

Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden

Hoofdrapport Compartimenteringstudie



Deltares
Enabling Delta Life



Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden

Hoofdrapport compartimenteringstudie

Colofon

Uitgegeven door:	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Auteurs:	N. Asselman, F. Klijn en H. van der Most (Deltares)
Datum:	September 2008
Realisatie:	Deltares rapportnummer T2513 ISBN 978 90 369 1454 3
Begeleiding:	Landelijk projectteam Compartimenteringstudie, samenstelling zie bijlage B
Foto omslag:	Karel Tomei



Inhoud

Samenvatting	a
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding en doel van de studie.....	1
1.1.1 Aanleiding.....	1
1.1.2 Doelstelling.....	1
1.2 Het onderwerp van deze studie: wat is compartimentering?	1
1.2.1 Mogelijke vormen van compartimentering.....	1
1.2.2 Waarom denken over (nader) compartimenteren?.....	2
1.2.3 Compartimentering in andere domeinen	4
1.2.4 Doel van compartimenteren, en voor- en nadelen	4
1.3 Positionering en afbakening	6
1.4 Over dit rapport.....	6
2 Enige historie	7
2.1 Bestaande/ huidige gecompartmenteerdheid.....	7
2.2 Ontstaan van compartimentering	10
2.2.1 Compartimentering aan zee.....	11
2.2.2 Compartimentering langs de rivieren.....	12
2.2.3 Hernieuwde aandacht na de ramp van 1953.....	14
2.2.4 Recente studies en onderzoek	17
2.3 Samenvatting argumenten uit het verleden.....	18
3 Compartimenteren: wanneer verdient het overweging en waarom?	21
3.1 Inleiding: landevaluatie	21
3.2 Grote dijkkringen versus kleine dijkkringen.....	22
3.3 Dijkkringen met grote aantallen (potentiële) slachtoffers en/of schade	23
3.3.1 (Potentiële) slachtoffers	23
3.3.2 Schade	23
3.4 Eigenschappen van dijkkringen die bepalend zijn voor het overstromingsverloop	24
3.4.1 Een bijzonder geval: het voorkomen van negatieve systeemwerking.....	26
3.5 Kansrijkdom voor compartimentering.....	27
3.5.1 Vorm dijkkring	27
3.5.2 Ligging ten opzichte van gevarenbron.....	28
3.5.3 Ruimtelijke verdeling van de kwetsbaarheid.....	28
3.5.4 Bestaande structuren	29
3.6 Eindoordeel dijkkringen: nuttig & kansrijk?	29

3.6.1	Dijkringen waar compartimenteren zinvol en kansrijk is kort besproken	32
3.7	Soms ook decompartimentering?	35
3.7.1	Enige casuïstiek.....	35
3.7.2	Reflectie op decompartimenteren.....	38
4	Casestudies: verkenning tracés en beoordeling	39
4.1	Geheel verschillende casestudies.....	39
4.2	Aanpak.....	39
4.2.1	Vaststellen alternatieve tracés.....	40
4.2.2	Beoordeling tracé-alternatieven.....	40
4.3	Flevoland.....	44
4.3.1	Aard van de casestudie	44
4.3.2	Kenschets van het gebied	44
4.3.3	Ontwikkeling van alternatieve tracés	47
4.3.4	Verkenning van inpasbaarheid	49
4.3.5	Verkenning van effectiviteit.....	49
4.3.6	Vergelijking van tracés.....	51
4.3.7	Conclusies en aanbevelingen.....	54
4.4	Centraal Holland.....	54
4.4.1	Aard van de casestudie	54
4.4.2	Kenschets van het gebied	55
4.4.3	Alternatieve tracés	57
4.4.4	Verkenning van inpasbaarheid	62
4.4.5	Verkenning van effectiviteit.....	63
4.4.6	Vergelijking van tracés.....	64
4.4.7	Conclusies en aanbevelingen.....	65
4.5	Land van Heusden / de Maaskant	66
4.5.1	Aard van de casestudie	66
4.5.2	Kenschets van het gebied	66
4.5.3	Alternatieve tracés	68
4.5.4	Verkenning van inpasbaarheid	70
4.5.5	Verkenning van effectiviteit.....	72
4.5.6	Vergelijking tussen verschillende tracés.....	74
4.5.7	Conclusies en aanbevelingen.....	75
4.6	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	76
4.6.1	Aard van de casestudie	76
4.6.2	Kenschets van het gebied	76
4.6.3	Alternatieve tracés	78
4.6.4	Inpasbaarheid	78
4.6.5	Effectiviteit.....	81
4.6.6	Vergelijking van tracés.....	82
4.6.7	Conclusies en aanbevelingen.....	85
4.7	Overzicht resultaten casestudies	85
5	Reflectie op de bevindingen in de casestudies.....	89
5.1	Inleiding	89

5.2	Nut en kansrijkdom van compartimenteren anders beoordeeld?	89
5.3	Een andere grondslag dan baten/kostenoverwegingen?.....	92
5.4	Overige bevindingen uit de casestudies.....	95
5.4.1	Betekenis van het overstromingsverloop.....	95
5.4.2	Rol uitlaatwerken.....	96
5.4.3	Meekoppelen met bestaande infrastructuur	96
5.4.4	De relatie met normdifferentiatie.....	97
5.4.5	Landschappelijke inpassing en ruimtelijke kwaliteit.....	98
6	Aanleg en beheer van compartimenteringsdijken	99
6.1	Inleiding.....	99
6.2	Juridisch kader voor aanleg.....	99
6.3	Juridisch kader voor beheer	104
7	Conclusies en aanbevelingen.....	107
7.1	Conclusies	107
7.1.1	Is compartimentering een zinvolle maatregel?	108
7.1.2 zo ja, waar?	109
7.1.3 en onder welke voorwaarden	112
7.2	Aanbevelingen	113
8	Literatuur.....	115
Appendices		
A	Kenmerken van dijkringen die zijn gebruikt voor de bepaling van nut en kansrijkdom van compartimenteren.....	117
B	Lijst met betrokken personen	125
C	Overzicht producten Compartimenteringstudie.....	127
C.1	Rapporten	127
C.2	Achtergronddocumenten en rapporten op CD-rom.....	127

Samenvatting

Aanleiding en doel van de studie

In het kader van de beleidsvoorbereiding Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21) vindt een herbezinning plaats op de beheersing van overstromingsrisico's in Nederland. Daarbij gaat het zowel om het verminderen van de kans op overstromingen (waterkeren) als het beperken van de gevolgen van overstromingen. Voor het bepalen van de maatschappelijk meest gewenste beheersing van het overstromingsrisico dienen alle mogelijke maatregelen op hun merites te worden beoordeeld, afzonderlijk en in samenhang met elkaar. Eén van de maatregelen, waarover nog relatief weinig bekend is, is compartimentering. In het kader van de studie Rampenbeheersingstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO) is een eerste verkenning uitgevoerd van compartimentering voor dijkringen in het riviereengebied. In de RBSO-studie is geconcludeerd dat compartimentering in het riviereengebied perspectiefrijk is. Vervolgens is in het Kabinetsstandpunt Rampenbeheersing besloten tot het doen uitvoeren van de Compartimenteringstudie.

Het doel van de onderhavige verkenning is om antwoord te geven op de vraag of, waar en onder welke voorwaarden compartimentering een zinvolle maatregel is voor het beperken van het overstromingsrisico; in het bijzonder het beperken van de gevolgen van een overstroming. Waar de RBSO-studie zich beperkte tot het riviereengebied, richt de Compartimenteringstudie zich op geheel bedijkt Nederland.

Uitgangspunten aansluitend op RBSO en WV21

De studie naar compartimentering past in het bredere kader van herbezinning op de beleidsstrategie inzake overstromingsrisicobeheersing (WV21), waarbinnen een onderlinge vergelijking van maatregelen plaatsvindt. Het onderhavige onderzoek is evenwel alleen gericht op de vraag wat compartimentering kan betekenen. Het onderzoek sluit methodisch zoveel mogelijk aan op ander onderzoek voor WV21. Daarom is de wijze van beoordeling van compartimentering afgestemd met WV21 en zijn zoveel mogelijk dezelfde uitgangspunten gebruikt (zie Tabel S.1). Ook is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van methoden en bevindingen uit eerder onderzoek, met name de RBSO-studie.

Tabel S.1 *Uitgangspunten referentiesituatie*

Aspect	Uitgangspunt	Opmerkingen
Dijkenstelsel	Referentiejaar is 2015 Dijken voldoen aan wettelijke normen Overloop/overslag is dominante faalmechanisme	Komt overeen met RBSO en WV21
Beheer en onderhoud dijkstelsel	Na 2015 blijven voldoen aan wettelijke normen Na 2015 handhaven van basiskustlijn en van beschermingsniveau	Komt overeen met RBSO, maar wijkt af van WV21, waarin normen-discussie juist wordt gevoerd
Effect andersoortige maatregelen	Wordt geen rekening mee gehouden	Komt overeen met WV21 en niet met RBSO waar het effect van andere maatregelen wel wordt bepaald

Het nut van compartimenteren

Compartimenteren betekent letterlijk onderverdelen. In strikte zin is compartimentering van een dijkkring dan ook het opdelen van een grote dijkkring in (een aantal) kleinere dijkkringen. Het hoofddoel van compartimentering is het verkleinen van het oppervlak dat overstromd raakt, primair vanuit de gedachte dat het overstromde oppervlak zeer bepalend is voor de schade van overstroming en voor de mate van maatschappelijke ontwrichting. Doel is dus de overstromingsrisico's te verkleinen door de gevolgen van overstroming te beperken.

In de meest zuivere vorm van compartimenteren staat het keren van water centraal, met een dijk die net zo hoog is als de primaire waterkering. Maar hierop bestaan variaties. Zo kunnen de compartimenten sterk verschillen van omvang. En compartimenteren kan ook gericht zijn op het beïnvloeden van het overstromingsverloop, bijvoorbeeld door de verspreiding van het water alleen te vertragen door dijken en kades *lager dan de primaire* waterkering, of door het water langs kwetsbare (bebouwde) delen van dijkkringen te geleiden met geleidedijken.

Compartimentering vindt op veel gebieden toepassing om een ramp te voorkomen of beter te beheersen. In de scheepvaart worden dubbele wanden en waterdichte compartimenten toegepast om zinken na een aanvaring te voorkomen. Gebouwen worden in compartimenten verdeeld om de uitbreiding van een brand in het gebouw te beperken of te vertragen. De compartimenten worden onderling gescheiden door brandbestendige wanden, vloeren en deuren. In de bosbouw worden percelen gescheiden door brandgangen om de uitbreiding van een bosbrand te vertragen en het bos beter toegankelijk te maken voor de brandweer.

Enige historie

De compartimentering van dijkkringen in Nederland is deels ouder dan de dijkkringen zelf. De dijkkringen zoals we die nu kennen zijn immers slechts een formalisering van een situatie met een bijna duizendjarige ontstaansgeschiedenis. In het verleden zijn op een aantal plaatsen doelbewust compartimenteringsdijken aangelegd. Er zijn echter in het landschap vele malen meer dijken en lijnvormige elementen aanwezig die niet als compartimenteringsdijk zijn aangelegd, maar die wel als zodanig (kunnen) functioneren. Zo is in de loop van de tijd een zekere gecompartmenteerdheid ontstaan.

