van kleinere omvang perspectief kan bieden (compartimenteren). In de komende twee jaar zal in een landsdekkende verkenning onderzoek worden gedaan naar de mogelijke toekomstige inzet van compartimenteren..... Hierin zal ondermeer worden gekeken naar mogelijkheden ten oosten van Den Bosch, langs het Amsterdam-Rijnkanaal in de Betuwe, in het grensgebied van Gelderland met Duitsland en in Centraal Holland.”

---

De Compartimenteringstudie, waarvan het voorliggende rapport het syntheserapport vormt, is de in het kabinetsstandpunt genoemde studie. Opdrachtgever is de Staatssecretaris van Verkeer&Waterstaat. Binnen Verkeer&Waterstaat voert DG RWS de studie uit in opdracht van DG Water. De casestudie Centraal Holland is gekoppeld aan het Urgentie Programma Randstad. In de loop van 2007 is Zuidelijk Flevoland als casestudie aan het project toegevoegd.

De resultaten van de Compartimenteringstudie vormen een bouwsteen voor het programma Water Veiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (WV21). Dit programma omvat een brede heroriëntatie op de uitgangspunten voor en vormgeving van het veiligheidsbeleid tegen overstromingen.

#### **1.4 Doel van deze rapportage**

De resultaten van de Compartimenteringstudie zijn vastgelegd in een technisch-wetenschappelijke rapportage, bestaande uit een hoofdrapport en een rapportage per uitgevoerde deelstudie. Doel van dit syntheserapport is om de bevindingen uit de technisch-wetenschappelijke studies samen te voegen en te vertalen naar voor het beleid relevante conclusies en aanbevelingen.

De opbouw van dit syntheserapport is als volgt.

Hoofdstuk 2 is gewijd aan de uitwerking van de centrale vraagstelling en de hieruit voortvloeiende deelvragen. De presentatie van de uitgangspunten voor de studie en de gevolgde aanpak in deelstudies sluiten hierop aan.

Hoofdstuk 3 bevat per deelstudie een korte samenvatting, gevolgd door de resultaten, conclusies en aanbevelingen uit de betreffende deelstudie. Hierbij bespreken we eerst de deelstudies uit het generieke spoor, en daarna de verschillende regionale casestudies.

Na de bespreking van de afzonderlijke deelstudies vervolgen we in hoofdstuk 4 met het generieke hoofdrapport en een analyse van dwarsverbanden in hoofdstuk 5. De conclusies van dit syntheserapport zijn tot slot opgenomen in hoofdstuk 6.

## 2 Vraagstelling compartimenteringstudie

### 2.1 Centrale beleidsvraag

De Compartimenteringstudie is opgezet om inzicht te kunnen leveren in de mogelijkheden voor het inzetten van de maatregel 'compartimentering' op basis van een brede verkenning, zowel naar methodologische aspecten als naar regionale kansen.

Concreet luidt de centrale beleidsvraag: Of, onder welke voorwaarden en waar vormt compartimentering een zinvolle fysieke ingreep om de gevolgen van overstromingen te beheersen?

Het plangebied voor de studie is geheel Nederland.

### 2.2 Deelvragen

De centrale vraag is geanalyseerd in de vorm van een brede verkenning. Deze verkenning is ondersteund door twee groepen van deelstudies: een groep generieke deelstudies en een groep regionale casestudies.

De generieke deelstudies richten zich op de volgende onderwerpen:

- *Historische positionering*  
Wat zijn door de eeuwen heen de overwegingen geweest om de maatregel compartimentering al dan niet in te zetten?
- *Bevindingen eerder onderzoek*  
Wat is er in de literatuur te vinden over de maatregel compartimentering in algemene zin, op regionale schaal, en in technische verhandelingen?
- *Analogieën*  
Zijn er in andere domeinen voorbeelden en bruikbare ervaringen met het toepassen van compartimentering?
- *Eerste selectie kansrijke dijkringen*  
Hoe ziet een praktisch bruikbare methode er uit om kansrijke locaties voor compartimentering te identificeren? Welke locaties resulteren uit een landsdekkende analyse?
- *Beoordelingskader*  
Hoe kan tot een systematisch en evenwichtig opgezet beoordelingskader en tot criteria voor compartimentering worden gekomen?
- *Decompartimentering*  
Op grond van welke overwegingen is decompartimentering al dan niet toegepast en zijn hieruit lessen te trekken?
- *Juridische aspecten*  
Hoe ziet het juridische instrumentarium eruit voor een besluit tot het aanleggen of aanwijzen van een compartimenteringswerk?

Om concreet invulling te kunnen geven aan de criteria veiligheid, batenkosten-verhouding en ruimtelijke kwaliteit, waarin begrepen de aspecten ruimtelijke ordening, landschap, natuur en cultuurhistorie, is een aantal regionale casestudies uitgevoerd. Daarbinnen zijn tevens nuttige ervaringen opgedaan met het werken aan draagvlak voor de mogelijkheden voor de maatregel compartimenteren, wel binnen het niet-verplichtende karakter van een verkenning.

De bevindingen aangaande compartimenteren uit de RBSO-studie vormden de basis voor het selecteren van de casestudies voor de compartimenteringstudie. De dijkkringen 36 'Land van Heusden / de Maaskant' en 43 'Betuwe/Tieler- en Culemborgerwaarden' lenen zich vanwege de langgerekte vorm goed voor compartimentering. Beide dijkkringen zijn in de RBSO-studie als kansrijk geïdentificeerd en in de compartimenteringstudie nader verkend. Ook de aanbeveling uit de RBSO-studie om de grensoverschrijdende dijkkringgebieden nader te onderzoeken is opgevolgd door de Ooij/Millingen (dijkkring 42) en het Rijn en IJssel (dijkkring 48) als casestudies op te nemen in de compartimenteringstudie. Vanwege de grote economische en maatschappelijke ontwrichting die te verwachten is in geval van overstroming is tevens dijkkring 14 'Centraal Holland' toegevoegd. De woningbouwopgave voor Almere betekent dat de komende jaren bijzonder geïnvesteerd zal worden in de zuidelijke Flevopolder (dijkkring 8). Deze investeringen rechtvaardigen het overwegen van een compartimenteringsdijk om potentiële gevolgen te reduceren.

De resultaten van de generieke deelstudies en casestudies zijn in samenhang geanalyseerd, en leveren bouwstenen in de formulering van de conclusies en aanbevelingen van deze compartimenteringstudie.

### **2.3 Uitgangspunten**

Voor de Compartimenteringstudie zijn de volgende uitgangspunten gekozen.

De uitgevoerde Compartimenteringstudie heeft het karakter van een studieproject, een verkenning. Deze sluit aan op de resultaten van de RBSO-studie. Hierbij wordt waar mogelijk gebruik gemaakt van bestaande kennis; waar nodig zal gericht nieuwe kennis worden ontwikkeld. Er zal worden samengewerkt met medeoverheden, en waar mogelijk met private partijen. Er worden geen beleidsmatige conclusies getrokken. Beleidsmatige afwegingen aan de zijde van het Rijk vinden plaats in het kader van WV21. Daarbinnen vindt ook de afweging tussen compartimenteren en andere risicobeperkende maatregelen plaats.

De Compartimenteringstudie gaat in eerste aanleg over compartimentering van dijkkringen. Hierbij staat voorop dat compartimentering de gevolgen van een overstroming uit een primaire gevarenbron (bijv. rivier, zee) beperkt. Niet alleen dijkkringen kunnen worden gecompartmenteerd maar ook water (bijv. boezemwateren), deze vorm wordt meegenomen waar het een rol speelt bij het beperken van gevolgen van overstromingen binnen dijkkringen. Het verder compartimenteren van bijvoorbeeld het Natte Hart blijft buiten beschouwing.

Beperking van de gevolgen van wateroverlast is niet primair een doel, wel kan dit in effecten- of meekoppelingssfeer aan de orde komen.

In de Compartimenteringstudie is niet alleen gezocht naar waar wel compartimentering zou kunnen worden toegepast maar ook naar waar compartimentering niet nagestreefd zou moeten/kunnen worden (evt. verwijderen van compartimenterende structuren).

## **2.4 Uitwerking: centrale vraagstelling, deelstudies, synthese en kwaliteitsborging**

In de compartimenteringstudie is de volgende werkwijze gevolgd. Vanuit de centrale vraagstelling is de hoofdstudie uitgewerkt, en is een aantal deelstudies geformuleerd en parallel uitgewerkt, waarbij zorg gedragen werd voor centrale kennisuitwisseling. Afhankelijk van de aard van de opgave zijn per deelstudie eigen werkwijzen gevolgd. In een tweetal casestudies (dijkkring 43 en dijkkring 36) zijn succesvol werkateliers toegepast. Hiermee bleek een uitstekende gedachtewisseling met betrokkenen in de regio mogelijk, resulterend in een rijkere inhoud, grote betrokkenheid en draagvlak voor methode en aanpak.

Op basis van de deelresultaten heeft het projectteam (voor samenstelling zie bijlage 1) in een drietal werkbijeenkomsten gewerkt aan de synthese, en zijn gezamenlijke conclusies en aanbevelingen opgesteld. Deze rapportage vormt de synthese van de onderzoeksrapportages van de hoofdstudie, de verschillende onderliggende deelstudies en de workshops, en is daar inhoudelijk consistent mee.

Het Directeuren Overleg Hoogwater (DOH) heeft als Stuurgroep opgetreden. ENW heeft bijgedragen aan de kwaliteitsborging door een review op concept producten.



## **3 Resultaten, conclusies en aanbevelingen uitgevoerde deelstudies**

### **3.1 Inleiding**

Om de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden is een hoofdrapport geschreven getiteld: Verkenning van nadere compartimentering van dijkkringgebieden. Dit hoofdrapport baseert zich op een aantal generieke deelstudies en vijf casestudies. In paragraaf 3.2 bespreken we in het kort de inhoud en de bevindingen per generieke deelstudie afzonderlijk. De bevindingen bestaan uit de resultaten, conclusies en aanbevelingen per deelstudie, en de aanvullingen hierop zoals geformuleerd door de projectgroep tijdens de afsluitende workshops. Paragraaf 3.3 gaat in op de resultaten en bevindingen uit de casestudies.

Na een korte samenvatting van het generieke hoofdrapport in hoofdstuk 4 volgen in hoofdstuk 5 de analyse en discussie naar aanleiding van deze deelstudies en van de centrale onderzoeksvragen uit het hoofdrapport.

### **3.2 Generieke deelstudies**

#### **3.2.1 Historische positionering**

De centrale onderzoeksvraag in het deelonderzoek 'het voordeel eener dubbele defensie - de discussies rond het compartimenteren van dijkringen in het verleden' luidde:

*Welke argumenten werden in het verleden ten gunste van het compartimenteringsprincipe aangevoerd en welke argumenten werden ten nadele hiervan naar voren gebracht?*

Om de argumenten goed te kunnen begrijpen is het noodzakelijk deze in de relevante historische context te kunnen plaatsen. Hiervoor maken we onderscheid tussen drie periodes: de periode tot 1800, de negentiende en de twintigste eeuw.

De meeste compartimenteringsdijken zijn aangelegd in de eerste periode. De sterkte van de primaire keringen liet herhaaldelijk te wensen over, waardoor er veel aandacht was voor het verminderen van het restrisico door een tweede verdediging aan te leggen.

Vaak was er voorts sprake van discussies en conflicten, omdat degenen die aan de bovenstroomse zijde van de compartimenteringsdijk woonden, geconfronteerd werden met een verhoogd overstromingsrisico. Dit werd soms opgevangen door nog meer compartimenteringsdijken aan te leggen.

In de tweede periode, en zeker na 1850, werd als centrale strategie van de overheid voor de beperking van het overstromingsgevaar ingezet op riviernormalisatie, omdat veel overstromingen het gevolg waren van ijssdammen in de rivier en compartimentering economisch niet aantrekkelijk was.

In de laatste periode, na de watersnoodramp van 1953, ontstond er een hernieuwde belangstelling voor compartimenteren.



Het inzicht dat de bestaande secundaire keringen de omvang van de ramp en het aantal slachtoffers hadden beperkt werd breed gedeeld. Als belangrijkste argumenten voor compartimenteren werden naar voren gebracht:

- het reduceren van de overstroomde oppervlakte, en daarmee de schade;
- het vertragen van de inundaties en het vergroten van vluchtkansen;
- het rechtstreeks bieden van hoge vluchtplaatsen;
- het beperken van het kombergingsvolume bij instroom van getijdewater, waardoor de bres beter te dichten is en de duur van de inundatie te beperken is.

Tegenstanders van compartimenteren stelden dat als de primaire waterkering bezweek, de (minder sterke) secundaire kering ongetwijfeld ook zou bezwijken.

Andere argumenten contra waren dat de mensen die aan de bovenstroomse zijde van de compartimenteringsdijk woonden een verhoogd risico liepen, en dat er in de drukbevolkte gebieden in Centraal Holland geen ruimte was voor een compartimenteringsdijk. Het economische argument bleef voorts zeer veel gewicht in de schaal leggen: de hoge kosten van instandhouding van bestaande en aanleg van nieuwe reservedijken. Dit geld kon volgens de tegenstanders beter aan de primaire dijken besteed worden. Met de miljardenuitgaven voor de noodzakelijk geachte versterking van de primaire waterkeringen voor de boeg kozen de beleidsmakers niet voor de compartimenteringsaanpak.

Met het op sterkte brengen van de primaire waterkeringen in 2015 zijn de verschillende argumenten pro en contra compartimenteren opnieuw te overwegen. Een nieuw gezichtspunt hierbij is compartimentering te beschouwen als aanvullende gevolgbeperkende maatregel bij bovenmaatgevende omstandigheden, terwijl de primaire keringen op orde zijn.

Conclusies uit de historische analyse zijn:

- bestaande compartimenteringswerken hebben hun waarde in het verleden aangetoond;
- compartimenteringen zijn aangelegd vanuit lokale behoeften, en in perioden dat de sterkte van de primaire keringen te wensen overliet en de technologie om de primaire keringen te versterken (bijvoorbeeld zandsuppleties voor de kust) nog niet beschikbaar was;
- er zijn meerdere malen grondige discussies gevoerd over compartimenteren; dit heeft nooit tot een brede inzet van deze maatregel geleid; riviernormalisatie en het versterken van de primaire keringen kregen de voorkeur;
- in de actuele discussies rond de beperking van overstromingsrisico's en de inzet van de maatregel compartimentering kunnen nieuwe argumenten van meer gewicht blijken dan de historische.