Bij de bestaande gecompartmenteerdheid kunnen we onderscheid maken tussen bedoelde compartimenteringsdijken en onbedoelde. Bedoelde compartimenteringsdijken hebben veelal een status in de Wet op de Waterkering, vaak als categorie c-kering. Sommige daarvan zijn al heel oud, zoals de Diefdijk tussen de Betuwe en de Alblasserwaard.

Onbedoelde compartimentering vinden we (1) in de vorm van oude waterkeringen die niet langer de rol van primaire waterkering vervullen, maar die rol ooit hadden. Een tweede (2) vorm van onbedoelde compartimentering vloeit voort uit de bekading van boezemwateren. Ten derde (3) kan recente lijnvormige (droge) infrastructuur (aardebanen voor (snel)wegen en spoorlijnen, geluidswallen) als compartimenteringsdijk functioneren. Waarbij moet worden aangetekend dat de standzekerheid van deze infrastructuur in geval van een overstroming waarschijnlijk beperkt is. Figuur 2.1 van dit rapport geeft een overzicht van alle in Nederland aanwezige dijklichamen die compartimenterend zouden kunnen werken.

Naar aanleiding van de ramp van 1953 heeft de Deltacommissie geadviseerd over de beheersing van overstromingsrisico's, waarbij ze expliciet inging op "de aanleg en instandhouding van tweede waterkeringen ter beperking van de inundatie" (Deltacommissie blz. 94-96) – wat we nu compartimentering noemen. De commissie pleitte voor verdere compartimentering naar aanleiding van de ervaringen in 1953, waarbij sterk gecompartmenteerde dijkringen significant minder gevolgen kenden. De door de commissie bepleite compartimentering van Centraal-Holland is nooit tot stand gebracht en het advies is haast vergeten.

Een recente verkenning van mogelijkheden tot compartimentering is uitgevoerd voor het riviereengebied van Rijn en Maas in het kader van de RBSO-studie. In die studie is geconcludeerd dat compartimentering in een aantal dijkringen perspectiefrijk is.

Voor- en nadelen van compartimentering

Uit het uitgevoerde geschiedkundig onderzoek komt naar voren dat de idee van compartimentering bepaald niet nieuw is; er wordt al over compartimentering gedacht zolang er dijken worden gebouwd. De discussies uit het verleden kunnen dan ook inzicht geven in de – toen onderkende – voordelen en nadelen van compartimentering. Over de volgende argumenten **voor** compartimentering bestond brede overeenstemming:

- beperking van het overstromingsoppervlak;
- langzamere bresgroei, omdat de overstroming zich minder snel zal uitbreiden;
- adempauze voor te nemen tegenmaatregelen;
- beperking van de duur van de inundatie, met name in getijdengebieden, omdat de bres gemakkelijker en sneller te dichten is;
- de dijken als vluchtplaats voor mens en dier.

Argumenten **tegen** compartimentering die uit het geschiedkundig onderzoek naar voren kwamen, betroffen ondermeer:

- hoge kosten van aanleg en instandhouding van compartimenteringsdijken; dit geld zou beter kunnen worden gebruikt voor de versterking van de primaire waterkeringen;
- toegenomen verdrinkingsgevaar in kleine compartimenten, doordat het water sneller stijgt;
- onvoldoende ruimte om een tweede waterkering op voldoende afstand van de primaire waterkering te situeren, vooral in dichtbevolkte gebieden.

De hier genoemde voor- en nadelen gelden voor een groot deel nog steeds. Verschillen in opvatting tussen vroeger en nu zijn er echter ook. Vroeger was er minder vertrouwen in de primaire waterkeringen en werd compartimenteringsdijken vooral een functie toegekend voor het geval de primaire waterkeringen zouden bezwijken al voordat extreem hoogwater was bereikt. Het vertrouwen in de primaire waterkeringen is tegenwoordig veel groter en compartimenteringsdijken hebben nu vooral een functie in geval van het overschrijden van de maatgevende hoogwaterstanden (optreden van bovenmaatgevende omstandigheden).

Waar verdient compartimenteren overweging?

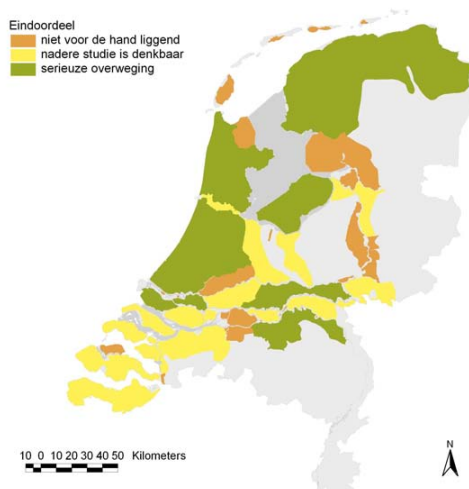
Compartimenteren beoogt het verkleinen van de gevolgen van een overstroming, en vergt de aanleg van compartimenteringsdijken. Om vast te stellen waar (verdere) compartimentering overweging verdient, dient dan ook enerzijds het nut te worden vastgesteld ('Waar is gevolgverkleining gewenst?' 'In gevaarlijk grote dijkringen!') en anderzijds de kansrijkdom ('Waar kan tegen acceptabele kosten en met niet-onoverkomelijke gevolgen een dijk worden aangelegd?' 'In langgerekte dijkringen'). Om na te gaan in welke dijkringen compartimentering zinvol zou kunnen zijn is daarom een eenvoudige landevaluatie uitgevoerd naar het nut en de kansrijkheid van compartimenteren.

Het nut van compartimenteren is vooral afhankelijk van de te verwachten maatschappelijke baat (vermeden economische schade, aantallen getroffen en aantallen slachtoffers). Gebruikte criteria zijn:

- het oppervlak van de dijkkring (grote dijkringen hebben meer schade);
- het verwachte aantal slachtoffers, het aantal getroffen en de verwachte economische schade, en;
- eigenschappen die bepalend zijn voor het overstromingsverloop, zoals de helling van het maaiveld en de bestaande gecompartmenteerdheid (aanwezigheid van dijken, kades en andere lijnvormige obstakels);

De kansrijkdom is afhankelijk van de benodigde investeringskosten in vergelijking met dijkverzekering rondom. Deze kosten hangen samen met:

- Vorm van de dijkkring (de lengte van de compartimenteringsdijk zal korter zijn bij een langgerekte dijkkring, dan bij een ronde dijkkring);
- Ligging ten opzicht van de gevarenbron (een dijkkring die vanaf de korte zijde wordt bedreigd is eenvoudiger te compartimenteren);
- Ruimtelijke verdeling van kwetsbare gebieden (geconcentreerde bebouwing is makkelijker af te grenzen);
- Bestaande structuren (het verder ophogen van bestaande structuren kan goedkoper zijn dan het aanleggen van een geheel nieuwe dijk).



Figuur S.1 Resultaat van de analyse naar nut en kansrijkdom van compartimentering in verschillende dijkringen

Uit deze analyse komen acht dijkringen naar voren, waarvoor compartimentering serieuze overweging verdient, namelijk Friesland-Groningen (6), Flevoland (8)*, Noord-Holland (13), Zuid-Holland (14)*, IJsselmonde (17), Voorne-Putten (20), Land van Heusden/ De Maaskant (36)* en Betuwe en Tieler- en Culemborgerwaarden (43)*, alsmede een 18-tal waarvoor nadere studie denkbaar is. Zie Figuur S.1.

Leren van casestudies: verkenning van tracés en beoordeling

Van de acht dijkringen waar compartimentering serieuze overweging verdient, zijn er vier nader verkend door een casestudie uit te voeren, namelijk:

- Flevoland (8);
- Centraal Holland (14);
- Land van Heusden/ De Maaskant (36);
- Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden (43).

Deze vier casestudies zijn verschillend van karakter. Bij de casestudie Flevoland gaat het om een diepgelegen polder met een grote woningbouwopgave. Het primaire doel van compartimentering in dit gebied is het voorkomen van slachtoffers, omdat preventieve evacuatie van de hele dijkkring niet mogelijk is (Windhouwer, 2005). Centraal Holland is een dichtbevolkte en economisch zeer waardevolle dijkkring die wordt bedreigd vanuit de Noordzee, de Nieuwe Waterweg en de Lek. Overstromingen in deze dijkkring zullen grote economische en maatschappelijke gevolgen hebben. Het Land van Heusden / de Maaskant is gelegen langs de rivier de Maas. Compartimentering in dit gebied heeft vooral tot doel de agglomeratie Den Bosch en de belangrijke A2 beter te beschermen. De Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden ligt tussen de rivieren Waal, Nederrijn-Lek en het Pannerdensch Kanaal. Ook deze dijkkring heeft een langgerekte vorm, die kansen biedt voor compartimentering.

Aanvullend worden casestudies uitgevoerd voor de grensoverschrijdende dijkringen Rijn & IJssel (48) en Ooij & Millingen (42). Deze casestudies vinden plaats in samenwerking met Duitse collega's en waren bij het schrijven van dit rapport nog niet afgerond; er zal afzonderlijk over worden gerapporteerd.

In dit rapport worden de vier genoemde casestudies kort besproken, waarbij nader wordt ingegaan op de vraag hoe compartimentering van deze dijkringen kan plaatsvinden, hoe dit is beoordeeld, en wat zich hierbij zoal aan problemen en kansen voordoet.

Allereerst zijn tijdens werkateliers c.q. workshops alternatieve tracés geschetst. Aan die werkateliers is deelgenomen door (ambtelijke) vertegenwoordigers van overheden (provincie, waterschappen, gemeenten), NGO's en andere belanghebbenden. Daarbij is kennis gebruikt over het overstromingsverloop en de gevolgen van overstromingen, alsook van kennis over huidig en toekomstig ruimtegebruik, ruimtelijk beleid en ander beleid met ruimtelijke implicaties. Bij het vaststellen van tracéalternatieven is eveneens rekening gehouden met hoe lang en zwaar een nieuwe dijk zou moeten worden en in hoeverre bij bestaande – of geplande – structuren kan worden aangesloten. Bij de tracékeuze gaat het er overigens niet om *per se* de goedkoopste oplossing te vinden, maar een oplossing die maatschappelijk op steun kan rekenen.

Vervolgens zijn de tracéalternatieven beoordeeld, hetgeen inhoudt dat situaties met en zonder compartimenteringsdijken zijn vergeleken. Voor de referentiesituatie is het jaar 2015 aangehouden. Dan mag worden aangenomen dat de primaire waterkeringen op orde zijn.

Dit uitgangspunt komt overeen met dat van WV21 (zie Kind, 2007) en RBSO (zie Kind, 2005). Als tweede uitgangspunt geldt dat het systeem na 2015 op orde wordt gehouden. En dan niet alleen wat betreft het gebruikelijke beheer en onderhoud, maar ook dat het beschermingsniveau wordt gehandhaafd door hetzij versterking/ verhoging van waterkeringen hetzij verdere rivierverruiming. Ook dit uitgangspunt komt overeen met dat van RBSO (zie Kind, 2005), maar het verschilt van WV21, aangezien daarbij de veiligheidsnormen zelf onderwerp van onderzoek vormen.