Vanuit de historische analyse wordt aanbevolen om de feitelijke betekenis van compartimenteringswerken tijdens overstromingen in het verleden nader te evalueren.

### 3.2.2 Bevindingen uit eerder onderzoek

Er is een onderzoek uitgevoerd naar bestaande vakliteratuur en kennis over het onderwerp compartimenteren in Nederland. De oogst bestond uit een aantal nationaal gerichte studierapporten, visies en leidraden, een aantal regionaal gerichte verordeningen en beheerplannen, en een groot aantal technische studies.

Het nationale spoor start met de aanbevelingen van de Deltacommissie(1960) naar aanleiding van de watersnoodramp in 1953. Hierna krijgt het onderwerp compartimenteren volle aandacht in de TAW werkgroep "Tweede Waterkeringen" [lit.4].

Het regionale spoor omvat beheerplannen voor aanwezige compartimenterende keringen. Voor het schrijven van zo'n plan en voor het proces van het normeren van deze keringen heeft STOWA leidraden doen opstellen. Het al dan niet vaststellen van een norm voor elke secundaire kering is een bevoegdheid van de regio.

Gebruik makend van de groeiende technische mogelijkheden zijn voor een groot aantal gebieden inundatieberekeningen uitgevoerd. Hierbij spelen de compartimenterende functies van bestaande secundaire keringen en andere lijnvormige terreinverhogingen en infrastructuur een belangrijke rol. Technische studies naar de belasting en sterkte van deze elementen ondersteunen de regionale veiligheidsstudies. Recent is onderzoek uitgevoerd naar de consequenties van 'systeemwerking': de verandering van de hydraulische belasting van een dijkkring ten gevolge van het bezwijken van een andere dijkkring. Onderzoek naar de maatgevende vorm van een afvoergolf, die een inundatieduur en -volume vastlegt, loopt.

### 3.2.3 Analogieën

Compartimentering vindt op veel terreinen toepassing om de gevolgen van een ramp beter te beheersen. Met het oog erop hieruit lering te kunnen trekken voor toepassing van compartimentering in het beperken van gevolgen van overstromingen zijn compartimenteringtoepassingen in een aantal andere domeinen nader verkend.

In de scheepvaart worden dubbele wanden en waterdichte compartimenten toegepast om zinken na een aanvaring te voorkomen. In de luchtvaart echter, wordt compartimentering niet toegepast. Gebouwen worden in compartimenten verdeeld om de gevolgen van een brand binnen het gebouw te beperken. De compartimenten worden onderling gescheiden door brandbestendige wanden, vloeren en deuren. In de bosbouw worden percelen gescheiden door brandgangen om de verspreiding van een bosbrand te vertragen en het bos beter toegankelijk te maken voor de brandweer. Of er sprake is van een situatie waarin de bedreiging voor het te beschermen object in onafhankelijke bedreigingen per compartiment kan worden gesplitst is wezenlijk voor de toepassing in elk domein.

In de praktijk zijn in verschillende domeinen normen en voorschriften voor compartimentering ontwikkeld. Die normen en voorschriften zijn gebaseerd op een afweging van benodigde extra investeringen tegen een geringere kans op slachtoffers en schade. De normen en voorschriften worden vervolgens toegepast zonder dat in elk individueel geval opnieuw een bewuste afweging wordt gemaakt van kosten en baten.

Naast het economische nut van toepassing van deze maatregel in andere domeinen is veelal ook het aspect veiligheid in deze domeinen van belang. Ook vanuit dit aspect zijn er in een aantal domeinen voorschriften en regelgeving ingevoerd.

#### 3.2.4 Eerste selectie kansrijke dijkringen

Bij de start van de compartimenteringstudie is in een deelstudie een systematisch zoekproces opgezet en uitgevoerd op basis van objectieve, kwantitatieve criteria, naar dijkringen waar de maatregel compartimentering kansrijk kan zijn.

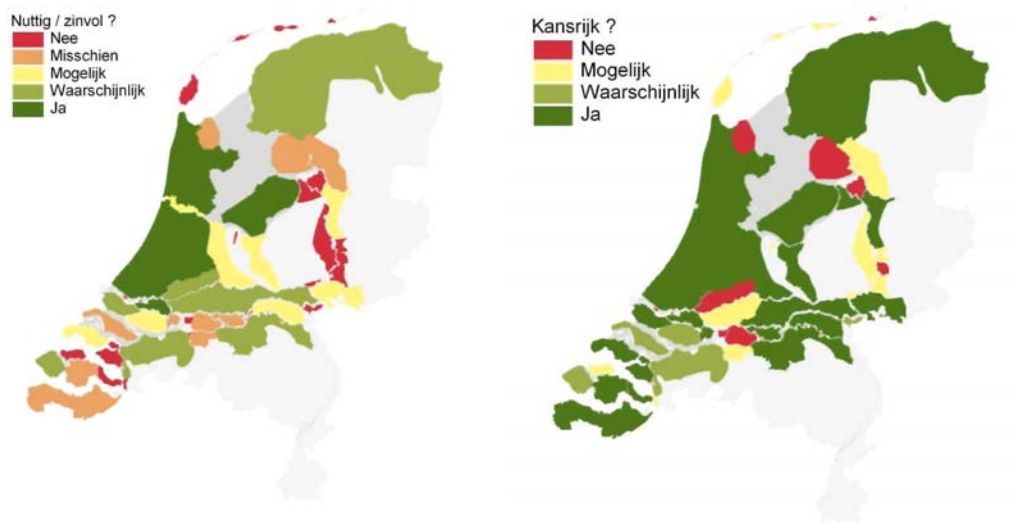
Dit zoekproces kende vier stappen:

- 1 Welke dijkringen zijn gevaarlijk groot?  
Een groot overstroomd oppervlak levert doorgaans grote schade op.
- 2 Waar zijn de gevolgen van een overstroming groot?  
Gevolgen in termen van schade, slachtoffers en getroffen.
- 3 Hoe bepalen het reliëf en fysiografische eigenschappen het overstromingsverloop?  
Badkuiprofielen leveren grote gevolgen op; bestaande compartimenterende structuren kunnen gevolgen beperken.
- 4 Welke eigenschappen van de dijkkring zijn medebepalend voor de kansrijkheid?  
Vorm van de dijkkring, ligging t.a.v. de bedreiging, situering bevolkingscentra binnen de dijkkring, planning en ligging lijninfrastructuur bepalen mede de kansrijkheid.

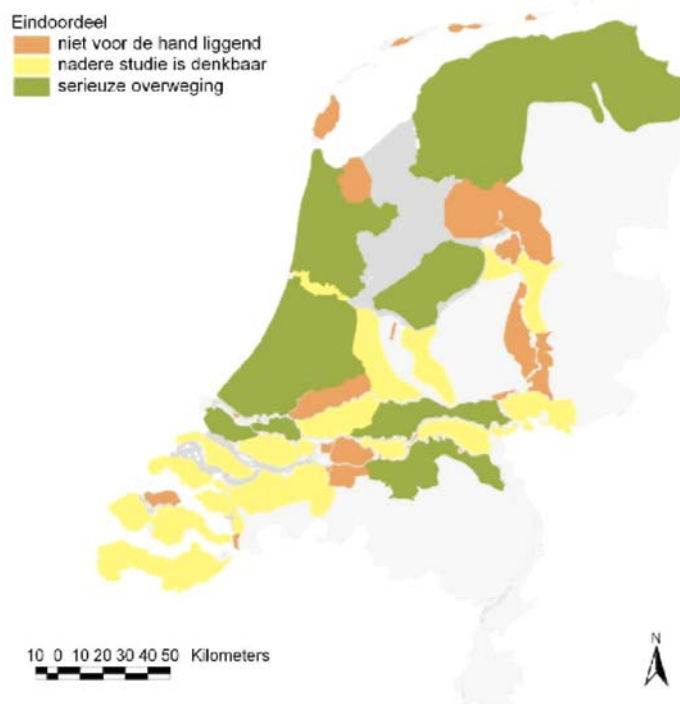
Het resultaat van dit zoekproces is samengevat in een tweetal karakteristieken per dijkkring.

- Voor alle dijkringen is inzichtelijk gemaakt of het *nuttig* is een dijkkring te compartimentering (gelet op grootte, aantal slachtoffers en schade);
- Tevens is voor alle dijkringen inzichtelijk gemaakt of een dijkkring *kansrijk* is voor compartimentering (gelet op vorm, landgebruik en aanwezigheid lijnelementen).

De bevindingen op beide onderdelen zijn in onderstaand kaartje weergegeven.



Onderstaande figuur geeft per dijkkring het eindoordeel gebaseerd op Nut en Kansrijkheid.



Figuur 3.1

De volgende dijkkringen verdienen serieuze overweging voor compartimentering op basis van deze analyse:

- Flevoland (8);
- Zuid-Holland (14);
- Land van Heusden / de Maaskant (36);
- Betuwe en Tieler- en Culemborgerwaarden (43);
- Noord-Holland (13);
- Friesland-Groningen (6);
- IJsselmonde (17);
- Voorne-Putten (20).

Uit deze reeks zijn in de casestudies een aantal dijkkringen uitgewerkt. Dit heeft geleid tot het verdiepen en bijstellen van de inzichten t.a.v. kansrijkheid. Dit komt aan de orde in Hoofdstuk 4.

### 3.2.5 Beoordelingskader

In deze deelstudie gaat het om het opstellen van een kader om de vraag te beantwoorden of compartimentering een zinvolle maatregel kan zijn, en zo ja, op welke locaties. Hiertoe is een beoordelingskader uitgewerkt op hoofdlijnen. Dit beoordelingskader omvat zowel de procedure als de inhoud.

De procedure omvat een stappenplan om locaties te bepalen waar compartimentering veelbelovend lijkt. Dit stappenplan omvat drie stappen:

- 1 een strategische verkenning per dijkkring over de kansrijkheid van de maatregel compartimentering op basis van een aantal overwegingen;
- 2 een tactische afweging naar de tracékeuze en ruimtelijke inpassing;
- 3 een globaal ontwerp, ter verkrijging van inzicht in kosten en draagvlak.

De inhoud bevat vervolgens de criteria waarmee de beoordeling en selectie kunnen worden uitgevoerd. Als belangrijkste criteria komen uit deze verkenning de batenkosten-verhouding en de ruimtelijke kwaliteit naar voren. Ook secundaire criteria wegen mee in de beoordeling.

De methode voor het bepalen van de kosten en baten is vervolgens nader uitgewerkt. Hierbij wordt tevens aandacht gegeven aan bronnen voor onzekerheden. Een belangrijke bron is de onzekerheid in de overstromingskans. Deze is bepalend voor de jaarlijks te verwachten schaden c.q. baten.

Compartimentering wordt vergeleken met een referentiesituatie waarin alle waterkeringen op orde zijn en voldoen aan de wettelijke normen, zie onderstaande tabel.

Tabel 3.1

Aspect	Uitgangspunt	Opmerkingen
Dijkstelsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referentiejaar is 2015</li> <li>• Dijken voldoen aan wettelijke normen</li> <li>• Overloop/overslag is dominante faalmechanisme</li> </ul>	komt overeen met RBSO en WV21
Beheer en onderhoud dijkstelsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na 2015 blijven keringen voldoen aan wettelijke normen</li> <li>• Na 2015 handhaven van basiskustlijn en van beschermingsniveau</li> </ul>	komt overeen met RBSO maar wijkt af van WV21, waarin normendiscussie juist wordt gevoerd
Effect andersoortige maatregelen	wordt geen rekening mee gehouden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• komt overeen met WV21 en niet met RBSO waar het effect van andere maatregelen wel wordt bepaald</li> <li>• economische groei werkt lineair door in overstromingsschade</li> <li>• met gevoeligheidsanalyse wordt nagegaan wat effect is op de uitkomsten</li> </ul>

Opgemerkt wordt dat het aspect maatschappelijke ontvricting verwerkt is in het beoordelingskader via een toeslagpercentage op de schade. Of dit aspect echter hiermee afdoende is meegenomen is onderwerp van discussie. In hoofdstuk 5 gaan we hier nader op in.

### 3.2.6 Decompartimentering

Het overstromingsverloop in kleine dijkringen of in kleine compartimenten grenzend aan buitenwater kan, vooral door de grote stijgsnelheid, tot een relatief groot slachtofferrisico leiden. Dit vormt de achtergrond voor lokale pleidooien voor compartimentering, het opheffen van bestaande gecompartmenteerdheid.

Een beknopte historische analyse naar situaties waarin compartimentering overwogen is [lit.5] heeft opgeleverd dat deze maatregel in de meeste van de beschouwde gevallen niet is ingezet.

De beoogde reductie in slachtofferrisico's of in beheer- en onderhoudskosten, of de barrièrewerking bij ruimtelijke ontwikkelingen, bleken geen doorslaggevende argumenten voor compartimentering te zijn. In situaties bij de Zeeburgersluizen en in Dordrecht is er echter wel, mede uit veiligheidsoverwegingen, gecompartmenteerd.

Er zijn voorts voorbeelden beschikbaar van compartimentering, waar dit zich beperkt tot een administratieve handeling, waarin alleen de waterkerende status van een object wordt opgeheven. Een recent ander voorbeeld betreft de veiligheid van een klein compartiment bij Capelle, die aan de orde kwam na de ontwikkeling van een nieuwe woonwijk. De veiligheid is hier verbeterd door het opstellen van een grondig evacuatieplan en het beperkt verlagen van de compartimenteringsdijk.

Voor het reduceren van overstromingsrisico's kan de maatregel compartimentering op dit moment alleen in een bijzonder geval aan de orde zijn. Als er woonwijken of andere grote investeringen in bestaande kleine compartimenten gepland worden, kan de maatregel wel van belang zijn.

### 3.2.7 Juridische aspecten

Dit deelonderzoek had als doel om de juridische kaders te beschrijven die mogelijk relevant zijn voor een besluit tot het aanleggen van nieuwe compartimenteringsdijken c.q. tot het geven van een compartimenteringsfunctie aan bestaande dijken. Bestuursrechtelijke wetten relevant bij de uitvoering van een dergelijk besluit worden niet beschreven. Wel wordt ingegaan op het juridische kader voor het beheer van compartimenteringswerken.