Bevindingen vanuit de casestudies

In alle casestudies blijkt de aanleg van een goed gepositioneerde compartimenteringsdijk bij te dragen aan een reductie van de economische schade, aan een vermindering van de aantallen getroffen en aan een kleiner slachtofferrisico. De Tabel S.2 geeft een overzicht van de kosten en economische baten in de verschillende casestudies. De kosten variëren van 10 miljoen euro voor het ophogen van het westelijke deel van de Oude Maasdijk tot bijna 400 miljoen euro voor het ophogen van de Prinsendijk en de dijk langs de Oude Rijn ten oosten van Bodegraven. De meeste onderzochte tracés kosten tussen de 100 en 200 miljoen euro.

De Tabel toont ook de verwachte economische baat in termen van vermeden schade bij overstroming, alsmede de jaarlijkse baat. Bij de bepaling van de jaarlijkse baat is uitgegaan van verschillende aannamen ten aanzien van de overstromingskansen. De jaarlijkse baat is het grootst bij de aanleg van een compartimenteringsdijk in de Betuwe aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal (8 tot 13 miljoen euro per jaar). In Zuidelijk Flevoland en het Land van Heusden / de Maaskant is de jaarlijkse baat circa 3 tot 5 miljoen euro per jaar. De laagste jaarlijkse baat is te verwachten in Centraal Holland. Dit hangt samen met de kleine overstromingskans in deze dijkkring.

Vanuit economisch oogpunt is op basis van het eerstejaarsrendement compartimentering in slechts één van de casestudies aantrekkelijk: de verwachte jaarlijkse baten zijn alleen voor dijkkring 43 hoger dan de jaarlijkse kosten (Tabel S.2). Dit hangt samen met de relatief geringe investeringskosten, maar vooral met de grote jaarlijkse baat van het tracé aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal in de Betuwe. Voor de dijkkring Land van Heusden / De Maaskant geldt dat het eerstejaarsrendement alleen positief uitpakt wanneer voor de overstromingskans gelijkgenomen wordt aan de huidige norm voor het maatgevend hoogwater.

Uit die casestudies kunnen lessen worden getrokken. Die kunnen aanleiding zijn om de eerdere beoordeling over nut en kansrijkdom van compartimenteren bij te stellen. Ze kunnen ook leiden tot kanttekeningen bij de vraag of het gebruikte beoordelingskader wel volledig adequaat is om besluiten over compartimentering te nemen. Dat geldt met name voor de nadruk op kosten en economische baat in het beoordelingskader.

Gevoeligheid uitkomsten voor schatting overstromingskansen

De beoordeling van de kansrijkdom van de in de casestudies verkende tracés van compartimenteringsdijken – en vooral de keuze van het meest wenselijke tracé – is vooral gebaseerd op de economische rentabiliteit: de kosten van aanleg en onderhoud versus de baat in termen van vermeden schade, ofwel de baten/kostenverhouding.

Nu zijn met name de baten moeilijk te kwantificeren, omdat deze direct gerelateerd zijn aan de kans op een overstroming: een gebeurtenis van dijkfalen, bresgroei, instroom en waterverspreiding. De economische baat wordt twee keer zo groot als de overstromingskans geen 1:2.000 maar 1:1.000 is, een factor 4 als deze 1:500 bedraagt, enz.

Dit lijken grote verschillen, maar ze zitten ruim binnen de bandbreedte van schattingen door erkende experts. De kostenschattingen lopen in vergelijking veel minder uiteen. Dat betekent dat voor het kwantificeren van de jaarlijkse baten de kans op een overstroming van grote invloed is op de uitkomst. En dus op de baten/kostenverhouding.

Tabel S.2 Overzicht van de jaarlijkse baat en de baten/kostenverhouding van alle onderzochte tracés

Casestudie	tracé		baat bij overstroming (10 ⁹ euro)	jaarlijkse baat (miljoen euro)		kosten (miljoen euro)	Baten/kosten- verhouding in 2015	
				norm	Klijn et al., 2007		norm	Klijn et al., 2007
Betuwe, Tieler- en Culemborger waarden	Betuwelinie	Bemmel	7,8	7,2	4,5	81	2,6	1,6
		Elden	-0,1	-0,2	-0,1	81	0,0	0,0
	Kesteren- Echteld	Bemmel	4,6	4,3	2,7	145	0,8	0,5
		Elden	-0,7	-0,6	-0,4	145	-0,2	-0,1
	ARK-W sluis Waal	Bemmel	14,2	13,3	8,3	87	4,3	2,7
		Elden	0,7	0,6	0,4	87	0,2	0,1
	ARK-W sluis NR/Lek	Bemmel	16,0	15,0	9,4	87	5,0	3,1
		Elden	1,7	1,6	1,0	87	0,5	0,3
Land van Heusden / de Maaskant	HW oost		6,5	6,1	3,2	141	1,3	0,8
	HW west		3,9	3,6	2,3	96	1,1	0,7
	Parallel_oost		6,5	6,1	3,8	178	1,0	0,6
	Parallel_west		3,9	3,7	2,3	112	1,0	0,6
	RBSO		4,1	3,3	2,0	113	1,0	0,6
Zuidelijk Flevoland ¹	A27		8,5/-1,8 ²	2,9	1,2	350	0,2	0,1
	ZZ-Flevoland		8,7/-0,7 ²	3,0	1,2	346	0,3	0,1
	oostkant A6		7,3/-1 ²	2,4	1,0	258	0,3	0,1
	Hoge Ring	met A27	8,5/-2,8 ²	2,9	1,1	389	0,2	0,1
	spoorlijn	met A27	10,4/-0,2 ²	3,4	1,4	195	0,4	0,2
Centraal Holland	Oude Maasdijk	Vluchtenburg	1,5	0,2	0,1	10	0,5	0,3
		Zijdiijk- Zanddijk	1,5	0,2	0,1	11	0,5	0,3
	H.v.Holland – Den Haag	N211	5,9	0,7	0,3	72	0,3	0,1
		west N211	5,9	0,7	0,3	63	0,3	0,2
	Katwijk	N206	4,4	0,5	0,3	162	0,1	0,1
		oost N206	4,4	0,5	0,3	185	0,1	0,0
	Hollandsche IJssel	zonder uitlaatw.	1,8	1,1	0,4	210	0,1	0,1
		met uitlaatwerk	8,0	4,7	1,9	220	0,6	0,2
	Prinsendijk en Oude Rijn dijk		0,1	0,1	0,0	383	0,0	0,0
	Amsterdam- Rijnkanaal	geheel	-0,3	-0,3	0,0	89	-0,1	0,0
Z. v. Utrecht		-0,5	-0,5	0,0	28	-0,5	0,0	

¹ kosten en baten/kostenverhouding inclusief opgehogen primaire kering dicht bevolkte compartiment

² respectievelijk bij een doorbraak ter hoogte van de Oostvaardersplassen en Almere

De nauwe relatie tussen overstromingskans en baten/kostenverhouding betekent ook dat goed beschermde dijkringen minder snel in aanmerking komen voor compartimentering dan dijkringen met een lager beschermingsniveau. Ofwel: 'hoe beter een dijkkring beschermd is, des te minder rendabel compartimentering'. Vanuit die gedachte zou de vraag waar compartimenteren overweging verdient anders moeten worden beantwoord. Daarop wordt in hoofdstuk 5 ingegaan (zie ook figuren 5.1 en 5.2). Deze notie sluit ook aan bij het belangrijke inzicht dat normdifferentiatie en compartimentering niet los van elkaar beschouwd kunnen worden

Een andere grondslag voor beleid inzake gevolgbepierking dan baten/kostenoverwegingen?

De idee 'hoe beter een dijkering beschermd is, des te minder rendabel compartimentering' gaat evenwel voorbij aan niet-economische baten (slachtoffers en getroffen), alsook aan het feit dat compartimentering ook een ander doel dient, namelijk het beperkt houden van een ramp en het beperken van maatschappelijke ontwrichting. Dat zou kunnen betekenen dat aan de baten/kostenverhouding minder nadruk wordt gegeven dan nu in de casestudies het geval is geweest.

In dit verband is nog een verkenning uitgevoerd naar de vraag of er – hoe onwaarschijnlijk een overstroming ook is – geen principiële grens moet worden gesteld aan de aanvaardbare gevolgen van overstromingen ook als blijkt dat gevolgbepierkende maatregelen uit oogpunt van kosten en baten onvoldoende interessant zijn. Deze vraag is teveel omvattend om in deze samenvatting te behandelen. Er wordt verwezen naar hoofdstuk 5 en het betreffende deelrapport.

Overige bevindingen uit de casestudies

De casestudies hebben geleerd dat iedere situatie zo z'n eigen complicaties kent. Doordat casestudies in sterk verschillende gebiedstypen zijn uitgevoerd, kunnen hier nog enige generieke lessen uit worden afgeleid, die echter alleen als aandachtspunten naar voren kunnen worden gebracht. In hoofdstuk 5 wordt nader op deze aandachtspunten ingegaan:

- de grote betekenis van reeds aanwezige dijken op het overstromingsverloop en daarmee op de baat van compartimentering;
- de (mogelijke) rol van een uitlaatwerk en/of het slechten van dijken daarbij;
- de moeilijkheden van het traceren van compartimenteringsdijken langs of op bestaande infrastructuur (het zogeheten 'meekoppelen');
- de relatie met normdifferentiatie;
- het punt van landschappelijke inpassing en ruimtelijke kwaliteit.

Conclusies

Het doel van de compartimenteringstudie was na te gaan of compartimentering een zinvolle maatregel is om de gevolgen van een overstroming te beperken en, zo ja, waar en onder welke voorwaarden? Op deze vraag is geen eenvoudig en kort antwoord te geven; de beheersing van het overstromingsrisico is, in een Nederland waar de ruimte intensief wordt benut, een gecompliceerde aangelegenheid. In het afsluitend hoofdstuk van dit rapport is getracht die complexiteit – en dus de rijkdom van het antwoord – recht te doen. Hier geven we alleen de hoofdconclusies, voor de toelichting wordt naar hoofdstuk 7 verwezen.

Conclusies over de vraag *of* compartimentering zinvol is:

- Compartimenteren is op veel terreinen een beproefd concept om de gevolgen van een ramp te beperken.
- Compartimentering kan effectief bijdragen aan het beperken van de gevolgen van een overstroming.
- Vanuit een economisch perspectief is compartimentering slechts in een beperkt aantal gevallen een effectieve maatregel.

- Een normatieve uitspraak over de maximaal aanvaardbare omvang van de gevolgen heeft consequenties voor de toepasbaarheid van compartimentering.