Op dit moment vormen de Wet op de Waterkering (primaire waterkeringen) en de WRO (andere gevallen) de kaders voor aanleg c.q. aanwijzing van compartimenteringen. De Tracéwet biedt alleen mogelijkheden bij functiecombinatie met hoofdinfrastructuur. Voor het beheer van compartimenteringswerken vormen, in het geval dat het Rijk beheerder is, Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken en de bijlagen bij de Wet op de Waterkering het juridische kader, en in geval een waterschap beheerder is, de Keur.

Geconcludeerd wordt dat de nieuwe Waterwet ruimere mogelijkheden biedt dan de bestaande wetgeving om compartimenteringen aan te leggen c.q. aan te wijzen. De nieuwe Waterwet voorziet namelijk in een projectprocedure die tot stroomlijning en daarmee versnelling van de besluitvorming zal leiden. Ook kan de projectprocedure uit deze wet worden gebruikt om bij Provinciale verordening regionale keringen voor compartimentering aan te leggen of aan te wijzen.

Aan het juridisch instrumentarium voor het reserveren van ruimte voor mogelijk toekomstige compartimenteringen is nog geen aandacht gegeven.

### 3.3 Casestudies

De in paragraaf 2.2 beschreven overwegingen voor de keuze van de vijf casestudies vatten we samen in Tabel 3.2

Tabel 3.2: Motivering selectie casestudies

Dijkkring		Motivatie
14	Centraal Holland	Grote economische en maatschappelijke impact bij overstroming
8	Zuidelijk Flevoland	Geplande investeringen in Almere in combinatie met lage ligging
43	Betuwe	Kansrijke vormgeving en ligging tussen rivieren
36	Maaskant	Kansrijke vormgeving en lage ligging Den Bosch en A2
42/48	Rijn en IJssel en Ooij/Millingen	Systeemwerking en afstemming met Duitsland

Voor het bepalen van schade en slachtoffers is gebruik gemaakt van de module HIS-SSM (Schade- en Slachtoffer Module).

### 3.3.1 Centraal Holland

#### Kenschets Centraal-Holland

Dijkkring 14 (Centraal-Holland) is de woon- en werkplaats van ongeveer 3,5 miljoen mensen. Het gebied vormt het economische, culturele en bestuurlijke hart van Nederland. De dreiging van grootschalige overstroming komt vanuit zee en de rivieren. De hoogteligging varieert van meer dan zes meter beneden NAP in droogmakerijen tot vele meters boven NAP in de duinen langs de Noordzee. Een brede kustzone ligt rond NAP-niveau. Door aanleg van ringdijken (rond droogmakerijen), boezemkaden en rivierdijken is het gebied in de loop der eeuwen al sterk gecompartmenteerd.



Centraal Holland (14) – huidige situatie	
Grootte	222.536 ha
Verwachte schade	€ 18,6 miljard bij enkelvoudige doorbraak onder maatgevende condities
Verwacht aantal slachtoffers	500

*Het doel van de casestudie Centraal-Holland is om antwoord te geven op de vraag of compartimenteren van dijkkring 14 inderdaad een zinvolle maatregel is om de gevolgen van een overstroming te beperken.*

#### Werkwijze

In deze casestudie wordt mede op basis van een historische beschouwing een beeld gevormd van de huidige compartimentering van Centraal Holland. Dit beeld maakt het mogelijk om een onderscheid te maken tussen meer en minder kwetsbare gebieden in deze dijkkring. Voor de meest kwetsbare gebieden zijn representatieve doorbraaklocaties aangewezen. De doorrekening van overstromingsscenario's op deze locaties maakt duidelijk dat in geen van de situaties de gehele dijkkring 14 na een doorbraak onderloopt. Zowel doorbraken vanuit zee als vanuit de rivier zijn beschouwd.

Bij de verkenning van mogelijke compartimenteringstrajecten is Centraal Holland onderverdeeld in vijf deelgebieden: zuidwest, noordwest, oost, zuidoost en zuid. In deze deelgebieden is aansluitend op bestaande infrastructuur gezocht naar compartimenteringstracés die effectief zouden zijn in geval van een doorbraak op één van de representatieve doorbraaklocaties. Voor ieder van de trajecten is een batenkosten-verhouding en het aantal getroffen en bepaald.

Een opdeling bleek vaak ook ongewenste gevolgen te hebben vanwege het feit dat grote bevolkingsconcentraties zich juist vlak achter de waterkering bevinden. Een combinatie van compartimentering met overstromingsbestendige dijk(vak)ken bij stedelijk gebied ligt wel voor de hand.

#### Resultaten

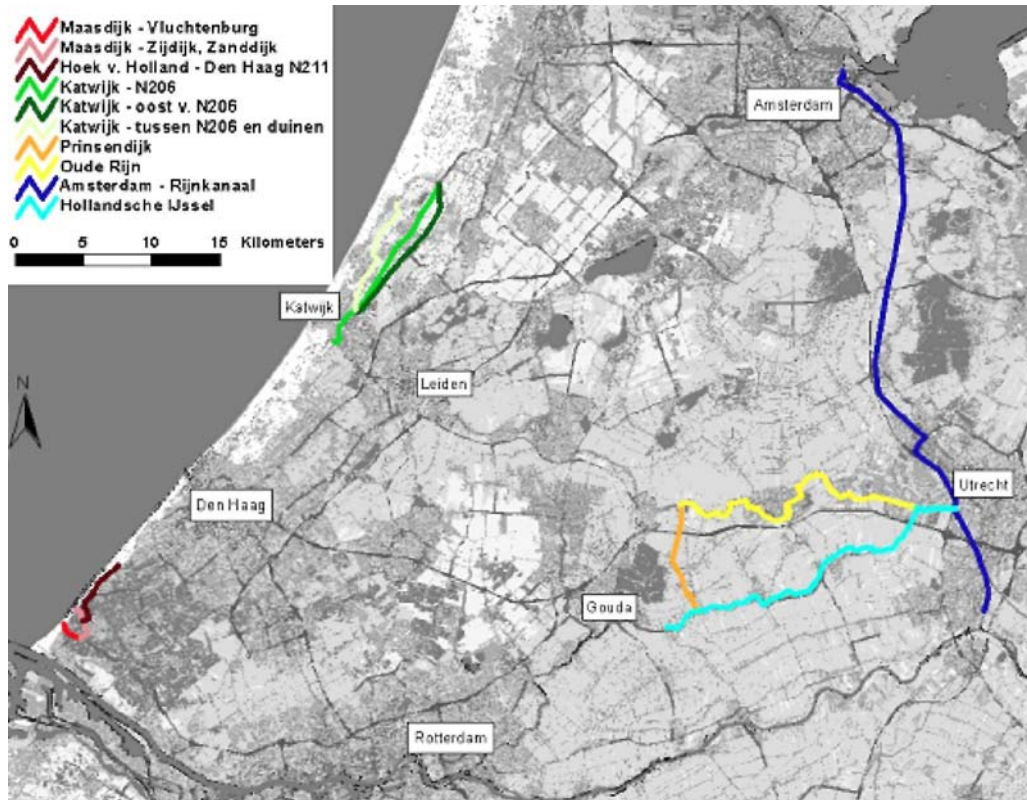
Gebieden waar compartimentering mogelijk een aantrekkelijke maatregel is om de gevolgen van een overstroming te beperken bleken te zijn:

- het zuidwesten van de dijkkring tussen Rotterdam en Hoek van Holland en tussen Hoek van Holland en Den Haag (bedreigd bij een doorbraak uit de Noordzee en de Nieuwe Waterweg);
- het westen van de dijkkring tussen Katwijk en Noordwijk (bedreigd vanuit de Noordzee);



- het oosten van de dijkkring nabij de Hollandsche IJssel en het Amsterdam-Rijnkanaal (bedreigd bij een doorbraak vanuit de Nederrijn-Lek bij dijkkring 44 en de Lek ter hoogte van dijkkring 15).

Onderstaande figuur geeft de ligging van de onderzochte tracés voor compartimenteringsdijken weer.



Figuur 3.2 Onderzochte tracés compartimenteringsdijken

## Conclusies

Bestudering van de verschillende mogelijkheden voor compartimentering in de casestudie Centraal Holland leidt tot de volgende conclusies:

- Op basis van een kosten-batenanalyse is compartimentering als gevolgbeperkende maatregel in Centraal Holland nergens rendabel, noch bij overstromingen vanuit zee noch bij overstromingen vanuit de rivieren. In deze analyse zijn effecten van maatschappelijke ontwrichting alleen als opslag bij de baten en slachtoffers meegewogen.
- In geval van doorbraak van de primaire kering in Centraal Holland loopt het gebied slechts gedeeltelijk onder. Dit geldt voor alle gekozen varianten (overstroming vanuit zee en vanuit de rivieren). Hierin wijkt dit dijkgebied essentieel af van vele andere dijkgebieden in Nederland. De reeds aanwezige regionale keringen spelen hierbij een belangrijke rol.
- Regionale keringen in het gebied hebben een waterkerende, vertragende of geleidende werking. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat er in deze studie vanuit gegaan is dat de regionale keringen sterk genoeg zijn om het buitenwater te keren terwijl ze hier niet op zijn ontworpen.

- De primaire c-keringen zijn de achilleshiel van Centraal Holland. De aangrenzende dijkringen hebben een lagere norm dan dijkkring 14. Indien in deze dijkringen een doorbraak plaatsvindt bij een buitenwaterstand met een frequentie van voorkomen die groter is dan 1:10.000 stroomt het water over de primaire C-keringen naar dijkkring 14.  
Vanuit de rivieren kan als gevolg hiervan een groot deel van dijkkring 14 overstroomd raken met een potentiële schade van 35 miljard en meer dan 400.000 getroffen.
- De schade bij overstromingen die zich vanuit het rivierengebied voordoet is groter dan bij een doorbraak van een zeekering.  
De oorzaak hiervan is de continue instroom van water vanuit de rivier terwijl het in geval van de kust om getijdewerking gaat en een beperkte stormopzetduur. Bovendien grenzen aan de rivierdijken, meer dan aan de kust, grote laaggelegen gebieden die gemakkelijk onderlopen.
- De mogelijkheden voor functiecombinatie zijn voor de meeste onderzochte tracés beperkt. Ook de landschappelijke inpasbaarheid is voor de meeste onderzochte keringen gering.
- De aanleg van een secundaire dijk bij de kust is effectief mits een tijdige evacuatie van het tussenliggende gebied gegarandeerd kan worden. Het effect van evacuatiemogelijkheden op het aantal slachtoffers is nog onvoldoende gemodelleerd en verdient daarom nadere aandacht.

### **Aanbevelingen**

Gelet op de boven geconstateerde achilleshiel van dijkkring 14 bij de c-keringen, wordt aanbevolen om de systeemwerking tussen dijkkring 14, 15 en 44 nader te verkennen. De systeemwerking bepaalt in sterke mate het overstromingsrisico (kansen en gevolgen) van dijkkring 14.

Ondanks de conclusie dat economisch gezien het aanleggen van een compartimenteringsdijk niet rendabel is, zou uit maatschappelijk oogpunt de vraag gesteld moeten worden of compartimentering toch niet gewenst is. Uiteraard kunnen in deze afweging ook andere gevolgbeperkende maatregelen worden meegenomen die tot doel hebben om maatschappelijke ontwrichting (loss of control) te voorkomen. In de afweging over de aanleg van nieuwe infrastructuur zou de mogelijke betekenis ervan voor evacuatie of compartimentering moeten worden meegenomen. De combinatie van functies maakt oplossingen haalbaar die op zich beschouwd niet betaalbaar zijn.

De standzekerheid van bestaande lijnelementen en status van bestaande BWO-keringen is nog onvoldoende bekend. Duidelijk is dat sommige regionale keringen de overstroming kunnen vertragen of stoppen. Aanbevolen wordt om de standzekerheid van aanwezige regionale keringen te onderzoeken.

Als de standzekerheid kan worden gegarandeerd dan is te overwegen deze elementen een status te geven als compartimenteringsdijk.

### 3.3.2 Zuidelijk Flevoland

#### Kenschets Zuidelijk Flevoland

Zuidelijk Flevoland maakt deel uit van dijkkring 8, Flevoland. De dijkkring wordt omringd door water. Zuidelijk Flevoland wordt door de Knardijk gescheiden van Oostelijk Flevoland. Zuidelijk Flevoland verstedelijkt al enige decennia in een snel tempo. Almere heeft momenteel meer dan 150.000 inwoners en zal kunnen doorgroeien naar 400.000 inwoners. Zuidelijk Flevoland is een diepgelegen droogmakerij. Vrijwel het gehele gebied zal dus bij falen van een waterkering (onder zware stormcondities) snel kunnen vollopen. Dit water zal na de ramp weer uit het gebied moeten worden gepompt.



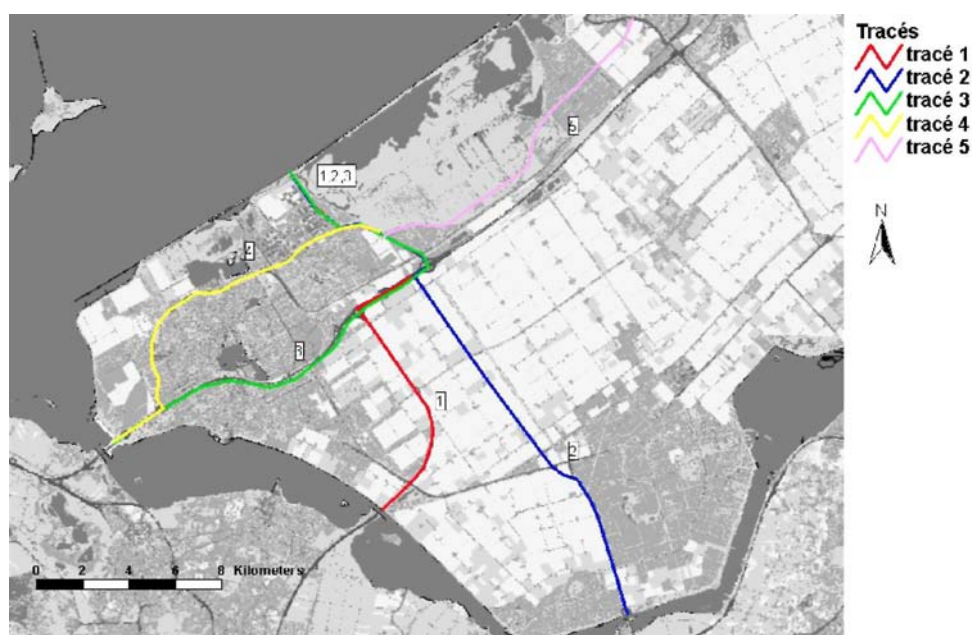
Flevoland (8) – huidige situatie	
Grootte	97.405 ha
Verwachte schade	€7 miljard
Verwacht aantal slachtoffers	150

*Het doel van de casestudie Flevoland is om na te gaan of compartimenteren van Zuidelijk Flevoland een aantrekkelijke maatregel is om de gevolgen van een overstroming in dit gebied te beperken.*

#### Werkwijze en resultaten

Op basis van een korte beschouwing van de compartimenteringsgeschiedenis van Flevoland en de verwacht toekomstige ontwikkelingen zijn voor Zuidelijke Flevoland vijf mogelijke tracés geselecteerd voor een compartimenteringsdijk.