Conclusies over **waar** compartimentering zinvol is:

- Compartimentering komt vooral in aanmerking in 'gevaarlijk grote' dijkringen, die gemakkelijk zijn op te delen.
- Het gebruik van de jaarlijkse baat (rekening houdend met de overstromingskans) in plaats van de 'absolute' baat (totale schade gegeven een overstroming) resulteert in een andere selectie van dijkringen waar compartimentering kansrijk is.
- In Flevoland zijn er, na formalisering van de Knardijk als compartimenteringsdijk, op dit moment geen aanvullende compartimenteringsdijken die voldoende rendabel en robuust zijn. *Deze conclusie kan worden beschouwd als representatief voor diepe polders, zoals de IJsselmeerpolders.*
- In Centraal-Holland is op basis van kosten-batenanalyses aanvullende compartimentering niet aantrekkelijk; de bijdrage aan het verminderen van het aantal te verwachten slachtoffers en aan het beperken van maatschappelijke ontwrichting kan echter aanzienlijk zijn. *Deze conclusie is representatief voor alle grote dijkringen langs de kust, waaronder Noord-Holland en Friesland-Groningen.*
- De aanleg van een compartimenteringskering in het Land van Heusden / de Maaskant, reduceert, afhankelijk van het tracé, de economische schade en het aantal getroffen en met 50 - 80%. De aanleg vergt forse investeringen en is vanuit economisch oogpunt onvoldoende rendabel.
- In de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden is een compartimenteringsdijk economisch rendabel en ruimtelijk goed inpasbaar. Een tracé aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal heeft veruit de voorkeur; combinatie met een lagere dijk op de Betuwelinie is het overwegen waard.
- In veel kustdijkringen zijn de baten van compartimentering relatief laag doordat de aanwezige keringen (boezemkaden, regionale waterkeringen met een compartimenterende functie en voormalige primaire waterkeringen) ervoor zorgen dat slechts een (beperkt) deel van deze dijkringen onder water stroomt.
- De uitkomsten van de kosten-batenanalyses voor de verschillende casestudies zijn sterk afhankelijk van de (veronderstelde) overstromingskans.

Conclusies over **onder welke voorwaarden** compartimentering zinvol is:

- Compartimentering is het meest effectief in het beperken van gevolgen in combinatie met aanvullende maatregelen, zoals suatiewerken (uitlaatwerken), differentiatie van beschermingsniveaus, en evacuatieplanning.
- Een compartimenteringsdijk moet ook goed functioneren bij falen van primaire waterkeringen onder bovenmaatgevende omstandigheden.
- Om het functioneren van compartimenteringsdijken te kunnen waarborgen is het gewenst dat compartimenteringsdijken als zodanig zijn aangewezen bij wet of provinciale verordening.
- Compartimenteringsdijken kunnen met het bestaande wettelijk kader worden gerealiseerd.

Aanbevelingen

Net als bij de conclusies presenteren we hier de hoofdaanbevelingen, voor de toelichting wordt naar hoofdstuk 7 verwezen.

- Om te komen tot een goed onderbouwd besluit rond de mogelijke aanleg van compartimenteringsdijken is een brede afweging van kans- en gevolgbeperkende maatregelen noodzakelijk. Beslissingen over compartimentering moeten in samenhang met besluiten over beschermingsnormen worden genomen.
- In veel kustdijkringen beperken reeds aanwezige keringen (boezemkaden en voormalige primaire waterkeringen) het overstroomd oppervlak, mits de standzekerheid voldoende is gewaarborgd. De standzekerheid van deze keringen dient dan ook nader onderzocht te worden.
- Een vervolg op de verkenning van de uitgevoerde casestudies wordt aanbevolen, en wel als volgt:
 - De uitkomsten van de casestudie voor de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden rechtvaardigen het uitvoeren van een planstudie naar het verhogen en versterken van de westelijke kanaaldijk van het Amsterdam-Rijnkanaal al dan niet in combinatie met een lage Betuwelinie.
 - De verkennende casestudie voor Centraal-Holland heeft laten zien dat bestaande regionale keringen van grote invloed (kunnen) zijn op het overstromingsverloop, maar de rol/betekenis van de regionale keringen dient nader verkend te worden, met daarbij aandacht voor de standzekerheid van deze keringen.
 - De casestudie Centraal-Holland is aanleiding te pleiten voor nader onderzoek naar domino-effecten tussen de dijkkringen 14, 15 en 44, waardoor Centraal-Holland vanuit de rivieren zou kunnen overstromen.
 - De uitkomsten van de casestudie Land van Heusden / De Maaskant zijn aanleiding voor een bredere verkenning, waarbij compartimentering wordt gezien in samenhang met verhoging en versterking van (delen van) de primaire waterkeringen.
 - De casestudie Zuidelijk Flevoland leidt niet tot een aanbeveling voor verdere compartimentering. Aanwijzing van de Knardijk als categorie-c kering ingevolge de Wet op de Waterkering ligt voor de hand. Een regionale status wordt reeds voorbereid.
- Regionale casestudies voor andere geïdentificeerde dijkkringen worden aanbevolen, met name Friesland-Groningen, Noord-Holland en Voorne-Putten. Voordat verder onderzoek wordt uitgevoerd naar de mogelijkheden tot compartimentering van grote dijkkringen is evenwel een beleidsstandpunt gewenst, al dan niet na maatschappelijk debat, over eventuele grenzen aan aanvaardbare gevolgen van overstromingen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van de studie

1.1.1 Aanleiding

In het kader van de studie en beleidsvoorbereiding Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21) vindt een herbezinning plaats op de beheersing van overstromingsrisico's in Nederland. Daarbij gaat het zowel om het verminderen van de kans op overstromingen (waterkeren) als het beperken van de gevolgen. Bij beide is sprake van preventieve (risico-beheersing; vooraf met een lange werkingsduur) en curatieve maatregelen (ramp- of crisisbeheersing; bij een dreigende overstroming of ten tijde van een overstroming). Tabel 1.1 geeft enkele voorbeelden van maatregelen.

Tabel 1.1 Voorbeelden van maatregelen gericht op het verminderen van de kans op overstroming en/of op het beperken van de gevolgen in geval van een overstroming

	Preventief	Curatief
Verminderen van kans	Aanleg en verhogen van dijken Verbreden en verhogen van duinen Stormvloedkeringen Ruimte voor de rivier Grote eenmalige zandsuppletie	Zandzakken en strobalen op dijken Zwakke plekken tijdelijk versterken Kleine frequente zandsuppleties
Beperken van gevolgen (blootstelling en kwetsbaarheid)	Aanleg compartimenteringsdijken Aanleg overstroombare dijken en andere maatregelen om overstromingen beter te kunnen controleren Beschermen cruciale infrastructuur Overstromingsbewust (aangepast) bouwen en inrichten van dijkkringen	Evacuatie In veiligheid brengen van waardevolle goederen en andere schadebeperkende noodmaatregelen

Om te komen tot een maatschappelijk meest gewenste beheersing van het overstromingsrisico dienen alle mogelijke maatregelen op hun merites te worden beoordeeld, afzonderlijk en in samenhang met elkaar. Eén van de maatregelen, waarover nog weinig bekend is, is compartimentering. Daarom is hier in opdracht van de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat een verkenning naar uitgevoerd.

1.1.2 Doelstelling

Het doel van de verkenning is om antwoord te geven op de vraag of, waar en onder welke voorwaarden compartimentering een zinvolle maatregel is voor het beperken van het overstromingsrisico; in het bijzonder het beperken van de gevolgen van een overstroming.

1.2 Het onderwerp van deze studie: wat is compartimentering?

1.2.1 Mogelijke vormen van compartimentering

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

In de meest zuivere vorm van compartimenteren staat het keren van water centraal, met een dijk die net zo hoog is als de primaire waterkering. Dat sluit ook het best aan bij de idee van waterdichte schotten in een schip of brandvrije deuren in een pand. Maar hierop bestaan variaties, die hieronder worden genoemd.

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

- 2^e waterkeringen, die het water tegenhouden als de primaire waterkering faalt (Asselman, 2006; De Bruine, 2006); 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 een getrapte kering zoals we die kennen uit het verleden met waker-, dromer- en slaperdijken; 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 2^e linie dijken. In dit geval loopt een groot – meestal landelijk – deel van de dijkkring onder, maar de delen met groot schade potentieel niet.

In het eerste geval is het nodig een goed inzicht te hebben van 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:

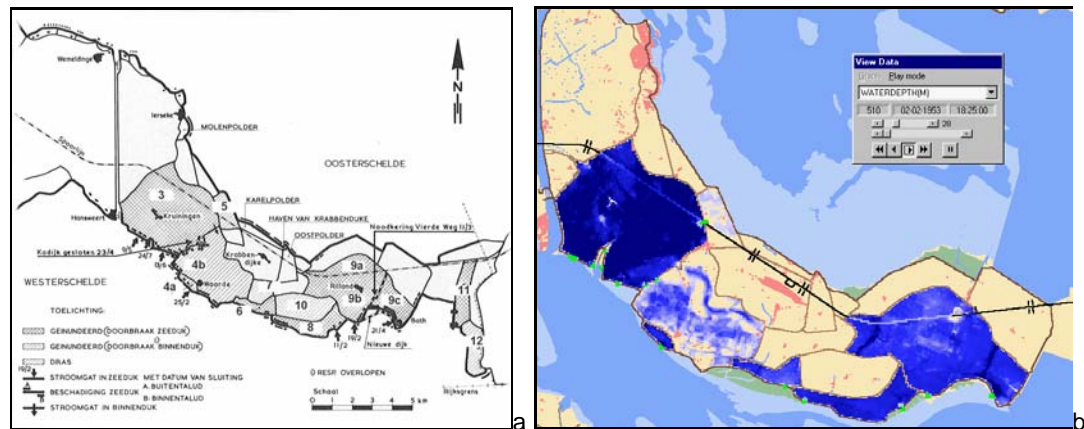
- vertragen van de verspreiding van het water door dijken en kades *lager dan de primaire* waterkering (Asselman, 2006);
- geleiden of sturen van de verspreiding van water langs kwetsbare (bebouwde) delen van dijkringen met geleidedijken, eveneens met dijken of kades *lager dan de primaire* waterkering (Alberts, 2006; De Bruine, 2006).

Tenslotte is compartimentering te overwegen om een bepaald hydraulisch effect te bewerkstelligen, ook wel systeemwerking genoemd. Daarbij kan een positieve systeemwerking (tegenkoppeling) beoogd worden, of juist een negatieve systeemwerking (mee-koppeling; domino-effect) worden voorkomen. Bij positieve systeemwerking gaat het om het verlagen van de 'buitenwaterstand' zodat de kans op een dijkbreuk elders – bijvoorbeeld stroomafwaarts of aan de overzijde – kleiner wordt en dat gebied dus veiliger. Bij negatieve systeemwerking gaat het om een domino- of sneeuwbaaleffect, waarbij een overstroming van een dijkkring tot een groter gevaar elders kan leiden – bijvoorbeeld doordat het water op een andere rivier komt waarvan de maximale afvoer-capaciteit wordt overschreden, of doordat een 'droge' tussendijk (compartimenterings-dijk) het zou kunnen begeven.

1.2.2 Waarom denken over (nader) compartimenteren?

In 1953 liepen delen van de huidige dijkringen in Zeeland, Zuid-Holland en Noord-Brabant onder water, maar niet de gehele dijkringen zoals we die nu kennen uit de Wet op de Waterkering. De dijkringen bestonden namelijk uit vele compartimenten die waren ontstaan als bijeffect van de bedijgingsgeschiedenis.