Deze tracés zijn verkend en beoordeeld op effectiviteit, rentabiliteit, inpasbaarheid en robuustheid. Hierbij is een scherper beeld verkregen van het specifieke risicoprofiel van Zuidelijk Flevoland als verstedelijkte diepgelegen droogmakerij. Naast compartimentering is ook een eerste beeld verkregen van mogelijke andere effectieve ingrepen die bij kunnen dragen aan risico- en crisisbeheersing in Zuidelijk Flevoland.



Figuur 3.3: Verkende compartimenteringstracés in Flevoland

## Conclusies

De studie toont aan dat na formalisering van de Knardijk als regionale compartimenteringskering er geen aanvullende compartimenteringsdijken zijn die voldoende rendabel en robuust zijn. Een compartimenteringsdijk is alleen bij een doorbraak ter hoogte van de Oostvaardersplassen effectief; bij andere doorbraakscenario's zullen de gevolgen door een compartimenteringsdijk zelfs ernstiger kunnen zijn. De waterdiepte in de situatie met compartimenteringsdijk stijgt sneller dan in de situatie zonder. In de toekomst kan, als gevolg van economische groei en uitbreiding van Almere, de rentabiliteit van de onderzochte tracés toenemen. Een aantal varianten is alleen effectief en robuust genoeg te maken als ze worden gecombineerd met normdifferentiatie, waarbij het stedelijke compartiment een duidelijk hoger beschermingsniveau krijgt.

Voor andere maatregelen in de sfeer van kansreductie, blootstellingsbeperking en kwetsbaarheidsbeperking, liggen in Almere als grotendeels nog te bouwen stad kansen open om dit mee te koppelen met nieuwe uitbreidingsplannen.

## Aanbevelingen

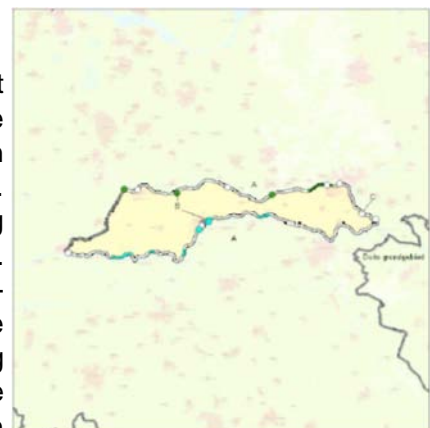
Naar aanleiding van de uitgevoerde casestudie wordt aanbevolen om compartimentering in Zuidelijk Flevoland alléén te overwegen in combinatie met een dijkversterking bij Almere. Zonder dijkversterking zal het risico's op slachtoffers in het compartiment Almere toenemen door grotere waterdieptes in kleine compartimenten. Voorts wordt aanbevolen om de mogelijkheden van een ruimtelijke planning die rekening houdt met risico- en crisisbeheersing, in de komende decennia optimaal te verkennen. Deze kennis kan benut worden bij gebiedsontwikkeling in Zuidelijk Flevoland en Markermeer/IJmeer.

De omvangrijke verdere ontwikkeling van Almere wordt gezien als uitgelezen kans om bij de verdere inrichting functies te combineren met waterveiligheid.

### 3.3.3 Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden

#### Kenschets Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden

Dijkkring 43 is een van de grootste dijkringen in het rivierengebied. Deze dijkkring wordt bij extreme rivierafvoer aan drie kanten door rivieren (Pannerdens kanaal, Nederrijn en Waal) bedreigd. Het maaiveld van de dijkkring loopt in westelijk richting af. Overstromingswater volgt deze terreinhelling. Bewoningconcentraties zijn Culemborg, Geldermalsen, Tiel en Arnhem/Elst in het oostelijke gedeelte. Aan de westzijde wordt de dijkkring begrensd door de Diefdijk, een eeuwenoude compartimenteringsdijk. De bovenstroomse 'kop' van de dijkkring maakt deel uit van het Knooppunt Arnhem - Nijmegen. Het KAN zal zich de komende decennia verder ontwikkelen tot een stedelijke zone met veel inwoners en bedrijvigheid. Dijkkring 43 is na de Tweede Wereldoorlog veranderd van een tamelijk geïsoleerde regio tot een zeer goed ontsloten gebied, dat daardoor een vitale schakel vormt tussen Noord- en Zuid Nederland. Met de voltooiing van de A15 en de Betuwelijn zal het gebied ook in oost-westrichting een vitale verkeer- en vervoerfunctie krijgen.



Betuwe, Tieler- en Culemborger waarden (43) – huidige situatie	
Grootte	62.595 ha
Verwachte schade	€ 13,8 miljard
Verwacht aantal slachtoffers	100

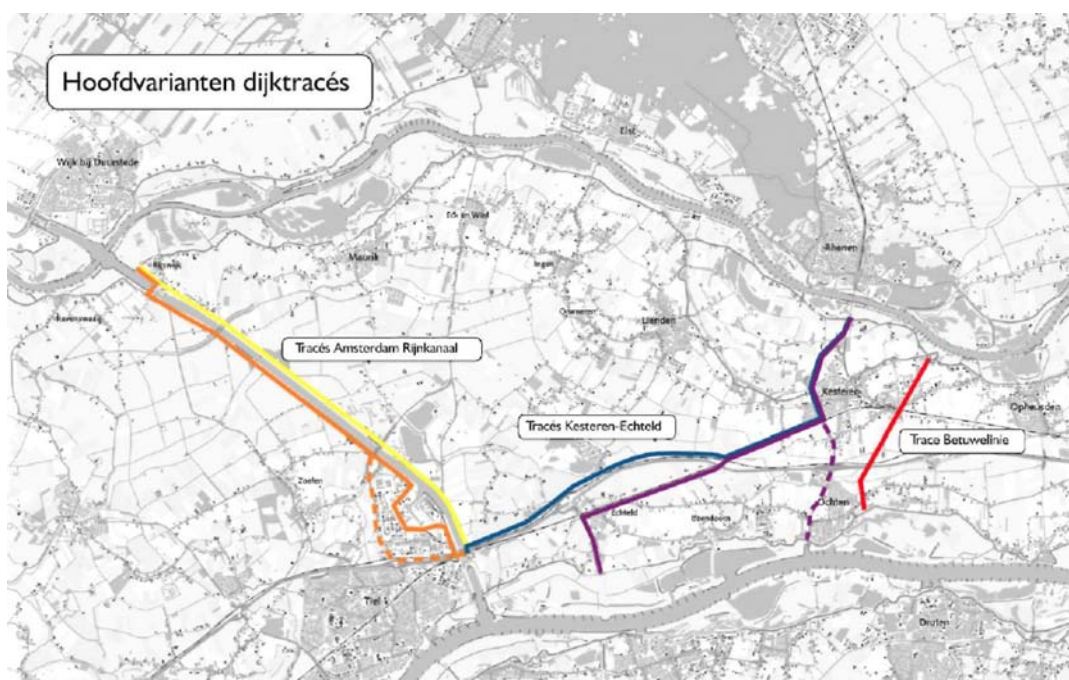
Het doel van de casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden is om een diepgaande verkenning uit te voeren naar het nut en de implicaties van een compartimenteringsdijk in de Betuwe voor de gevolgen van een dijkdoorbraak in Dijkkring 43.

### Werkwijze en resultaten

De dijkkring Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden is een langwerpige oost-westgeoriënteerde dijkkring die ongeveer halverwege het smalst is. In deze 'taille' zijn drie kansrijke tracés (met varianten) benoemd om een compartimenteringsdijk te situeren:

- langs het Amsterdam-Rijnkanaal (aan de west- of oostzijde);
- vanaf de brug over de Nederrijn bij Kesteren naar Ochten of vanaf de brug langs de spoorlijn richting Echteld/Tiel;
- op het tracé van de voormalige Betuwelinie; vanaf het Werk aan de Spees ten oosten van Kesteren tot de voormalige Batterijen bij Ochten.

Onderstaande figuur geeft de drie hoofdvarianten weer zoals behandeld in de casestudie:



Figuur 3.4: Drie hoofdvarianten voor compartimentering Betuwe

Voor de drie hoofdvarianten zijn de baten en de kosten bepaald en is in de casestudie inzichtelijk gemaakt welke perspectieven er zijn voor meekoppeling met regionale ontwikkelingen, ruimtelijke kwaliteit en robuustheid.

## Conclusies

Uit de casestudie blijkt dat als gevolg van de aanleg van een compartimenteringsdijk in de Betuwe het aantal getroffen en als gevolg van een doorbraak grofweg halveert. De baten blijken het grootste te zijn bij een compartimenteringsdijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal, waar de batenkosten verhouding, gebaseerd op eerstejaars rendement bij een doorbraak bij Bemmelen, 2,3 tot 2,6 is. Het analyseren van verschillende landschappelijke oplossingen voor compartimenteringsdijken geeft extra inzicht in de te bereiken ruimtelijke kwaliteit. Uit de analyses blijkt tevens dat het lozen van water uit het overstromde gebied, zodra de gelegenheid zich voordoet, een grote invloed heeft op de maximale waterstanden en daarmee op de vereiste hoogte van de compartimenteringsdijk.

Een verhoging van de kanaaldijk met 3 à 3,5 m is dan voldoende. Onderstaande tabel geeft inzicht in de beoordeling van de tracés op de aspecten meekoppeling, landschappelijke inpasbaarheid, beheersbaarheid en onderhoudbaarheid en flexibiliteit.

Tabel 3.3

Alternatief tracé	Meekoppeling	Landschappelijke inpasbaarheid	Beheersbaarheid en onderhoudbaarheid	Flexibiliteit
Betuwelinie	Strakkere scheiding tussen woon-/industriële uitbreidingen (westzijde) en (nieuw)natuur (oost)	Tracé past goed in landschap, leidt tot heldere scherpe scheiding tussen bebouwd en open gebied; bebouwing aan gunstige zijde van de dijk	kent relatief veel coupures	grootste afname van de berging; uitbreidingsmogelijkheden KAN geringst
Kesteren-Echteld	Dijk kan fungeren als fietsroute en evacuatieleroute; dijk in zoekgebied windmolens gemeente Buren	Past in lijnstructuur landschap maar tast open landschap in noordelijk richting verder aan.	kent relatief veel coupures, waaronder aantal ingewikkelde (kruising A15, Betuwe, Linge)	forse afname van de berging; beperking in uitbreidingsmogelijkheden KAN
ARK-west	Evt. weg over de dijk, fruitteelt langs de dijk; beleving neutraal	Compartimenteringsdijk versterkt (aanwezige) tweedeling gemeente Buren door de verhoogde afmetingen van de dijk	'logisch' gelegen naast het ARK, waar al een dijklichaam aanwezig is	geringste afname van de berging; geringste invloed op KAN

De hoofdconclusie van deze casestudie luidt: Het verhogen van de westelijke kade langs het Amsterdam-Rijnkanaal is een goede mogelijkheid om dijkkring 43 te compartimenteren. Een compartimenteringsdijk beperkt in deze situatie zowel de schade als het aantal getroffen sterk. Inpassing van de compartimenteringsdijk aan de westelijke zijde van het Amsterdam Rijnkanaal is mogelijk zonder sterk in te hoeven grijpen op bestaande wegen- of railstructuren. De baten c.q. vermeden schade overstijgen de kosten van deze dijk.

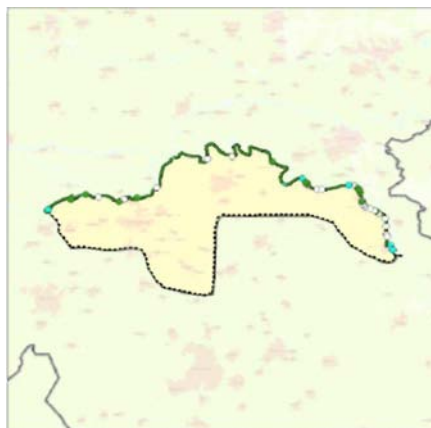
## Aanbevelingen

Op basis van de casestudie wordt aanbevolen om een compartimenteringsdijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal in combinatie met een uitlaatwerk nader uit te werken, omdat dit alternatief als zeer kansrijk wordt aangemerkt. Door uit te gaan van lozen van water zodra dit mogelijk is, kan de extra hoogte die nodig is om van de kanaaldijk een compartimenteringsdijk te maken in belangrijke mate worden beperkt. Een combinatie van een lage Betuwelinie met een kerende compartimenteringsdijk ARK-west is landschappelijk goed inpasbaar en draagt extra bij tot de gevolgbepijking.

## 3.3.4 Land van Heusden / De Maaskant

**Kenschets Land van Heusden / de Maaskant**

Dijkkring 36 is de grootste dijkkring van het rivierengebied. Hij strekt zich uit over vrijwel de gehele lengte van de zuidoever van de bedijkte Maas en wordt aan de zuidzijde vrijwel overal begrensd door hogere gronden. Met name het westelijke deel van de dijkkring met den Bosch als centrum is verstedelijkt en dit proces zal zich verder voortzetten. In het deel ten oosten van Den Bosch is Oss het belangrijkste stedelijke centrum, gelegen op de overgang naar de hogere gronden. De A2 vormt een vitale noord-zuidschakel in het nationale hoofdwegennet. Met uitzondering van een aantal komgebieden direct grenzend aan de rivier ligt het maaiveld in deze dijkkring betrekkelijk hoog ten opzichte van de rivier (van 0 tot ca. 3 meter onder MHW).