Uit simulaties blijken deze (restanten van) binnendijken nog steeds effectief in het beperken van het overstroomde oppervlak en het vertragen van de overstroming (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Overstroomde gebieden in Zuid-Beveland oost tijdens de watersnoodramp van 1953. Het effect van de voormalige, thans binnendijks gelegen, waterkeringen op het overstroomde oppervlak is duidelijk waarneembaar: (a) waargenomen overstroming (Rijkswaterstaat & KNMI, 1961), (b) gesimuleerde overstroming (Asselman, 2003)

De Deltacommissie heeft naar aanleiding van de ramp van 1953 geadviseerd over verkorting van de waterkering (Deltawerken), de economisch optimale overstromingskans *uitgaande van volledige inundatie* van Centraal Holland (dijkkring 14: 1:125.000); en tenslotte de gewenste hoogte van de waterkeringen (voor een maatgevende omstandigheid met kans 1:10.000) redenerend vanuit – onder andere – de gedachte dat *volledige inundatie van de gehele dijkkring onwaarschijnlijk*¹ was en dus niet de maximale schade zou optreden. De Deltacommissie ging in haar advies ook expliciet in op “de aanleg en instandhouding van tweede waterkeringen ter beperking van de inundatie” (Deltacommissie blz. 94-96) – wat we nu compartimentering noemen. En ze wijst met name op mogelijkheden hiertoe in Centraal Holland². Deze doelbewuste compartimentering is nooit tot stand gebracht en het advies is haast vergeten.

Sommige dijkkringen lijken gevaarlijk groot. Zo wordt vaak gewezen op de omvang en het enorme geïnvesteerde vermogen en het aantal inwoners in Centraal Holland. Uit overstromingssimulaties blijken sommige dijkkringen ook ‘gevaarlijk groot’, waardoor er bij een overstroming zeer grote schade kan ontstaan (zie Klijn et al., 2004; RIVM, 2004). Er lijkt dan ook sprake van een zekere discrepantie tussen het veiligheidsniveau van grote dijkkringen (gericht op de dijkhoogte) en het feitelijk risico (dat immers eveneens wordt bepaald door de omvang van de schade (vgl. Vis et al., 2001; Eijgenraam, 2006) en het aantal slachtoffers). Om aan deze ongewenste situatie iets te doen, kan het beschermingsniveau worden verhoogd, maar men kan ook denken aan compartimentering of andere gevolgbeperkende maatregelen.

Een eerste verkenning van mogelijkheden tot compartimentering is uitgevoerd voor het rivierengebied van Rijn en Maas in de RBSO-studie (RampenBeheersingsStrategie Overstromingen Rijn en Maas; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006).

¹ Recente simulaties ondersteunen deze aanname

² De Oude Maasdijk tussen Maassluis en Hoek van Holland en de Hoge Rijndijk worden specifiek genoemd.

In die studie werd geconcludeerd dat compartimentering in een aantal dijkringen perspectiefrijk is en een gunstiger baten/kostenratio kent dan dijkverhoging en enkele andere onderzochte maatregelen.

1.2.3 Compartimentering in andere domeinen

Compartimentering vindt op veel gebieden toepassing om een ramp te voorkomen of beter te beheersen. In de scheepvaart worden dubbele wanden en waterdichte compartimenten toegepast om zinken na een aanvaring te voorkomen. Gebouwen worden in compartimenten verdeeld om de uitbreiding van een brand in het gebouw te beperken of te vertragen. De compartimenten worden onderling gescheiden door brandbestendige wanden, vloeren en deuren. In de bosbouw worden percelen gescheiden door brandgangen om de uitbreiding van een bosbrand te vertragen en het bos beter toegankelijk te maken voor de brandweer.

Compartimentering wordt dus breed toegepast als gevolgbeperkende maatregel. Voorwaarde voor toepassing is dat de bedreiging van het te beschermen object na compartimentering kan worden opgesplitst in onafhankelijke bedreigingen per compartiment. In de luchtvaart is dit bijvoorbeeld niet het geval; compartimentering kan immers niet voorkomen dat een vliegtuig neerstort.

In verschillende domeinen zijn 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.

1.2.4 Doel van compartimenteren, en voor- en nadelen

Het hoofddoel van compartimentering is het verkleinen van het oppervlak dat overstromd raakt, primair vanuit de gedachte dat dit zeer sterk is gecorreleerd met de schade van overstroming en de mate van maatschappelijke ontwrichting (Alberts, 2006). Doel is dus de overstromingsrisico's te verkleinen door de gevolgen van overstroming te beperken, aangezien risico = kans * gevolg. Compartimentering vermindert de gevolgen door beperking van de blootstelling. Dit sluit aan bij de internationale definitie van risico, waarbij het risico wordt bepaald door het product van de kans op een overstroming, de blootstelling hieraan en de kwetsbaarheid van het getroffen gebied.

Het overstromde oppervlak en daarmee de omvang van het gebied met schade en het aantal getroffenene neemt af. Maar in geval van een eindige hoeveelheid water (rivieren, meren) betekent een kleiner oppervlak vaak wel grotere waterdiepten. Omdat de meeste schade al ontstaat bij geringe waterdiepten weegt de winst qua oppervlak meestal ruim op tegen de extra schade door grotere waterdiepten. **Voordeel: (meestal) minder schade³.**

³ De Deltacommissie wijst ook nog op het voordeel van de kleinere watervolumina die per getij door een bres aan de kust in- en uitstromen, zodat die bres niet snel groeit en makkelijker gedicht kan worden.

Anders ligt dat als wordt gekeken naar de kans op slachtoffers. Slachtoffers zullen vooral vallen vlakbij waar een dijk het begeeft (korte waarschuwings- en vluchttijd; hoge stroomsnelheden) en in kleine polders (grote stijgsnelheid; geen vluchtwegen meer herkenbaar). De kans op slachtoffers is relatief groot als een compartiment (of dijkkring) klein is en ook nog eens erg diep. In dat geval zal het waterpeil snel stijgen omdat het niet verder weg kan stromen. **Nadeel: mogelijk grotere kans op slachtoffers.**

Hiertegenover staat dat als compartimenten kleiner zijn er over het algemeen *minder mensen* in eenzelfde kort tijdbestek hoeven te worden geëvacueerd en ook nog eens over een *kortere afstand*. Dat is met name van belang voor dijkkringen met (hele) grote aantallen inwoners, zoals Centraal Holland of de Betuwe. Een eventuele evacuatie kan ook worden gefaseerd (per compartiment, afhankelijk van verwacht tijdstip van gevaar). **Voordeel: kleinere kans op slachtoffers door gemakkelijker en snellere evacuatie van minder mensen over korte afstand.**

Dijken en kades die niet volledig waterkerend zijn kunnen nog de volgende **voordelen** hebben:

- vertraging van de overstroming: tijdwinst;
- geleiding van de overstroming: evacuatieroutes zo lang mogelijk vrijwaren van water;
- watervrije vluchtroute over de dijken/ kades als de overstroming net is begonnen.

De verzwaring (en aanleg) van dijken is in het recente verleden gestuit op verzet wegens de nadelige gevolgen voor natuurlijke en culturele landschapswaarden (kortweg LNC-waarden). Er is geen reden om aan te nemen dat dat voor compartimenteringsdijken niet zou gelden. Zo stuit het eventueel verzwaren van de Diefdijk – een bestaande compartimenteringsdijk – al op veel weerstand, en zijn veel binnendijken in Zeeland beschermd om hun cultuur- en/of natuurwaarden. Bij volledig nieuwe dijken kan de invloed op natuur en landschap nog veel groter zijn⁴. Hier tegenover staat dat er al veel lijnvormige structuren in het Nederlandse landschap bestaan, onder ander spoordijken, wegtaluds, kanaaldijken, boezemkades e.d. en er ook nog steeds nieuwe bijkomen. Koppeling van compartimenteringsdijken met deze infrastructuur kan tot een beter landschapsontwerp leiden. In het algemeen geldt dat een goed ontwerp van lijnvormige infrastructuur ook LNC-waarden kan opleveren. Dijken uit het verleden – mits goed ontworpen met een duidelijke functie –, worden soms hoog gewaardeerd, niet het minst om het mooie uitzicht op het omringende landschap: men denke aan de fietsroutes over de rivierdijken, de Diefdijk, onderdelen van de waterlinies (Hollandse Waterlinie, Stelling van Amsterdam, IJssellinie). **Samengevat: (mogelijke) aantasting LNC-waarden, maar ook om te buigen tot ruggengraat in goed landschapsontwerp⁵.**

Tenslotte worden vaak de hoge **kosten** genoemd als nadeel. Het aanleggen en/of onderhouden van extra waterkeringen is immers een dure aangelegenheid.

⁴ Bij geluidswallen is van die publieke verontwaardiging overigens opvallend weinig te merken; vergelijk de 'zeedijken' bij Ypenburg, langs de A12 bij Leidse Rijn, of bij Ede.

⁵ zie bijv. het ontwerp van geleidedijken door het KAN-gebied door Ronald Rietveld van de Academie voor Bouwkunst Amsterdam

Dat betekent dat een afweging moet worden gemaakt tussen de (extra) kosten en de maatschappelijke wenselijkheid (met als primaire baat de vermeden schade en/of slachtoffers). Aangezien dit verschilt van geval tot geval kan dit **niet op voorhand als een nadeel of voordeel** worden genoemd.

1.3 Positionering en afbakening

De studie naar compartimentering past in een breder kader van herbezinning op de strategie inzake overstromingsrisicobeheersing. Deze herbezinning vindt plaats in onderzoek en debat ten behoeve van beleidsvoorbereiding in het kader van een nota Waterveiligheid 21e eeuw (WV21). Een brede beoordeling en onderlinge vergelijking van maatregelen gericht op de beheersing van overstromingsrisico's vindt plaats in dat kader. Het onderhavige onderzoek is alleen gericht op de vraag wat compartimentering kan betekenen.

Het onderzoek sluit methodisch zoveel mogelijk aan op ander onderzoek voor WV21 en ook op eerder onderzoek, zoals RBSO (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006). Om redenen van vergelijkbaarheid en bruikbaarheid voor WV21 zijn de wijze van (inhoudelijke) beoordeling van compartimentering en de daarbij gebruikte uitgangspunten afgestemd met WV21 (zie Kind, 2007). Voorts is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van methoden en bevindingen uit RBSO (zie o.a. Kind, 2005).

1.4 Over dit rapport

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de bestaande compartimenteringsdijken in Nederland en van overige verhoogd aangelegde lijnvormige elementen die een compartimenterende werking kunnen hebben. Ook wordt ingegaan op de geschiedenis van compartimentering in Nederland en de argumenten (voor en tegen) die in het verleden een rol hebben gespeeld.

Hoofdstuk 3 gaat vervolgens over de vraag waar in Nederland compartimentering een zinvolle maatregel zou kunnen zijn om de gevolgen van een overstroming te beperken.

Voor een aantal dijkkringen is – in casestudies – nader verkend of compartimentering zinvol en kansrijk is. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de aanpak van de casestudies, het daarbij gebruikte beoordelingskader, en vervolgens worden de casestudies afzonderlijk behandeld. In hoofdstuk 5 wordt op de bevindingen uit de verschillende casestudies gereflecteerd.