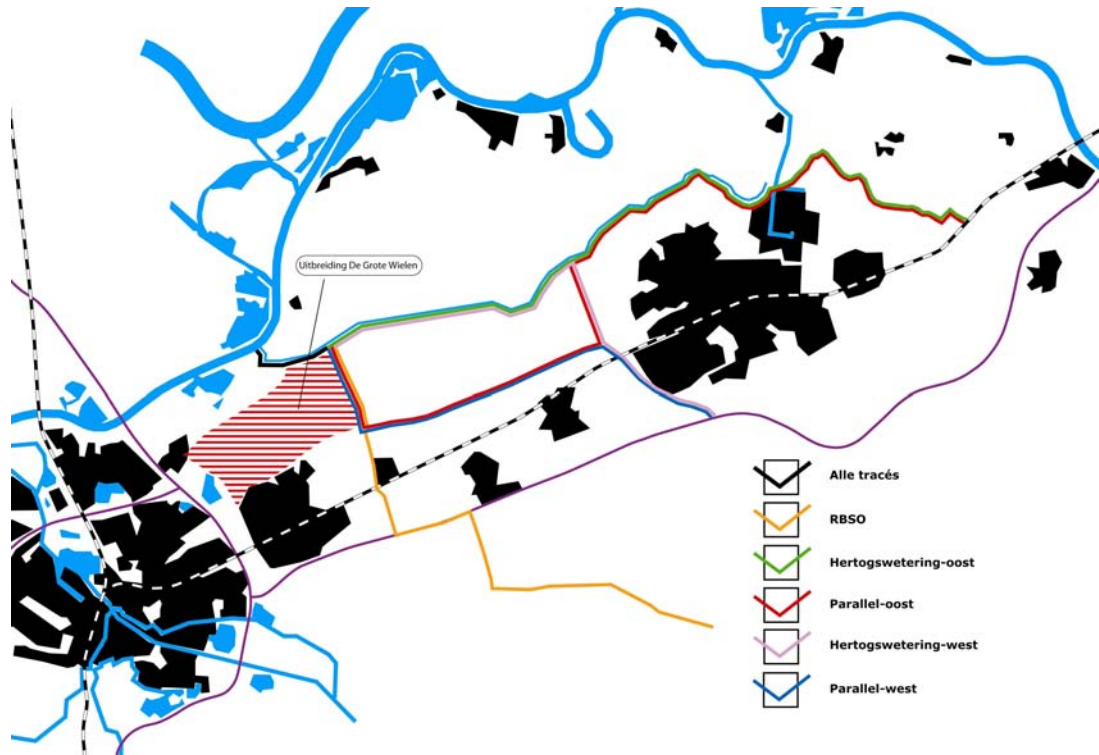


Land van Heusden/De Maaskant (36) – huidige situatie	
Grootte	73.153 ha
Verwachte schade	€3,8 miljard
Verwacht aantal slachtoffers	50

*Het doel van de casestudie dijkkring 36 was om een verdiepingsslag uit te voeren naar de effectiviteit en inpasbaarheid van een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch.*

**Werkwijze en resultaten**

Het noord-zuid lopende tracé uit de RBSO-studie vormde het vertrekpunt voor de casestudie dijkkring 36. In samenspraak met regionale partijen en andere belanghebbenden is in een tweetal werkateliers een aantal alternatieve tracés ontwikkeld met een oost-west oriëntatie. Deze tracés spelen in beginsel beter in op de ontwikkeling van de stedelijke regio Waalboss (de regio Waalwijk – 's-Hertogenbosch – Oss). Deze tracés volgen de Hertogswetering of lopen hier op een afstand van enkele kilometers parallel aan. Beide tracés kennen twee varianten, namelijk met of zonder extra bescherming van Oss.



Figuur 3.5: Hoofdtracés voor Land van Heusden / De Maaskant

Voor elk van de alternatieve tracés is de waterstaatkundige effectiviteit van een compartimenteringskering onderzocht. Daarnaast is in beeld gebracht welke potentiële mogelijkheden er zijn voor het meekoppelen van functies in het gebied. Daarbij is gekeken naar de ontsluiting van stedelijke uitbreidingen, (nieuwe) bedrijventerreinen en landbouwontwikkelingsgebieden, naar versterking van de ecologische en recreatieve infrastructuur en naar uitbreiding van de weginfrastructuur.

De ontwikkelde alternatieven zijn vervolgens beoordeeld op hun baten/kosten verhouding, hun bijdrage aan gevolgbeperving, de mogelijkheden tot inpassing in de regionale ontwikkelingen en de robuustheid van het tracé.

### Conclusies

De volgende conclusies zijn uit deze casestudie getrokken:

- door aanleg van een compartimenteringskering neemt, afhankelijk van het tracé, de economische schade af tot zo'n 20 – 50 % van de schade zonder kering. Het aantal getroffen personen neemt af van iets meer dan 110.000 mensen tot zo'n 20.000 – 65.000 personen;
- tracés met een oost-west oriëntatie, en met name die langs de Hertogswetering, spelen het beste in op de ontwikkeling van de stedelijke regio Waalbos en zijn landschappelijk het best in te passen;
- de baten/kosten verhouding ligt voor de meeste tracés in de orde van 0,5 – 0,8. De berekende baten/kosten verhouding is nog met veel onzekerheden omkleed. Uit oogpunt van kosten en baten scores de tracés langs de Hertogswetering licht gunstiger dan de andere tracés;
- vanuit het oogpunt van inpassing in de ruimtelijke ontwikkeling bestaat er een duidelijke voorkeur voor een tracé dat de Hertogswetering volgt.



Tabel 3.4

Alternatief tracé	Meekoppeling	Landschappelijke inpasbaarheid	Beheersbaarheid en onderhoudbaarheid
RBSO	noord: stadspark langs Grote Wielen; zuid: wandelpad naar Brabantse Wal	verlies relatie tussen Grote Wielen en aanliggend landschap	kent relatief veel coupures
HW-west	versterking van ecologische structuur; verbeterde ontsluiting van Grote Wielen, westelijke rondweg rond Oss	geeft hernieuwde betekenis aan historische structuurlijn	'logisch' verbonden met waterloop
HW-oost	versterking van ecologische structuur; mogelijkheden voor recreatieve ontwikkeling	geeft hernieuwde betekenis aan historische structuurlijn	'logisch' verbonden met waterloop
Par-west	verbeterde ontsluiting van Grote Wielen, westelijke rondweg rond Oss	combinatie van essentieel verschillende structurelementen	
Par-oost	nieuwe woonvormen: 'binnenbuitendijks wonen' stadsrand voor Den Bosch	combinatie van veel/essentieel verschillende structurelementen	kent relatief veel wegoevergangen

### Aanbevelingen

- Aanbevolen wordt om een bredere afweging te maken voordat conclusies kunnen worden getrokken over de aanleg van compartimentering. Daarbij moet ook worden gekeken naar andere mogelijke typen maatregelen om het overstromingsrisico (incl. het restrisico) binnen de dijkkring Land van Heusden / de Maaskant verder te verkleinen, zoals het gebruik van overstroombare ("doorbraakvrije") dijken.
- In de casestudie wordt de aanbeveling gedaan om meer aandacht te hebben voor de invloed van een compartimenteringskering op de ruimtelijke ontwikkeling.

### 3.3.5 Grensgebied Gelderland-Duitsland

#### Kenschets Ooij en Millingen

Dijkkring 42 ligt in de provincie Gelderland en deels in de Duitse deelstaat Nordrhein-Westfalen. Aan de noord- en oostzijde wordt de dijkkring begrensd door de Waal, de Bovenrijn, Niederrhein en het Bijlandsch Kanaal, aan de zuid- en westzijde door de hoge gronden van Nijmegen. Een doorbraak aan de Duitse zijde van de grens kan leiden tot bovenmaatgevende afvoer op de Waal.



Ooijpolder en Millingen dijkkring 42 – huidige situatie	
Grootte	3.433 ha
Verwachte schade	€ 1 miljard
Verwacht aantal slachtoffers	10

#### Rijn en IJssel

Dijkkring 48 is een speciaal geval, omdat de belangrijkste bedreiging een dijkfalen in Duitsland aan de rechteroever van de Rijn is. In een dergelijk geval kan de Oude IJssel zoveel water naar de IJssel voeren dat deze ver boven de huidige capaciteit wordt belast.



Rijnstrangengebied – dijkkring 48 – huidige situatie	
Grootte	36.356 ha
Verwachte schade	€ 4,9 miljard
Verwacht aantal slachtoffers	50

## Werkwijze en resultaten

Tussen de provincie Gelderland, het Ministerie van Verkeer en Waterstaat van Nederland en het Ministerie van Milieu, Natuurbescherming, Landbouw en Consumentenbescherming van Nordrhein-Westfalen (NRW) is afgesproken samen te werken op het gebied van duurzame bescherming tegen hoogwater. In het samenwerkingsverband met NRW wordt in de werkgroep Hoogwater aan een aantal thema's gewerkt, waaronder het thema "Risicoanalyse voor de grensoverschrijdende dijkringen 42 en 48". Binnen dit thema vindt onderzoek plaats naar maatregelen voor het beperken van het overstromingsrisico.

Bij beide dijkringen is compartimentering één van de mogelijkheden. Voor zowel dijkkring 42 als dijkkring 48 zijn zowel van Duitse als van Nederlandse zijde tracés voor compartimentering ingebracht bij de werkgroep Hoogwater. Bij dijkkring 48 kan met compartimentering het cascade-effect naar de IJssel voorkomen worden.

Uit simulaties voor extreme afvoeren blijkt dat bij het optreden van een bres langs de Niederrhein of de Bovenrijn, na verloop van tijd de IJsseldijk bij Doesburg overloopt, en water uit dijkkring 48 de IJssel instroomt. Hoewel de top van het hoogwater op de IJssel dan al is gepasseerd, loopt er zoveel water uit dijkkring 48 dat daarmee de maatgevende afvoer van de IJssel ruim wordt overschreden.



Figuur 3.6 Dijkkring Rijn en IJssel (dijkkring 48)

Hierdoor zullen, naast de overstroming van dijkkring 48 zelf, ook benedenstrooms van Doesburg langs de IJssel doorbraken ontstaan met veel materiele schade tot gevolg. Er ontstaat door deze 'systeemwerking' een cascade van effecten.



Figuur 3.7 Alternatieven A en B voor compartimentering dijkkring 48

### **Conclusies en aanbevelingen**

De definitieve rapportage van de werkgroep hoogwater is in de tweede helft van 2008 te verwachten. Duidelijk is dat internationale samenwerking en afstemming met Duitsland meer doorlooptijd vraagt.



## 4 Generiek hoofdrapport

Het doel van de generieke studie is om te bepalen of, onder welke voorwaarden en waar compartimenteren een zinvolle fysieke ingreep is om de gevolgen van overstromingen te beheersen en schade en slachtoffers te beperken. De studie is gericht op het verzamelen van de benodigde kennis, waardoor bestuurders, politici en beleidsmakers een integrale afweging van de haalbaarheid van (extra) compartimentering in verschillende delen van het land kunnen maken. Ter onderbouwing van de generieke conclusies is tevens een aantal casestudies uitgevoerd.

Compartimenteren is niet van vandaag. In het verleden zijn doelbewust enkele compartimenteringsdijken aangelegd. Het meest bekende voorbeeld van een nog functionerende, bedoelde – volledig gesloten – compartimenteringsdijk met de status categorie-c is de Diefdijk tussen de Betuwe en de Alblasserwaard. Dit is een dwarsdijk die tot doel heeft de Alblasserwaard (veiligheidsnorm 1/2000) tegen vollopen vanuit de Betuwe (1/1250) te beschermen. Deze dijk bestaat al vele eeuwen (sinds 1284).

Er zijn echter vele malen meer dijken en lijnvormige elementen in het landschap aanwezig die niet zijn aangelegd als compartimenteringsdijk, maar die wel als zodanig functioneren. Een voorbeeld hiervan is Centraal Holland (dijkkring 14), waar boezemkaden en overige hoger gelegen elementen ervoor zorgen dat bij een doorbraak van de primaire waterkering altijd slechts een deel van de dijkkring onderloopt. In plaats van een totale potentiële schade van ruim 400 miljard Euro varieert deze nu van 2,5 miljard Euro bij een doorbraak vanuit de Nieuwe Waterweg bij Maassluis tot ruim 18 miljard Euro bij een doorbraak vanuit de Lek bij Lopik (dijkkring 15).

Het nut van compartimenteren is vooral afhankelijk van de mate waarin hiermee de gevolgen van een onverhoopt voorkomende overstroming kan worden beperkt: het vermijden c.q. beperken van economische schade, aantallen getroffen en aantal slachtoffers. Gebruikte criteria daarbij zijn:

- het oppervlak van de dijkkring (grote dijkkringen hebben meer schade);
- de verwachte economische schade en aantallen slachtoffers op basis van de studie van Klijn et al. (2007);
- eigenschappen die bepalend zijn voor het overstromingsverloop, zoals de helling van het maaiveld en bestaande gecompartmenteerdheid (dijken, kades en andere lijnvormige obstakels);
- het voorkomen van negatieve systeemwerking.

De kansrijkdom van compartimenteren is primair afhankelijk van de economische haalbaarheid. Daarvoor is gekeken naar:

- de vorm van de dijkkring, i.v.m. de benodigde lengte van een compartimenteringsdijk (kosten);
- de ligging van de dijkkring ten opzichte van de bedreiging, i.v.m. de effectiviteit qua risicoreductie (baten);
- de ruimtelijke verdeling van de kwetsbaarheid als functie van het landgebruik (baten);
- bestaande lijnvormige structuren waarbij kan worden aangesloten (kosten).

Uit deze analyse kwamen de in sectie 3.2.4 genoemde dijkringen naar voren, waarvoor compartimentering serieuze overweging verdient.

Vier van deze dijkringen zijn uitgewerkt in de vorm van een casestudie, terwijl dijkkring 48 (Rijn en IJssel) daaraan is toegevoegd vanwege het grensoverschrijdend karakter. In totaal resulteren daarmee vijf casestudies:

- Land van Heusden/de Maaskant (dijkkring 36);
- Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden. (dijkkring 43);
- Centraal Holland (dijkkring 14);
- Zuidelijk Flevoland (dijkkring 8);
- Grensgebied Gelderland-Duitsland (dijkringen 48 en 42).