Hoofdstuk 6 gaat in op de wet en regelgeving die van toepassing is wanneer men besluit over te gaan tot de aanwijzing of aanleg van een compartimenteringsdijk.

Het rapport wordt afgesloten met een overzicht van de belangrijkste conclusies en aanbevelingen. Deze staan in hoofdstuk 7.

2 Enige historie

2.1 Bestaande/ huidige gecompartmenteerdheid

In het verleden zijn doelbewust enkele compartimenteringsdijken aangelegd. 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. Dit hoofdstuk gaat eerst in op de vraag: wat voor typen dijken zijn er en waar zijn deze te vinden in Nederland? Vervolgens wordt de geschiedenis van het denken over compartimentering kort behandeld.

Bij bestaande gecompartmenteerdheid kunnen we onderscheid maken tussen bedoelde compartimenteringsdijken en onbedoelde. Bedoelde compartimenteringsdijken hebben veelal een status in de Wet op de Waterkering, hetzij als:

- primaire categorie a-kering, waarbij ze dijkringen scheiden langs open water (voorbeelden: tussen de dijkringen aan de oostzijde van de IJssel, langs het kanaal tussen oostelijk en westelijk Zuid-Beveland, tussen West-Brabant en Land van Heusden);
- primaire categorie c-kering, waarbij het gaat om droge dijken (voorbeelden: tussen Wieringermeer en Noord-Holland, tussen Kromme Rijn en Centraal Holland, tussen Lopiker- en Krimpenerwaard en Centraal Holland, de Diefdijk tussen Alblasserwaard & Vijfheerenlanden en Betuwe, Tieler- & Culemborgerwaarden, tussen Donge en Land van Heusden).

Maar er zijn ook bedoelde compartimenteringsdijken die een status hebben in een provinciale verordening, zoals de Scheidingsdijk die op Schouwen is aangelegd na de ramp van 1953. Dit zijn niet-primaire, regionale waterkeringen.

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 1:2.000) tegen vollopen vanuit de Betuwe (1:1.250) te beschermen. Deze dijk bestaat al vele eeuwen. Hij geleidt het water naar het zuiden, via overlaten in de linker- en rechter Lingedijken naar de Dalemse overlaten net bovenstrooms van Gorinchem. Deze moeten tijdig worden geopend door de top van de dijk eraf te bulldozeren, waartoe enkele honderden meters dijk zijn voorzien van een klinkerbestrating op een toplaag van zand boven een harde drempel. Ook is er een suatiesluis⁶ om het gebied naderhand te kunnen legen (Provincie Zuid-Holland, 1990). In het verleden waren er nog andere bedoelde compartimenteringsdijken, zoals de Querdamm op de grens Ooijpolder/Duffelt (NL/D), en compartimenteringsdijken die vooral een rol speelden in de waterlinies van defensie (Haarlemmermeer, Arnhem-Nijmegen).

Onbedoelde compartimentering vinden we ten eerste (1) in de vorm van oude waterkeringen die niet langer de rol van primaire waterkering vervullen, maar wel ooit die rol hadden. Ze zijn niet allemaal meer volledig gesloten, noch worden ze onderhouden als waterkering. Ze zijn veelal wel hoog genoeg om het water langdurig te keren, omdat de golfhoogte achter een dijkdoorbraak meestal lager is.

⁶ Sluis om een gebied te legen, in tegenstelling tot een inundatiesluis.

In Zuidwest-Nederland zien we de geschiedenis van bedijkingen terug in een dicht netwerk aan binnendijken, bijv. in Zeeuwsch-Vlaanderen, Zuid-Beveland, Schouwen Duiveland, en de Hoekse Waard. In Noord-Holland zien we de Westfriese Omringdijk (die niet meer waterdicht is). In Friesland en Groningen zien we de dijk langs Het Bildt (boven Leeuwarden), maar ook parallelle dijken evenwijdig aan de Waddenkust als resultaat van de achtereenvolgende aandijkingen. In Flevoland vinden we de Knardijk die Oostelijk en Zuidelijk Flevoland van elkaar scheidt. De Knardijk was een primaire waterkering die Oostelijk Flevoland beschermde tegen overstroming in de tijd dat Zuidelijk Flevoland nog niet was aangelegd. Na aanleg van Zuidelijk Flevoland is de functie van de Knardijk als primaire waterkering komen te vervallen. Momenteel wordt in opdracht van de Provincie Flevoland onderzoek uitgevoerd naar de normering van de Knardijk als officiële compartimenteringsdijk. In het rivierengebied leiden de oude dijken langs de Rijnstrangen tot compartimentering.

Een tweede (2) vorm van onbedoelde compartimentering vloeit voort uit de bekading van boezemwateren. In grote delen van West- en Noord-Nederland worden boezempeilen aangehouden die slechts enkele decimeters van elkaar verschillen en enkele decimeters onder NAP liggen. Daardoor liggen de boezemkades op of net boven NAP, zodat ze voor overstromingen uit zee als compartimenteringsdijken kunnen fungeren. De boezemstelsels vormen een vrijwel (op enkele aquaducten na) gesloten stelsel van kades. De standzekerheid van de boezemkades bij belasting vanaf de 'verkeerde kant' is echter niet bekend. Er liggen ook vaak nog gesloten kades op de grens van (voormalige) waterschappen (bijv. de Doenkade ten noorden van Rotterdam). In Centraal Holland vormen de kades en oeverwallen langs de Rijn (Oude Rijn - Leidse Rijn; een natuurlijke hoogte) een waterscheiding tussen het noordelijk deel en het zuidelijk deel. Daardoor stroomt water vanuit het zuiden niet naar het noorden, noch andersom. Het is dan ook weinig waarschijnlijk dat heel Centraal Holland onder loopt (verg. de overstromingssimulaties van Melisie, 2005; De Bruine, 2006 en Asselman, 2006).

Ten derde (3) kan recente lijnvormige (droge) infrastructuur (aardebanen voor (snel)wegen en spoorlijnen, geluidswallen) als compartimenteringsdijk functioneren. Dergelijke infrastructuur is zelden als waterkering ontworpen, en daarom zo lek als wat door de vele duikers en/of viaducten. De 'standzekerheid' van deze infrastructuur is beoordeeld door GeoDelft (Knoeff et al., 2003) aan de Leidraad Toetsen op Veiligheid (LTV) die geldt voor echte waterkeringen. Dit onderzoek wees uit dat het aardebaanlichaam van een weg in veel gevallen een voldoende scoort, maar een spoorweg vaak een onvoldoende haalt.

Een overzicht van de in Nederland aanwezige dijklichamen is gegeven in Figuur 2.1.

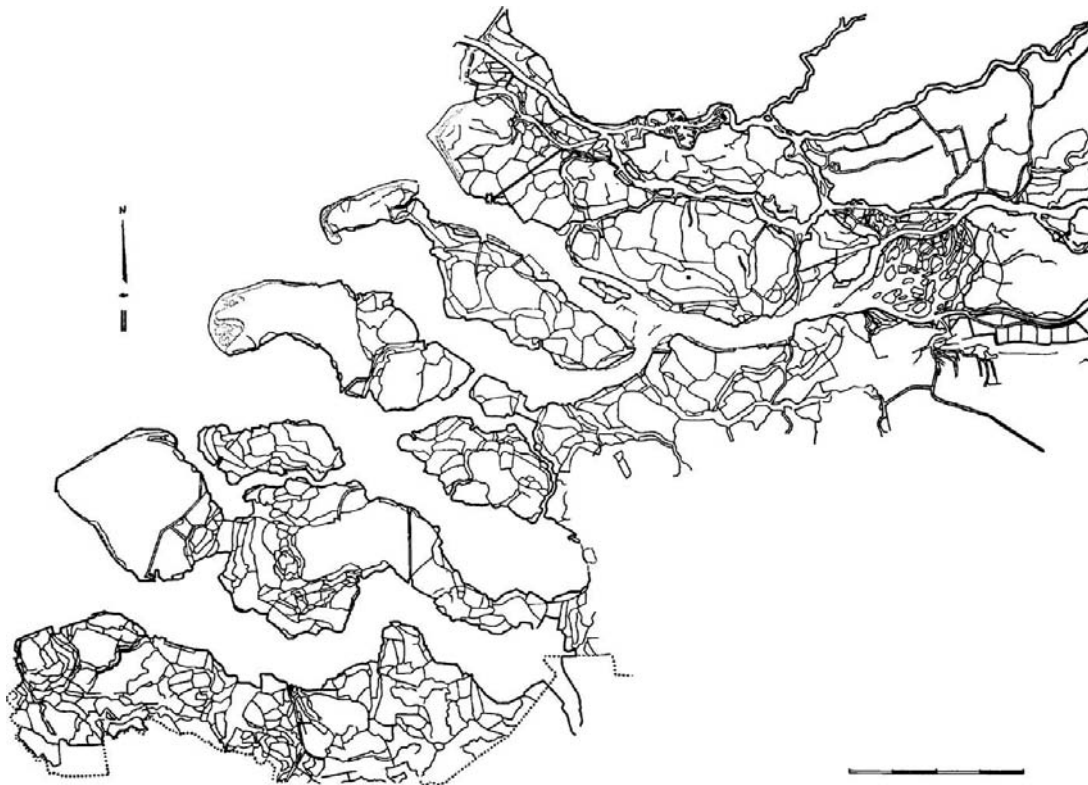


Figuur 2.1 *Overzicht van bestaande dijklichamen in Nederland (Posterkaart gemaakt ter gelegenheid van de startconferentie “Gevolgbeperking Overstromingen: Compartimenteren en andere ruimtelijke ingrepen” op 5 april 2007 in het kader van Waterveiligheid 21e eeuw (WL|Delft Hydraulics en Robbert de Koning Landschapsarchitect BNT).*

2.2 Ontstaan van compartimentering

De compartimentering van dijkringen in Nederland is deels ouder dan de dijkringen zelf. De dijkringen zoals we die nu kennen zijn immers slechts een formalisering van een situatie die in de loop van een lange ontstaansgeschiedenis is ontstaan, waarbij dijken verder naar buiten (aandijkingen) of naar binnen (inlaagdijken) zijn gelegd. Aandijkingen kennen we vooral uit Zeeland, van de Zuid-Hollandse eilanden en van de Friese en Groningse kust; ze zijn ontstaan door indijking van buitendijkse opslibbingen in het proces van landaanwinning.

Inlagen zijn tweede waterkeringen, vaak vrij dicht achter de eerste, die zijn aangelegd met het oog op een mogelijk bezwijken van de buitenkering. We kennen ze vooral van de Zeeuwse estuaria en zeearmen, maar ook van achter de Hondsbossche zeekering. Noch de dijken die bij aandijkingen zijn aangelegd, noch inlaagdijken waren bedoeld als compartimenteringsdijken, maar ze hebben wel een gecompartmenteerd geheel tot gevolg gehad (zie Figuur 2.2).



Figuur 2.2 Aandijkingen en inlaagdijken in Zuidwest Nederland

Vanaf het moment dat de mens begon dijken op te werpen om zich tegen overstromingen te beschermen ging men er ook toe over om binnen het door deze dijken beschermde gebied extra dijken aan te leggen. Het precieze waarom van veel van die extra dijken is moeilijk te achterhalen, omdat veel van die dijken uit de Middeleeuwen stammen: een tijd waarover Van Heezik (2008) opmerkt dat er slechts beperkt bronnenmateriaal beschikbaar is. Daarna was de waterstaatszorg tot ongeveer 1800 in handen van vele honderden zeer kleine waterschappen die het lokale belang voorop stelden. Het ontbrak dus aan een overkoepelend beleid dat de lokale grenzen oversteeg.

Pas na de vorming van de centrale eenheidsstaat in 1798 kwam daar verandering in (zie Van Heezik, 2008).

Dat neemt niet weg dat van een aantal dijken die nu als – bestaande of verleden – compartimenteringsdijken bekend staan, de geschiedenis bekend is. Van Heezik (2008) heeft die geschiedenis in het kader van de onderhavige studie achterhaald en beschreven. De beschrijvingen die nu volgen zijn aan zijn rapport ontleend; voor meer details en achtergronden wordt lezing van het gehele achtergrondrapport ten sterkste aanbevolen. Casussen die door Van Heezik uitgebreid worden beschreven – maar waar hier niet al te diep op wordt ingegaan – zijn:

- de Diefdijk ('*het slot op de achterdeur van Holland*'; Van Heezik, 2008) tussen Alblasserwaard & Vijfheerenlanden en Betuwe, Tieler- & Culemborgerwaard;
- de Meidijk en Brakelse dwarsdijk ('*de waterkerende rugdekkingen van de Bommelerwaard*'; Van Heezik, 2008);
- dwarsdijken in de Beerse Maas,
- de dwarsdijk in de Betuwe;
- de Querdamm tussen de Ooij en de Duffelt.

2.2.1 Compartimentering aan zee

Al sinds de vroegste tijden werd door de bewoners van de kustgebieden, zodra de eerst opgeworpen dijk door dreigde te breken, achter de vermoedelijke doorbraakplek een nieuwe dijk aangelegd: een zogeheten inlaagdijk. Later ging men deze reservedijken ook wel slaperdijken noemen. Nog meer landinwaarts konden nog zogenaamde dromers worden aangelegd. De meeste slaper- en dromerdijken hadden voorheen als buitenste zeewaterkering gediend totdat zij door aandijkingen binnendijk werden. De nieuwe, buitenste zeedijk hield nu de wacht en deze dijken werden (en worden) dan ook wel wakkere dijken of wakers genoemd. Veel slaper- of inlaagdijken werden in de Late Middeleeuwen (tussen ca. 1250 en 1500) aangelegd, vooral in Zuidwest-Nederland, maar ook in Noord-Holland. Omdat men zich meestal geen moeite meer gaf om de buitendijk te onderhouden en deze dus ten prooi viel aan het water, kon de inlaag vaak als verloren worden beschouwd. Wel was men verplicht de inlaagdijk door verbreding en verzwaring voor te bereiden op zijn functie van toekomstige buitendijk (Van Heezik, 2008).

Aan landaanwinst durfde men in die tijd in grote delen van het land nog niet te denken; men was al blij als men de situatie kon bestendigen bij een stijgende zeespiegel. Achter de gesloten Hollandse kust was de invloed van de zee echter geringer; hier was men minder geporteerd van de 'tactiek van terugtrekken' zoals Cools schrijft in 'Strijd om den grond in het lage Nederland' (zie Van Heezik, 2008). Als bewijs hiervoor noemde hij het verbod op het aanleggen van inlaagdijken uitgevaardigd door de graaf van Holland. Volgens Cools wist de graaf door zijn tijdige verovering van West-Friesland dit gebied voor verder verlies aan de zee te behoeden.

Aangezien bij een dijkbreuk het water niet alleen landinwaarts stroomde, maar ook evenwijdig achter de dijk langs, werden inlaagdijken dikwijls verbonden met de buitendijk door dwarsdijken. Veelal vormden deze dwarsdijken de scheiding tussen twee zeepolders. Hoewel de dwarsdijken niet bewust als compartimenteringsdijken werden aangelegd, functioneerden zij wel als zodanig: ze verdeelden de strook land tussen de zeedijk en de inlaagdijk.

Kust na 1800: Caland

“Indien wij ons niet bedriegen, zal men toestemmen moeten, dat men, des noodig zijnde, gevoeglijk alle zeekusten van ons vaderland tegen de golven en stroomen kan defenderen. Met dat al echter zoude het met de geldmiddelen, of andere omstandigheden zóó gesteld kunnen zijn, dat men daar aan niet konde denken; vooral, indien de aangevallen oeverlengte te groote uitgestrektheid had, en de defensie daartoe buitengewone geldsommen vorderde. In dat geval, is men dikwijls niet alleen genoodzaakt, maar, uithoofde eener betamelijke oeconomie, verplicht, om voor de stroomen te wijken; den zeedijk of het duin aan het noodlot over te laten, en minder of meerder oppervlakte lands ter prooi aan het water te geven. Maar, dan ook behooren, bij eene goede directie en beheer, tevens zoodanige middelen in overweging genomen en uitgevoerd te worden, als strekken kunnen, om toch zoo min mogelijk land aan het water opteoffèren, en, in allen gevallen te houden, wat behouden worden kan.”

In alle gevallen behouden, wat behouden kon worden vormde de rode draad in de ‘Handleiding tot de kennis der dyksbouw en zeeweringskunde’ van Rijkswaterstaatsingenieur Abraham Caland uit 1833. En omdat het een dure plicht van de dijkbestuurders was om *“iedere vermeerderde verzekering des polders”* gretig aan te grijpen, was het ook noodzakelijk dat zij zich steeds op tijd en op de juiste plaats van inlaagdijken bedienden.

2.2.2 Compartimentering langs de rivieren

De ontginning van het rivierengebied vond van oorsprong plaats in kleine stapjes. In het oostelijk rivierengebied begon men in de Middeleeuwen met kleine dwarsdijken. Deze dijkes waren aanvankelijk meer kades. Ze werden aan de natuurlijke oeverwal gekoppeld en dienden in eerste instantie om de toestroming van water uit ‘bovenstroomse komgebieden’ te weren. Het centrale rivierengebied helt immers sterk naar het westen, van ongeveer tien meter boven NAP tot circa één meter boven NAP. Hierdoor stroomde het water steeds naar de lager gelegen, westelijke gebieden.

In de loop van de twaalfde eeuw werd de wateroverlast groter. Door klimatologische veranderingen namen rivierafvoeren toe. En in het westelijk rivierengebied begon door de ontginning het veen steeds verder in te klinken. Dat was voor veel dorpen reden om kaden langs de rivier aan te leggen: de voorkaden. In het westelijk rivierengebied – waar deze voorkaden al eerder waren aangelegd – streefde men ernaar deze aaneen te sluiten, resulterend in een vrijwel volledige bedijking langs de grote wateren al in de twaalfde en dertiende eeuw.

Met het toenemen van de wateroverlast werden ook de dwarskaden, die min of meer haaks op de rivier waren opgeworpen, tot dijken opgehoogd. Deze dwarsdijken zijn onder tal van namen bekend: zijdwende is één van de meest gangbare, maar ook worden (of werden) de dwarsdijken wel aangeduid als: zijving (zijvang), ziende (ziendijk), zijkade, zouwe (zuwe), zeegdijk (zeedijk), schermdijk of keerdijk. Eén van de belangrijkste en bekendste dwarsdijken is de Diefdijk, die in de dertiende eeuw verhoogd is van kade tot dijk. Deze beschermde het in Holland gelegen veengebied tussen Lek en Merwede (Alblasserwaard en Vijfherenlanden) tegen uit Gelderland afstromend water. Een tweede zeer bekende dwarsdijk is de Meidijk, die omstreeks 1325 in de Bommelerwaard werd aangelegd om zich te beschermen tegen overstromingen vanuit het benedenrivierengebied dat toen nog door stormvloed werd geteisterd. Voor andere voorbeelden van dwarsdijken uit de Betuwe en de Bommelerwaard wordt verwezen naar Van Heezik (2008).

Dwarsdijken speelden ook een belangrijke rol bij het keren, dan wel vertragen van hoog Maaswater dat via de zogenaamde Beerse Maas werd afgevoerd. De Beerse Maas was een groene rivier waardoor Maaswater via de Beerse overlaat min of meer evenwijdig aan de Maas kon afstromen.

In de zeventiende en de achttiende eeuw werden de problemen langs de rivieren steeds groter. Door de toenemende frequentie van de overstromingen en doordat de bevolkingsdichtheid was toegenomen baarde dit steeds meer zorgen. Dit leidde ertoe dat er, met name vanaf het einde van achttiende eeuw, tal van plannen werden gelanceerd om de rivieroverstromingen te beheersen, onder meer door de geniegeneraals Krayenhoff en Van Wijck, baron W.A. Schimmelpenninck van Oije & J.A.J. Sloet, J.H. graaf Van Rechteren, Baron Van Lynden van Hemmen, en natuurlijk de twee achtereenvolgende Rivierencommissies. Soms werden in deze rivierverbeteringsplannen ook compartimenteringsvoorstellen naar voren gebracht. Zo stelde Krayenhoff in 1821 voor om vanaf Millingen aan de Rijn tot tegen de Hunnerberg bij Nijmegen een “doorgaanden keerdijk” aan te leggen, die moest worden voorzien van “eene bekwame schut- en keersluis” om het overstromingswater te lozen. Deze compartimenteringsdijk moest onder meer de Ooijpolder beschermen. Ook waren er diverse voorstellen voor compartimentering van de Overbetuwe. De eerste en tweede Rivierencommissie legden uiteindelijk prioriteit bij normalisering van het zomerbed en afleiding van hoogwaters via overlaten. Ook riepen zij op tot de aanleg van terpen en ringdijken en pleitten zij (in 1828!) er voor niet meer te bouwen in overstromingsgevoelig gebied. De praktijk wijst uit dat dergelijke oproepen dus al meer dan 150 jaar aan dovemansoren gericht zijn.

Van Rechteren en Schiffer: pleidooien voor ‘de verdeling van de te grote inhoud binnen één ringbedijking’

Het rivierenplan van Van Rechteren, die destijds, als Gelders Statenlid en (later) als gouverneur van Overijssel (1831-1840) en Tweede Kamerlid (1841 tot 1845), een gezaghebbend persoon was bleef niet onopgemerkt. Veel bij het rivierenbeleid betrokken actoren namen er kennis van en gezien de aandacht die de graaf aan het compartimenteringsprincipe besteedde, zal zijn publicatie er zeker toe hebben bijgedragen dat men meer oog kreeg voor het belang hiervan. Dit laatste spreekt in ieder geval uit een verhandeling van de Bommelerwaardse steenfabrikant, dijkgraaf en Tweede Kamerlid (1849-1853) C. Schiffer, die omstreeks 1850 zijn denkbekenden over de verbetering van de rivieren en bedijkingen op papier zette.