De keuze is enerzijds gebaseerd op de potentiële kansrijkheid, maar ook met het doel om vanuit de diversiteit aan omstandigheden een voldoende breed overzicht te verkrijgen van de problematiek. De onderstaande tabel geeft daarvan een kort overzicht.

Dijkkring	Karakterisering	Bijdrage aan generieke conclusie
<b>Land van Heusden/de Maaskant</b> (dijkkring 36)	Gelegen langs de rivier de Maas, met een zeer kwetsbaar gelegen stedelijk gebied in het diepste gedeelte (Den Bosch, waar 4 à 5 m water kan komen te staan)	Beschermen van een bevolkingsagglomeratie (Den Bosch) en een belangrijke verkeersader (A2)
<b>Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden</b> (dijkkring 43)	Een grote en langgerekte dijkkring met een relatief hoog overstromingsrisico (1:1250)	Een situatie, die vanuit een hoge baten/kosten verhouding een hoge kansrijkheid bezit.
<b>Centraal Holland</b> (dijkkring 14)	Dichtbevolkte en economisch zeer belangrijke dijkkring, die bedreigd wordt vanuit de Noordzee en vanuit het rivierengebied.	Een gebied, waar overstromingen een grote economische en maatschappelijke impact zullen hebben.
<b>Zuidelijk Flevoland</b> (dijkkring 8)	Diepgelegen polder met een grote woningopgave (ontwikkelingen Almere)	Vooraf ook in de toekomst voorkomen van slachtoffers in zo'n situatie.
<b>Grensgebied Gelderland-Duitsland</b> (dijkringen 48 en 42)	Grensoverschrijdende dijkkring	Voorafkomen van negatieve systeemwerking

Uit de uitgevoerde kosten-batenanalyse blijkt dat het aanleggen van compartimenteringsdijken slechts in een beperkt aantal gevallen een kosteneffectieve maatregel is. Dat de batenkosten-verhouding vaak kleiner dan één is komt door de zeer kleine kans op overstroming, waardoor de over vele jaren gemiddelde schade per jaar relatief gering is. Per gebeurtenis kan de schade en het aantal slachtoffers echter zeer groot zijn. Een hoge baat is te verwachten bij een aantal grote dijkringen in het rivierengebied, zoals de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden, het Land van Heusden / de Maaskant, het Land van Maas en Waal, en Salland (respectievelijk dijkkring 43, 36, 41 en 53). Uiteindelijk werd in de casestudies alleen een batenkosten-verhouding groter dan 1,0 verkregen bij dijkkring 43 (Betuwe, Tieler- en Culemborger Waarden). Dit vanwege de combinatie van grootte en de speciale langgerekte vorm.

Behalve beschouwingen over de economische effectiviteit is ook aandacht besteed aan het beperkt houden van de gevolgen van een (zeer zeldzaam vóórkomende) ramp en het voorkómen van maatschappelijke ontwrichting. Dit betekent in plaats van een kosten/batenanalyse uitgaan van een normatieve grondslag (grenzen van 'maatschappelijke onaanvaardbaarheid'). Dergelijke grenzen blijken dichter te staan bij aantallen slachtoffers dan bij economische schade. Op grond van dergelijke overwegingen is in het rapport ook een voorlopige beoordeling opgenomen van gewenstheid van blootstellende maatregelen per dijkkringgebied.

---

In de generieke studie is ook aandacht besteed aan het juridische kader van de compartimenteringswerken. Dit betreft zowel de aanleg als het beheer. De nieuwe Waterwet blijkt ruimere mogelijkheden te bieden dan de bestaande wetgeving om compartimenteringen aan te leggen c.q. aan te wijzen.

### **Conclusie**

Geconcludeerd wordt dat compartimentering bijdraagt aan het beperken van de gevolgen van een overstroming, maar op basis van de uitgevoerde kosten/batenanalyse slechts in een beperkt aantal gevallen een kosteneffectieve maatregel blijkt te zijn. Dit wordt veroorzaakt door de hoge veiligheidsnormen, waardoor de kans op vóórkomen zeer gering is, en daarmee ook de gemiddelde schade per jaar. Per gebeurtenis kan de schade echter zeer groot zijn, te omschrijven als een maatschappelijke ontwrichting of een maatschappelijk onaanvaardbaar aantal slachtoffers. Dit vraagt om politieke afwegingen. De besluitvorming over compartimentering dient in samenhang met besluiten over normering genomen te worden. Ook dienen andere typen maatregelen in beschouwing genomen te worden (bijvoorbeeld overstroombare dijk, etc.), en zullen dergelijke beslissingen altijd genomen worden in combinatie met aanvullende maatregelen als evacuatieplanning en normdifferentiatie.

Voor verdere details met betrekking tot de generieke conclusies en aanbevelingen, alsmede de achtergronden, waarop de conclusies en aanbevelingen zijn gebaseerd wordt verwezen naar het Generieke Hoofdrapport. In het volgende hoofdstuk zullen, gericht op de centrale vraagstelling, aan de hand van een tiental vragen de resultaten nader worden geanalyseerd en besproken.





## 5 Analyse en discussie

### 5.1 Centrale beleidsvraag

De resultaten uit de verschillende deelonderzoeken zijn in samenhang beschouwd bij een nadere analyse in het licht van de centrale beleidsvraag voor de compartimenteringstudie:

*Of, onder welke voorwaarden en waar vormt compartimentering een zinvolle fysieke maatregel om de gevolgen van overstromingen te beperken?*

De workshops met het projectteam in maart 2008 vormen een belangrijke bron voor de hier volgende analyse.

De centrale beleidsvraag is in een tiental deelvragen te splitsen:

- 1 Waarom, op grond van welke overwegingen, is voor compartimentering als maatregel te kiezen?
- 2 Welke voorwaarden spelen hierbij?
- 3 Hoe liggen de batenkosten-verhoudingen?
- 4 Wat is de samenhang met regionale ontwikkeling?
- 5 Dient compartimentering een nationaal of een regionaal belang?
- 6 Wat is de waarde en status van bestaande compartimenterende structuren?
- 7 Hoe is invoering in de regio mogelijk?
- 8 Zijn er grenzen aan de aanvaardbaarheid van de gevolgen?
- 9 Is er samenhang tussen compartimentering en andere maatregelen?
- 10 Waar is compartimentering naar verwachting kansrijk?

Op deze tien deelvragen gaan we in de volgende paragrafen nader in.

### 5.2 Waarom compartimenteren?

Compartimentering wordt gezien als gevolgbeperkende maatregel, en als aanvulling op het preventief gerichte beleid van het versterken van de primaire waterkeringen. Het bestaande wettelijke kader richt zich alleen op het beperken van de overschrijdingskans, niet op de gevolgen van overstromingen.

Het beperken van de gevolgen betreft in principe de situatie van een bovenmaatgevende belasting, waarbij de standzekerheid van de primaire keringen niet gegarandeerd is. Compartimenteringsdijken zijn ook als reserve keringen van waarde bij een onverhoopte overstroming bij benedenmaatgevende omstandigheden, maar dat vormt nu niet meer de reden om ze aan te leggen of aan te wijzen.

Bij het besluit tot de inzet van de maatregel compartimentering zal het argument zijn dat de maatregel noodzakelijk is, aangezien het restrisico onaanvaardbaar hoog is, en er geen aantrekkelijkere mogelijkheden zijn dit tot een aanvaardbaar niveau te reduceren. Opgemerkt kan worden dat 100% reductie van het restrisico niet mogelijk is. Het restrisico omvat de aspecten economische schade, aantal slachtoffers, aantal getroffen en verwachte maatschappelijke ontwrichting. In paragraaf 4.8 gaan we nader in op dit aanvaardbaarheidsaspect. Hierin komt duidelijk het politieke karakter van een besluit tot compartimentering naar voren.

Indien een besluit tot compartimentering als argument niet het onaanvaardbare restrisico heeft, maar de zeer gewenste reductie van dit restrisico, zullen de kosten van de maatregel veel gewicht in de schaal leggen. In de casestudies lag in de meeste gevallen de batenkosten-verhouding tussen 0 en 1.

Op de samenhang van de maatregel compartimentering met andere gevolgen beperkende maatregelen gaan we nader in onder paragraaf 5.9.

Alvorens een besluit tot compartimentering voor bescherming van een specifieke locatie te nemen, zal eerst een grondige verkenning moeten worden uitgevoerd om de hierbij behorende voorwaarden op te stellen.

### **5.3 Welke voorwaarden spelen een rol bij compartimentering?**

Een eerste voorwaarde voor het beoordelen van een compartimenteringsmaatregel is een maatschappelijk en politiek/bestuurlijk draagvlak ervoor, gebaseerd op het inzicht dat de maatregel noodzakelijk en effectief is. Daarnaast zijn alternatieve gevolgenbeperkende maatregelen onderzocht en mede afgewogen.

Uit de deelstudie 'juridische aspecten' volgt dat het instrumentarium om een besluit tot compartimentering te kunnen nemen beschikbaar is.

Bij de uitwerking van dit besluit is een goede ruimtelijke inpassing van belang. De maatregel compartimentering kan bijdragen aan het verhogen van de ruimtelijke kwaliteiten van het gebied. Er zijn wellicht meekoppelingen te vinden die positief bijdragen aan de baten/kosten verhouding. Over de financiering van de maatregel is overeenstemming noodzakelijk. Dit betreft naast de kosten van aanleg, die van beheer en onderhoud. De formele beheerstatus van het compartimenteringswerk dient te worden vastgelegd.

Voor het toepassen van de maatregel compartimentering dient de houdbaarheidsvraag van het concept compartimentering positief beantwoord te worden, ook in het licht van de klimaatveranderingen in de komende eeuw. Wel blijft het onderhouden van de compartimenteringsdijk een belangrijk aandachtspunt. Zou over 25, 50 of 100 jaar een vergelijkbare afweging met een vergelijkbaar resultaat over de aantrekkelijkheid van compartimentering als gevolgbeperkende maatregel worden gemaakt? In hoeverre hangt dit af van de onveranderlijkheid van de gestelde normen voor kansbeperking? Gelet op het feit dat het nut van bestaande compartimenterende structuren breed herkend wordt bestaat er vertrouwen in de duurzaamheid van het concept. Vanwege ruimtelijke ontwikkelingen kan het concept in de tijd om een aanpassing dan wel andere invulling vragen.

### **5.4 Hoe zijn de baten/kosten verhoudingen?**

In de verschillende deelstudies zijn kosten en baten bepaald voor de voorgestelde tracés voor compartimenteringswerken.

Een overzicht van de resultaten per casestudie is opgenomen in Tabel 4.1. Voor iedere casestudie zijn alleen de meest aantrekkelijke tracés opgenomen. Voor de casestudie Centraal Holland, waar zes geografisch sterk uiteenlopende overstromingssituaties zijn geanalyseerd, zijn alle zes tracés opgenomen.

Tabel 5.1

Casestudie (Voorkeurtracé)	Baten/kosten (norm)	Baten/kosten (vlg Klijn* lit.7)	Investering (M €)	Opmerking
Centraal Holland - Oude Maasdijk (naar Vluchtenburg ); - Hoek v Holland - Den Haag (west N211); - Katwijk (via N206); - Hollandsche IJssel (met uitlaatwerk); - Prinsendijk en Oude Rijn dijk; - Amsterdam-Rijnkanaal.	0,5 0,3 0,1 0,6 0,0 neg (1/10000)	0,3 0,2 0,1 0,3 0,0 neg (1/2000)	10 63 162 220 383	Voor ARK blijken baten negatief (geen voorkeur)
Zuidelijk Flevoland (geen voorkeur)	0 – 0,4 (1/4.000)	0 - 0,2 (1/10.000)	38-328 (c) 195-389 (c+o)	Compartimenteren Idem+ophogen primaire kering
Land v. Heusden / de Maaskant (Hertogwetering; west of oost)	1,1 (w) 1,3 (o) (1/1250)	0,7 (w) 0,8 (o) (1/2000)	96 (w) 141 (o)	
Betuwe (ARK-west sluis)	4,3-5,0 (1/1250)  0,2-0,5	2,7-3,1 (1/2000)  0,1-0,3	87  87	Bres Bemmel, afh. van lozingsregime ARK. Doorbraak Elden

De baten/kosten verhoudingen in Tabel 5.1 blijken sterk af te hangen van het gekozen uitgangspunt betreffende de overstromingskans. Het gebruik van de overschrijdingskans voor de betreffende dijkkring is een mogelijkheid, maar er zijn ook andere benaderingen. De uitkomsten van de VNK studie kunnen een nieuw licht op de berekende baten/kosten verhoudingen opleveren. De investeringskosten in Tabel 5.1 betreffen ramingen, en bevatten de gebruikelijke onzekerheidsmarges.

De vraag is hoe duurzaam deze baten/kosten verhoudingen zijn. Duurzaam in relatie tot de effecten van klimaatveranderingen, zoals zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren, en duurzaam in relatie tot voortgaande ruimtelijke ontwikkelingen. De gevoeligheid voor het gekozen uitgangspunt voor de overschrijdingskans blijkt in Tabel 5.1. Indien tot normverhoging voor de primaire keringen wordt besloten op grond van inmiddels te beschermen waarden en de klimaatveranderingen zakt de batenkosten-verhouding voor de maatregel compartimentering. Bij een hoog niveau van ruimtelijke investeringen binnen een bepaalde dijkkring, denk bijvoorbeeld aan de groei van Almere, stijgt de batenkosten-verhouding bij overigens gelijkblijvende omstandigheden.

De batenkosten-verhouding is vaak van cruciaal belang bij het besluit tot inzet van een maatregel. Uit het beoordelingskader en uit de verschillende casestudies blijkt dit ook, zij het dat de regionale ruimtelijke kwaliteit en de hierin liggende kansen ook van groot belang zijn. Uiteindelijk blijft de inzet van de maatregel compartimentering voor gevolgbeperking een politieke keuze. Ook bij een relatief gunstige baten/kosten verhouding zijn de hoge investeringskosten voor compartimentering snel prohibitief.

## **5.5 Hoe is de samenhang tussen compartimentering en regionale ontwikkelingen?**

Compartimentering is niet los te zien van de regionale (economische) ontwikkelingen. Regionale ontwikkelingen bepalen het (vaak toenemend) belang van gevolgbeperkende maatregelen. Regionale ontwikkelingen bepalen ook de mogelijkheden voor ruimtelijke inpassing van compartimenteringswerken. Anderzijds kunnen compartimenterende structuren de ruimtelijke ontwikkelingen sturen, al dan niet met aanvullende maatregelen vanuit de overheden. Ook bieden deze kansen voor meekoppelingen en daarmee voor het versterken van draagvlak. Dit benadrukt sterk de regionale belangen bij de afweging van de inzet van de maatregel compartimentering en de noodzaak tot samenwerking van de overheden in de regio. Tevens onderstreept dit het politieke karakter van een besluit tot inzet van de maatregel compartimentering.

## **5.6 Dient compartimentering een nationaal of een regionaal belang?**

Het Rijk draagt de zorg voor de waterveiligheid en de primaire keringen. Het reduceren van gevolgen als bovenregionale maatschappelijke ontwrichting en grote aantallen slachtoffers is primair een nationaal belang. Daarmee is de vraag naar toedeling van het belang bij een voorgesteld compartimenteringswerk echter nog niet volledig beantwoord. De baten t.a.v. de verhoogde veiligheid en gevolgbeperking ten gevolge van de aanleg van een compartimenteringswerk, in samenhang met de versterking van de ruimtelijke kwaliteit, vallen zeker ook regionaal. Voor het realiseren van nieuwe compartimenteringen zullen per geval goede afspraken moeten worden gemaakt tussen landelijke en regionale bestuurders. Hierin zal ook het toekomstige beheer moeten worden betrokken.

Vanzelfsprekend kan, als een nationaal belang bij een voorgesteld compartimenteringswerk niet erkend wordt, een regio ook eigenstandig besluiten tot aanwijzing of aanleg van het werk. Deze situaties zijn echter in het kader van dit onderzoek niet onder de loep genomen.

## **5.7 Hoe is de waarde en status van de bestaande compartimenterende elementen?**

Uit de in de casestudies uitgevoerde overstromingsberekeningen, met name in die van Centraal Holland, is de bijdrage van bestaande compartimenterende elementen aan gevolgbeperking geconstateerd. Dit uit zich door het vertragen of afleiden van het water. Ook over de watersnood in 1953 wordt gerapporteerd dat de aanwezigheid van bestaande compartimenterende structuren een nog grotere ramp heeft voorkomen. Binnen de dijkkring Centraal Holland zijn er overigens grote verschillen in gevolgbeperking door de bestaande lijninfrastructuur en compartimenteringswerken geconstateerd, en onder de aanname van standzekerheid van deze elementen. Compartimenterende elementen in kustgebieden blijken waardevol te zijn.

Met gebruikmaking van de STOWA richtlijnen [lit.5] wordt momenteel een groot aantal regionale keringen beoordeeld op hun functie als waterkering en worden mogelijk normen vastgesteld. In deze exercitie worden verhoogde landschapselementen en lijninfrastructuur, die een compartimenterende functie hebben, niet meegenomen.

Het beoordelen en het geven van een formele beheerstatus aan alle bestaande en functionerende compartimenterende structuren kan bijdragen aan gevolgbeperking van overstromingsrisico's. Aspecten als toetsing, verbetering/aanpassing, beheer, onderhoud en dekking van de hiermee samenhangende kosten verdienen hierbij aandacht.

Bij het geven van een status aan bestaande regionale keringen dient in een enkel geval ook bezien te worden of een aanwijzing als primaire kering een optie is. Er ontstaan dan twee dijkkringen met elk een eigen norm. Een voorbeeld is de Knardijk, die momenteel wordt aangewezen als regionale kering, en waarvoor in de toekomst kan worden overwogen om deze als primaire kering aan te wijzen.

### **5.8 Wat valt er te zeggen over het invoeren van de maatregel compartimentering in de regio?**

Uit deze verkenning en de daarbinnen uitgevoerde casestudies blijkt het grote belang van een goede communicatie met de regio bij het identificeren van kansrijke tracés. Alleen op deze basis is draagvlak te verwerven indien de maatregel compartimentering in een formele planstudiefase komt. De werkateliers bleken een effectieve werkwijze om met betrokkenen in de regio naar aantrekkelijke en ruimtelijk inpasbare oplossingen te zoeken, daarmee kansen scheppend voor de regio.

### **5.9 Moet er een maximum worden gesteld aan de gevolgen van overstromingen?**

Compartimentering als maatregel voor gevolgbeperking van overstromingen richt zich op het beperken van schade, slachtoffers en getroffen. De vraag is opgekomen of er naast normen voor waterkeringen, gericht op kansbeperking, ook normatieve uitspraken over de maximaal aanvaardbare omvang van de gevolgen gewenst zijn. Die kunnen richtinggevend zijn voor gevolgbeperkende maatregelen, ook als die vanuit een kosten-batenanalyse onvoldoende 'rendabel' zijn.

In de deelstudie 'beoordelingskader' (par. 3.2.5) is het voorkomen van het gevolg 'maatschappelijke ontwrichting' als een toeslagpercentage op de baten meegenomen. Deze benadering is niet toereikend in het geval van een grootschalige overstroming met zeer grote maatschappelijke ontwrichting. De maatschappelijke ontwrichting groeit in dat geval meer dan evenredig met de omvang van de schade.

Een normatieve uitspraak over de maximaal aanvaardbare omvang van de gevolgen heeft consequenties voor een afweging tot compartimentering.

Op basis van een analyse van de historische macro-economische ontwikkeling van Nederland is niet een dergelijke norm af te leiden: de naoorlogse economische groei is door de watersnoodramp van 1953 niet merkbaar omgebogen.

Een benadering door richtwaarden te kiezen voor de maximaal aanvaardbare gevolgen per dijkkring (1 of 2% van BNP aan materiele schade, 1% van de bevolking of 100.000 getroffen, en als slachtofferaantal 1‰ van die getroffen) is verkend. Dit leidt tot een selectie van respectievelijk 15(3), 11(17) en 11 van de 53 (de Maaskaden zijn niet betrokken in de analyse) dijkkringen die boven één van deze richtwaarden uitkomen.

De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 Voorlopige beoordeling van gewenstheid van blootstellingsbeperkende maatregelen per dijkkring op grond van richtwaarden voor aanvaardbare gevolgen van overstromingen

Gevolgbeperkende maatregelen die zowel economische schade als slachtoffers proberen te beperken (compartimentering) zijn deels andere dan die alleen slachtoffers beogen te voorkomen (overstromingsbestendige dijkvakken voor bebouwingkernen en evacuatieplanning).

Deze reflectie kan aanleiding vormen voor een maatschappelijk debat.

### 5.10 Is compartimentering los te beoordelen van andere risicobeperkende maatregelen?

Het maken van een afweging tussen compartimentering of andere gevolgbeperkende maatregelen vormt geen onderdeel van de compartimenteringstudie, maar vindt plaats binnen WV21.

Gevolgbeperking dient het resultaat te zijn van het toepassen van compartimentering. In de situatie dat door zijn geografische ligging één der compartimenten een duidelijk hogere overstromingskans heeft dan de andere, kan het zijn dat de gevolgen in dit compartiment (met name het aantal slachtoffers) ernstiger uitvallen dan in de situatie zonder compartimentering. Het toepassen van compartimentering brengt dus discussie over risicobeperking en normstelling met zich mee.

De samenhang tussen de maatregel compartimentering en de maatregel evacuatie is van belang. Bij het uitvoeren van de casestudie Centraal Holland kwam bijvoorbeeld naar voren dat bij een specifiek voorgestelde compartimentering een hierop toegesneden evacuatieplan noodzakelijk is. Indien een klein compartiment dicht achter de primaire waterkering wordt aangelegd zullen de waterstanden hier na doorbraak van deze kering snel stijgen. Een goed voorbereid en gedetailleerd evacuatieplan moet beschikbaar zijn om de anders te verwachten extra slachtoffers (extra t.g.v. compartimentering) te voorkomen.

Bij een dijkkring met een belangrijk bevolkingscentrum zal bij de afweging voor compartimentering zeker ook een alternatief als de overstroombare dijk in beschouwing worden genomen omdat dit concept zowel preventie als de gevolgbeperving in zich heeft.

Er is ook samenhang tussen de maatregel compartimentering en normaanpassing. Een verhoogde norm leidt direct tot een daling van de baten/kosten verhouding van de maatregel compartimentering. Door als werkvolgorde te kiezen:

1 Vaststellen norm, en

2 Besluit over maatregelen tot gevolg beperking,

zijn de maatregelen wel zelfstandig te beoordelen. Het is wenselijk hierbij wel de verwachte ontwikkelingen in de komende decennia mee te wegen.

### **5.11 Wat zijn de resultaten van de kansrijkeheidsanalyse?**

Op grond van de leerervaringen uit de casestudies zijn de resultaten uit de hieraan voorafgaand uitgevoerde landsdekkende deelstudie naar kansrijkheid van de maatregel compartimentering herzien.

In deze deelstudie zijn per dijkkring de kenmerken 'nuttig' en 'kansrijk' in kaart gebracht en gecombineerd tot een landsdekkend overzicht 'eindoordeel kansrijkheid compartimentering per dijkkring'. Dit staat in paragraaf 3.2.3 uitgewerkt. Het resultaat is opnieuw opgenomen als Figuur 5.2a.

Het uitvoeren van de casestudies leverde een aantal belangrijke nieuwe inzichten op.

Bij het uitvoeren van de casestudie Centraal Holland ontstond het inzicht dat bestaande compartimenterende structuren weliswaar van grote waarde zijn bij gevolgbeperving, maar niet zonder hoge bijkomende kosten kunnen worden aangewezen en ingericht voor een formele compartimenteringsfunctie. In de praktijk is er vaak intensieve lintbebouwing aanwezig langs regionale keringen, waardoor het uitvoeren van versterkingsmaatregelen op kostbaar maatwerk neerkomt. Een eerder verondersteld kostenbesparingsvoordeel bij het gebruik van bestaande structuren ten opzichte van de aanleg van een nieuwe compartimenteringsdijk vervalt hiermee.

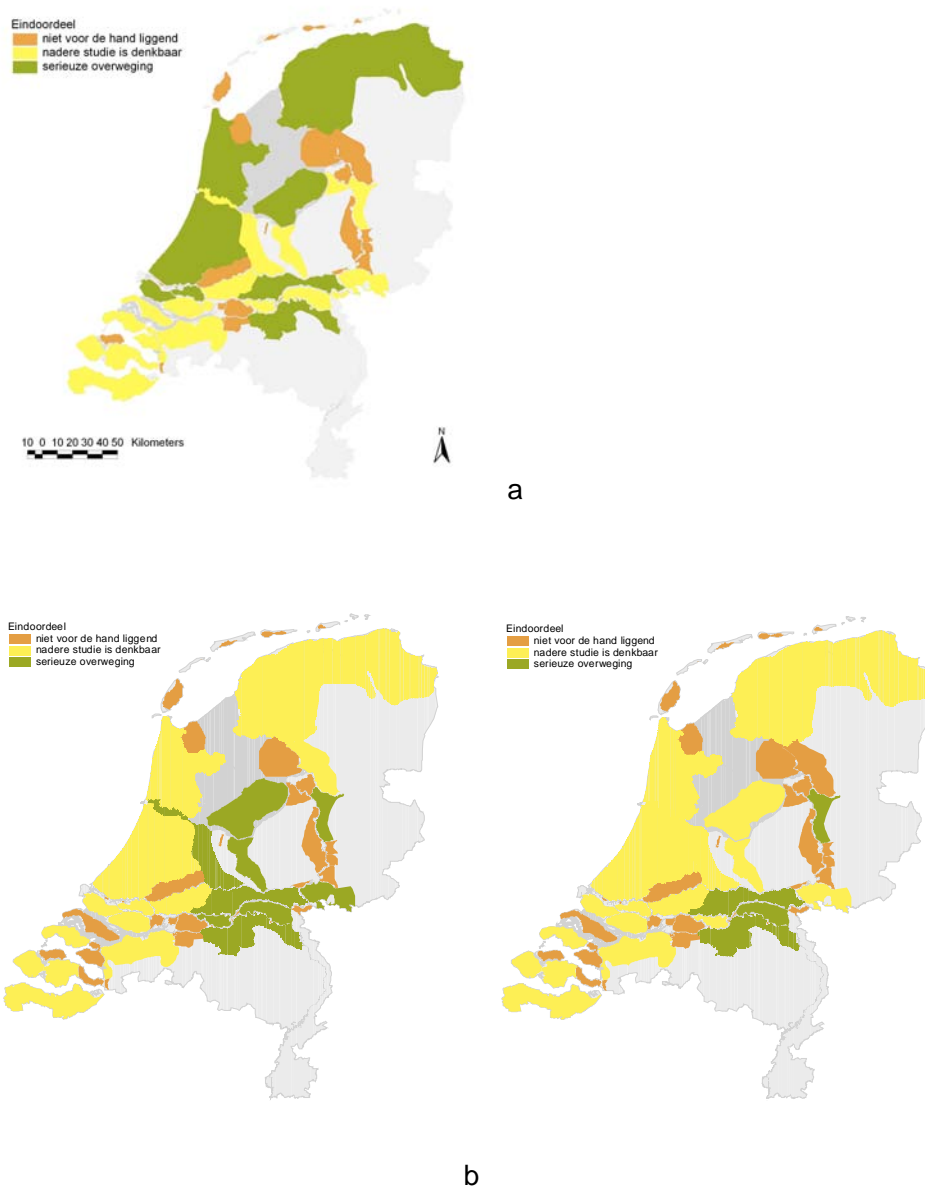
Bij het toepassen van de baten/kosten analyse in de verschillende casestudies, kwam naar voren dat de te verwachten baten van een voorgestelde compartimentering sterk afhankelijk zijn van de grootte van de overstromingskans voor de dijkkring. Voor dijkkringen met een relatief hoge norm ofwel lage overschrijdingskans, resulteerde dit in een lage batenkosten-verhouding. Dit is verwerkt in de scores en weergegeven in de nieuwe figuur (5.2b). Vergelijking met figuur 5.2a laat zien dat de relatief hoge veiligheidsnorm in het kust- en merengebied de kansrijkheid van de maatregel compartimentering beperkt, en de relatief lage veiligheidsnorm in het rivierengebied de kansrijkheid van compartimentering verhoogt.

In zeer grote dijkkringen blijken de daarin liggende compartimenterende structuren van grote waarde en is een nieuwe compartimentering niet aantrekkelijk. Voor zeer kleine dijkkringen maakt het snelle volstromen ervan (het 'badkuipeffect') compartimentering niet aantrekkelijk. Formalisering van de bestaande en als zodanig functionerende compartimenterende structuren verdient nadere aandacht.

In plaats van te rekenen met de wettelijke norm per dijkkring als overstromingskans, is een evaluatie uitgevoerd met de in lit [6] en [7] als meest reëel aangegeven actuele overstromingskansen. Het resultaat hiervan is samengevat in figuur 5.2c.



Opgemerkt dient te worden dat het aspect 'maatschappelijke ontwrichting/loss of control' niet is meegewogen in deze analyse.



Figuur 5.2 Consequenties van bovenstaande op het eindoordeel (nut en kansrijkdom), uitgaande van de absolute gevolgen van een overstroming (a), van het overstromingsrisico waarbij de overstromingskans gelijk is gesteld aan de overschrijdingskans (b) en met de overstromingskans volgens Klijn et al. (2007) (c)

Uit de uitgevoerde casestudies komt naar voren dat de mogelijkheden tot lokale inpassing en de bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit sterk bepalend zijn voor de reële uitvoeringsmogelijkheden van de maatregel compartimentering.

## 6 Conclusies

### 6.1 Inleiding

In dit syntheserapport zijn de voor- en nadelen van de maatregel compartimentering samengevat. Beleidsmatige aanbevelingen zijn gedaan die vooral te maken hebben met de consequenties van compartimentering en een relatie hebben met andere WV21-beleidsopties en/of aspecten. Voor wat betreft het ministerie V&W vindt de bredere afweging plaats over mogelijke veiligheidsmaatregelen in WV21 kader.

Duidelijk is geworden uit deze compartimenteringstudie, dat op grond van de berekende batenkosten-verhoudingen niet vaak voor inzet van de maatregel zal worden gekozen, en dat de afweging voor inzet van de maatregel compartimentering in essentie een politieke keuze is. De relevante bouwstenen zijn met deze studie verkend.

Over de centrale vraagstelling: "Of, onder welke voorwaarden en waar vormt compartimentering een zinvolle fysieke maatregel om de gevolgen van overstromingen te beheersen?" zijn een aantal conclusies te trekken uit deze verkenning.

### 6.2 Is compartimentering een zinvolle fysieke maatregel?

De vraag of compartimenteren een zinvolle fysieke maatregel is om de gevolgen van overstromingen te beheersen wordt als volgt beantwoord:

- Uit de historische analyse blijkt dat compartimenteringsdijken een bijdrage aan de gevolgbeperving van overstromingen hebben geleverd;
- Uit die analyse blijkt tevens dat compartimenteringsdijken zijn aangelegd in tijden dat de sterkte van de primaire waterkeringen onvoldoende was en de technologische mogelijkheden voor alternatieve maatregelen (bijvoorbeeld zandsuppletie voor de kust) nog onvoldoende beschikbaar waren;
- Compartimentering kan de gevolgen van overstromingen verkleinen door het overstroome oppervlak te verkleinen; dat biedt vooral perspectief voor grote dijkkringen of voor dijkkringen met grote stedelijke kernen. De schade blijkt dan in belangrijke mate gereduceerd te worden. Het aantal slachtoffers blijkt alleen af te nemen wanneer dit gecombineerd wordt met een goed voorbereide evacuatie. Zonder goede evacuatieplannen is vaak sprake van een toename van het aantal slachtoffers;
- Veel bestaande grote dijkkringen, vooral langs de kust, blijken onbedoeld al een vorm van compartimentering te kennen en in vrijwel geen enkel overstromingsszenario geheel onder te lopen. Dat geldt onder andere voor Centraal Holland. De veronderstelling hierbij is wel dat de compartimenterende structuren, bijvoorbeeld boezemkades, als waterkering functioneren en niet bezwijken bij belasting;
- Kleine compartimenten kunnen snel onderlopen, wat de kans op slachtoffers vergroot door de stijgsnelheid. Goede evacuatieplannen zijn hier bijzonder noodzakelijk;

- De duurzaamheid van het concept compartimentering wordt positief beoordeeld omdat het bij goede instandhouding altijd bijdraagt aan gevolgbeperking. Niettemin blijft het onderhouden van de compartimenteringsdijk een belangrijk aandachtspunt. Ruimtelijke ontwikkelingen kunnen aanleiding vormen tot aanpassing. Maatschappelijk kan het concept niet in de plaats komen van de blijvende aandacht voor preventie;
- De ruimtelijke inpassing van een compartimentering bepaalt in belangrijke mate de resulterende ruimtelijke kwaliteit; deze en de mogelijkheden tot meekoppeling met andere ruimtelijke functies bepalen mede het draagvlak in de regio (ervaring atelierbijeenvakomen). Compartimentering is in alle gevallen maatwerk;
- Voor het maken van een goede afweging van toepassing van de maatregel compartimentering dienen alternatieve risicobeperkende maatregelen, en combinaties hiermee, in deze afweging betrokken te worden;
- De batenkosten-verhoudingen voor de in de casestudies voorgestelde compartimenteringen liggen in de meeste gevallen tussen 0 en 1. Op het economisch rendement van de maatregel compartimentering komen we terug in de volgende paragraaf, waar we ingaan op de voorwaarden.

### 6.3 Voorwaarden voor compartimentering

Om antwoord te kunnen geven op de vraag onder welke voorwaarden compartimenteren een zinvolle maatregel is, is een beoordelingskader opgesteld.

#### 6.3.1 Beoordelingskader

Dit kader heeft de structuur van een kosten-batenanalyse, waarbij het gevolg 'maatschappelijke ontvricting' via een toeslagpercentage van 16% op de baten wordt meegenomen.

- Toepassing van dit kader in de vijf casestudies leverde op dat voor een aantal tracés in de casestudie Betuwe/Tieler- en Culemborgerwaarden een batenkosten-verhouding duidelijk groter dan 1 resulteerde, en in de andere casestudies een verhouding kleiner dan 1, zie hiervoor Tabel 5.1;
- De achtergrond hiervan is het hoge beschermingsniveau, waardoor een schade van vele miljarden Euro van bijvoorbeeld eens in de 10.000 jaar tot een zodanig klein bedrag per jaar leidt, dat dit niet opweegt tegen het nu doen van de benodigde investeringen;
- Dit betekent dat op basis van een puur economische afweging niet vaak voor compartimentering zal worden gekozen, en dat andere overwegingen, zoals het niet aanvaardbaar achten van zeer grote maatschappelijke ontvricting bij grootschalige overstromingen doorslaggevend kunnen zijn.

#### 6.3.2 Samenhang met andere maatregelen

Een afweging tot inzet van de maatregel compartimentering zal altijd in samenhang met andere maatregelen plaats moeten vinden.

- Er is een duidelijke relatie tussen compartimentering en het vaststellen van de beschermingsnorm;
- Bij het aanwijzen of aanleggen van een compartimenteringsdijk is aanpassing van de evacuatieplannen noodzakelijk;

- In verschillende situaties is een afweging tussen compartimentering en alternatieve maatregelen gewenst; een combinatie van gevolgbeperkende maatregelen kan de optimale keuze zijn.

### 6.3.3 Duurzaamheid

Voorwaarde voor het duurzaam functioneren van compartimenterende structuren is:

- dat ze formeel een status krijgen als compartimenteringsdijk, bijvoorbeeld door ze wettelijk te verankeren in de Wet op de Waterkering, en hun hoogte en onderhoudstoestand te onderwerpen aan geregelde toetsing via de 5-jaarlijkse cyclus, analoog aan de primaire waterkeringen;
- gelet op de bijdrage aan gevolgbeperking van bestaande compartimenterende structuren is het gewenst het nut en de standzekerheid nader te onderzoeken, deze vast te stellen en te formaliseren.

### 6.4 Locaties voor compartimentering

Om de vraag te beantwoorden waar compartimentering kansrijk is, is een landsdekkende analyse per dijkkring uitgevoerd.

- De kenmerken 'nuttig', waarin begrepen grootte van de dijkkring, aantal slachtoffers en schade, en 'kansrijk', waarin begrepen vorm, landgebruik en aanwezige lijnelementen, eerst afzonderlijk in kaart gebracht en vervolgens gecombineerd in Figuur 3.1.
- Op basis van de leerervaringen uit de casestudies zijn deze figuren gecorrigeerd, resulterend in Figuur 5.2.

### 6.5 Aanvaardbaarheid gevolgen van overstromingen

In reflectie op de verkregen resultaten uit de deelstudies is de vraag gesteld of er grenzen gesteld zouden moeten worden aan de maximaal aanvaardbare gevolgen van een overstroming. Deze reflectie heeft opgeleverd dat:

- Er wel een wettelijk kader voor kansbeperking is, maar niet voor gevolgbeperking;
- De grenzen voor de maximaal aanvaardbare gevolgen er niet zijn, evenmin als een kader om die vast te stellen;
- Via een historische macro-economische analyse van het BNP deze grenzen niet te bepalen zijn;
- Via een benadering met richtwaarden voor de verschillende categorieën van gevolgen (schade, slachtoffers, getroffen) wel een indeling in dijkringen is te verkrijgen waarvoor gevolgbeperkende maatregelen meer dan wel minder gewenst zijn, zie Figuur 5.1;
- De vraag naar aanvaardbaarheid levert stof tot het voeren van een maatschappelijk debat.



---

## A Lijst met betrokkenen

### Projectteam

dhr. W. van Leussen	Ministerie van V&W
mw. I. van de Geer	Ministerie van V&W
dhr. K. Vlak	Ministerie van VROM
dhr. N. Ligthart	Ministerie van BZK
dhr. T. Gijzel	Vereniging van Nederlandse Riviergemeenten
dhr. H. de Kruik	Unie van Waterschappen
dhr. B. van den Reek	Provincie Noord-Brabant
dhr. A. Wijbenga	Provincie Gelderland
mw. M. Rommel	Provincie Zuid-Holland
mw. K. Luursema	Waterschap Zuiderzeeland
dhr. F. Alberts	Rijkswaterstaat
dhr. H. van de Langemheen	Rijkswaterstaat
dhr. C. van Raalten	Rijkswaterstaat
mw. D. Veenstra	Rijkswaterstaat
mw. N. Asselman	Deltares
dhr. F. Klijn	Deltares
dhr. H. van der Most	Deltares

### Syntheserapport

dhr. J. R. Moll	Royal Haskoning
dhr. J.M. Meulepas	Royal Haskoning



## **B Achtergrondrapporten deelstudies**

### **Hoofdrapport**

#### **Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden**

Hoofdrapport Compartimenteringstudie

N. Asselman, F. Klijn en H. van der Most (2008)

Deltares rapport T2513

ISBN 978 90 369 1454 3

### **Deelstudies**

#### **Het voordeel eener dubbele defensie - de discussies rond het compartimenteren van dijkringen in het verleden**

A. van Heezik (2008)

Van Heezik Beleidsresearch | Beleidsresearch.nl

Deltares rapport T2513.20

#### **Compartimenteringstudie - casestudie Centraal Holland**

N. Asselman (2008)

Deltares rapport T2513.34

#### **Compartimenteringstudie - casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden**

J. ter Maat, F. Klijn, R. de Koning en A. Wijbenga (2008)

Deltares rapport T2513.35

#### **Compartimenteringstudie - casestudie Land van Heusden / De Maaskant**

H. van der Most (2008)

Deltares rapport T2513.36

#### **Compartimenteringstudie - casestudie Zuidelijk Flevoland**

N. Asselman en F. Alberts (2008)

Deltares rapport T2513.37

#### **Verkenning beschikbare studies naar compartimentering**

R. Passchier en F. Klijn (2007)

Deltares rapport T2513.12

#### **Beoordelingskader compartimentering**

P. Baan, F. Klijn en M. van der Vat (2007)

Deltares rapport T2513.22

#### **Compartimenteringstudie - case Centraal Holland; technische achtergrond-documentatie**

J. Oost en S. Holterman (2008)

Rapport HKV [LJN.IN.WATER](#) PR1411.10

#### **Compartimenteringstudie - casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden; technisch achtergrond rapport**

J. ter Maat en F. Klijn (2008)

Deltares rapport T2513.35



## **Compartimenteringstudie dijkkring 36, deelrapportage landschap**

Bosch-Slabbers (2008)

### **Juridische aspecten van compartimentering**

Mr. A.A.J. de Gier, Mr. F.A.G. Groothuijse (2007)

Notitie Centrum voor Omgevingsrecht en –beleid, Universiteit Utrecht

### **Grenzen aan de gevolgen van een overstroming? Een reflectie op de uitkomsten van de Compartimenteringstudie**

F. Klijn en P. de Grave (2008)

Deltares rapport T2513.50

### **Nederlandse traditie: het landschap van waterkeringen (Dutch tradition: the landscape of levees)**

Posterkaart gemaakt ter gelegenheid van de startconferentie “Gevolgbepierking Overstromingen: Compartimenteren en andere ruimtelijke ingrepen” op 5 april 2007 in het kader van Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw

WL | Delft Hydraulics en Robbert de Koning Landschapsarchitect BNT (2007)

### **Diversen**

Lit.1 Projectplan Compartimenteringstudie,

Rijkswaterstaat RIZA, versie 4.0 eindconcept, 25 februari 2008.

Lit.2 Syntheserapport Onderzoeksprogramma Rampenbeheersingsstrategie

Overstromingen Rijn en Maas,

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 25 april 2006.

Lit.3 Kabinetsstandpunt Rampenbeheersing Overstromingen

TK 2006-2007, 27625, nr. 77.

Lit.4 De Tweede Waterkeringen in Nederland,

TAW, 1973.

Lit.5 Richtlijnen Richtlijn normering compartimenteringsdijken,

Chris Geerse et al, PR1192.70 Rapport april 2007.

Lit.6 Nederland Later - Tweede Duurzaamheidsverkenning, deel Fysieke leefomgeving

Nederland, Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Bilthoven, juni 2007.

Lit.7 Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat

Klijn F, et al, Rapport Q4290, 2007.

Lit 8 Grenzen aan de gevolgen van een overstroming

Frans Klijn, Peter de Grave, voorlopig rapport, Deltares, maart 2008.