Net als Van Rechteren vond ook Schiffer dat het compartimenteren van dijkringen een belangrijk “*beveiligingsmiddel*” kon zijn bij het tegengaan van overstromingen. “*Om een groot gedeelte van de nadeelen, door eventuele doorbraken te ontstaan, voor te komen*” raadde de parlementariër aan de “*grote polders of beringingen*” met dwarsdijken of “*binnen-, afsnijdings- of keerdijken*” te doorsnijden. Volgens Schiffer werd hierdoor de “*te grote inhoud binnen één ringbedijking*” verdeeld, waardoor de doorbraken veel minder “*belangrijk*” zouden zijn en de “*schade der inundatie slechts gedeeltelijk*” plaats zou vinden. Het ‘levende bewijs’ van het belang van deze dwarsdijken was de aloude Diefdijk die de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden beschermde tegen overstromingen als gevolg van doorbraken in de Betuwe en de Tielerwaard. Deze dijk toonde aan dat dwarsdijken een middel waren waarmee “*toch steeds een groot gedeelte van water zou bevrijd blijven, hetwelk thans overstroomt*”.

Hoewel Schiffer zich hiermee als één van de meest uitgesproken pleitbezorgers van het compartimenteringsprincipe betoonde, behoorde de aanleg van dwarsdijken niet tot de voornaamste maatregelen uit zijn rivierverbeteringsplan. Hij zag dit meer als sluitstuk daarvan.

Reactie van de Waterstaat

.... Schiffers voorstel om dijkringen door middel van de aanleg van dwarsdijken te compartimenteren viel bij de Waterstaatstop niet in goede aarde. De redenen daarvoor werden echter niet duidelijk gemaakt. De ingenieurs gaven slechts aan *“dat de bezwaren die zich bij soortgelijke inrigtingen voordoen, te groot zijn om de toepassing daarvan algemeen aan te nemen.”* Het belangrijkste bezwaar was waarschijnlijk de hoge kosten van de aanleg van deze dijken. Dit argument werd in ieder geval ook gebruikt bij de afwijzing van de scherm- of keerkaden van Van Rechteren, wiens rivierenplan eveneens uitvoerig in het evaluatierapport uit 1860 besproken werd. Evenals de door hem aanbevolen aanleg van terpen zou de aanleg van deze dijken - die door de ingenieurs vloedkaden of -dijken werden genoemd - waarmee de kommen van de dorpen omringd moesten worden, *“aan zulke groote bezwaren en kosten onderhevig zijn, dat wij meenen dat daaraan niet wel kan worden gedacht”*, aldus de Waterstaatstopmannen. Zij merkten daarbij op dat het beter was *“dat bij reglementaire bepalingen of zelfs bij de wet worde voorgeschreven, dat voortaan geene nieuwe woningen of andere gebouwen mogen worden gebouwd dan op hoogten boven de hoogst bekende vloedten.”*

De leiding van de Waterstaat werd in deze mening gesteund door de hoofdingenieur van Rijkswaterstaat in Brabant. Op grond van een onderzoek naar de wenselijkheid van de aanleg van vluchtheuvels en andere voorzieningen ter beveiliging van de woningen die hij in opdracht van de Waterstaatstop uitvoerde kwam hij tot de volgende conclusie. *“In bedenking wordt gegeven het verplaatsen van alle laag gelegene woningen, op heuvels, of wel het omringen en op die wijze watervry maken van laag gelegen dorpen. Dit middel, zoo wel als dat van voldoende vlugtheuvelen, wordt intusschen zoo kostbaar geacht, dat eerst na een lang tijdsverloop het doel zal bereikt kunnen worden. Allengskens zoude men het doel naderen, zoo jaarlijks eene bepaalde som geld beschikbaar werd gesteld, om te strekken tot verbetering van den toestand der aan overstroming blootgestelde streken. Die gelden zouden dan kunnen besteed worden, tot het verleenen van ruime subsidien aan een ieder, die eene watervrije woning wenscht te bouwen, en voorts tot het verbreedten van dijken, waardoor op de goedkoopste wijze een opgehoogd terrein kan worden verkregen, waarop particulieren zouden kunnen bouwen. Door het verbreedten van dijken, verkrijgt men tevens het voordeel dat de kans van doorbraak langzamerhand vermindert. Ook zal in vele gevallen het maken van watervrije terreinen gepaard kunnen gaan met het verbeteren der rivieren door het weggraven van zandplaten, het wegruimen van ondiepten, enz.”*

(letterlijk overgenomen uit Van Heezik, 2008)

2.2.3 Hernieuwde aandacht na de ramp van 1953

De stormvloed van 1953 maakte pijnlijk duidelijk dat de waterkeringen in het zuidwesten van Nederland in slechte staat waren. Er ontstonden zo'n negentig stroomgaten en vijfhonderd dijkbreuken, terwijl bijna de helft van de totale dijk lengte (1000 km) in Zuidwest-Nederland werd beschadigd. Het verloop van de overstromingen leerde echter ook dat bestaande tussendijken een belangrijke rol konden spelen om achter te vluchten en om het overstroomde areaal te beperken. De Deltacommissie, die kort na de ramp door de minister van Verkeer en Waterstaat werd ingesteld, had dit goed in de gaten.

In het advies van de Deltacommissie stonden – zoals bekend – de kustverkorting in het zuidwesten van ons land en de versterking van de hoofdwaterkeringen bovenaan. Maar de commissie wees er tevens op dat het bezwijken van waterkeringen nooit geheel valt uit te sluiten en dat het daarom aanbeveling verdiende “ook binnen de hoofdwaterkeringen nog alle maatregelen ter vergroting van de veiligheid te nemen, die zonder te grote financiële offers mogelijk zijn.” De commissie wijdde hier een afzonderlijk hoofdstuk aan, waarin in algemene zin werd ingegaan op de “aanleg en instandhouding van tweede waterkeringen ter beperking van de inundatie” en “maatregelen ter beperking van het verdrinkingsgevaar”.

Of een tweede waterkering of compartimentering wenselijk was diende volgens de Deltacommissie van geval tot geval te worden vastgesteld. Dat vergde studie, waarbij men de volgende zaken voor ogen moest houden:

- de kosten van de keringen;
- het overstromingsverloop, zowel wat de snelheid van uitbreiding als wat de waterdiepte betreft;
- de te verwachten waterstanden direct na de doorbraak;
- het daardoor bepaalde verdrinkingsgevaar;
- de door de inundatie veroorzaakte schade;
- en de mogelijkheid tot snelle dichting van de doorbraak.

Op basis van deze criteria kon volgens de commissie de toestand in het noorden van het land, in Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal en – na uitvoering van het Deltaplan – ook in het zuidwesten van het land “in het algemeen bevredigend” worden genoemd. In deze gebieden waren op veel plaatsen tweede keringen aanwezig en lag het gebied achter de hoofdwaterkering betrekkelijk hoog. De veiligheid van het Hollands-Utrechtse laagland (de Randstad) liet volgens de commissie echter te wensen over.

Tweede waterkeringen en compartimenteringsdijken konden hier verandering in brengen. Zo vond de commissie het nodig dat de Hoge Maasdijk als tweede waterkering in stand werd gehouden. In het westen van de Randstad diende eveneens een tweede waterkering te worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door verbeteringen aan bestaande of de aanleg van nieuwe slaperdijken. Aan de noordkant was het essentieel om de Spaarndammerdijk tussen Santpoort en Amsterdam in goede staat te houden. Ook uitte de commissie de wens het Hollands-Utrechtse laagveengebied “zo mogelijk te verdelen”. Suggesties voor compartimenteringsdijken betroffen de Hoge Rijndijk tussen Katwijk en Bodegraven, de westelijke dijk van de Enkele Wiericke (de zogenaamde Prinsendijk) en de dijken langs de Hollandsche IJssel. De tweede waterkeringen zouden groene dijken moeten zijn, met vrij flauwe taluds, en het aantal coupures moest beperkt blijven.

Studiedienst (ir. Santema)

Bij haar voorstellen heeft de Deltacommissie waarschijnlijk gebruik gemaakt van inzichten van ingenieur Santema van de Studiedienst van de directie Benedenrivieren. Deze verrichtte al kort na de ramp onderzoek naar de gevolgen van een doorbraak van de hoofdwaterkeringen van zuidelijk Holland en westelijk Utrecht. In zijn rapport van mei 1953 ging Santema uitgebreid in op de bijdrage die tweede waterkeringen aan de veiligheid van dit gebied zouden kunnen leveren. Santema schreef dat de hoofdwaterkeringen “onafhankelijk van haar afmetingen nooit absolute veiligheid kunnen bieden”. Het belang van tweede waterkeringen stond daarom voor hem buiten kijf. “Bij alle vroegere overstromingsrampen in ons land, en zeker ook bij de ramp van 1 februari 1953, is de grote waarde van de reservewaterkeringen steeds weer naar voren

gekomen”, aldus Santema. Een “doelmatig systeem van reservewaterkeringen” kon volgens hem de omvang van een overstroming als gevolg van een doorbraak in de hoofdwaterkering om verschillende redenen beperken. De reservekering schiep bij een grote doorbraak niet alleen een adempauze om tegenmaatregelen te kunnen nemen en het gat snel te dichten, maar bood ook een vluchtplaats.

Santema concludeerde dan ook dat de veiligheid van ons polderland afhing van de hoofdwaterkeringen en van de reservewaterkeringen tegen het buitenwater. Vergeleek men de situatie in zuidelijk Holland en westelijk Utrecht met andere delen van het land, dan sprong het Hollands-Utrechts-laaglandgebied er “wel zeer ongunstig uit.” Hij meende dat het zaak was dat daar snel verbetering in werd gebracht, maar één van de moeilijkheden daarbij was dat er in dit dichtbevolkte gebied weinig ruimte was om een reservedijk op voldoende afstand van de hoofddijk te situeren. Om verscheidene redenen meende Santema dan ook dat in de directe nabijheid van zee en rivieren een dijk met een zéér brede kruin meer in aanmerking kwam, bijvoorbeeld op het traject Hoek van Holland Krimpen a/d IJssel. Maar hij meende ook dat de veiligheid van een uitgestrekt gebied toch het best kon worden vergroot als men binnen de hoofdwaterkering een aaneengesloten systeem van binnendijken zou opbouwen. Santema vond het dan ook een uitstekende zaak dat de Deltacommissie al direct na de ramp aan de regering had geadviseerd om de Schouwense binnendijk aanzienlijk te verhogen en te verzwaren. Dat advies noemde hij “*van verstrekkende principiële betekenis.*”

TAW-werkgroep Tweede waterkeringen

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), het huidige Expertise-Netwerk Waterkeren (ENW), adviseert de minister over constructie en onderhoud van waterkeringen. De leden van de TAW waren het er naar aanleiding van de overstroming van Tuindorp-Oostzaan in januari 1960 al snel over eens dat tweede waterkeringen aandacht verdienden en stelden in januari 1967 een werkgroep Tweede Waterkeringen in.

Tijdens de werkzaamheden van de werkgroep werden regelmatig discussies gevoerd over de voor- en nadelen van tweede waterkeringen. Vaak gingen deze discussies over de technische (waterbouwkundige) haken en ogen. Maar ook werd uitgebreid gediscussieerd over meer principiële kwesties. De meest fundamentele vraag die werd gesteld was of de tweede waterkeringen alleen bedoeld waren voor dijkdoorbraken door andere oorzaken dan extreem hoogwater, of ook voor dijkdoorbraken door extreme omstandigheden. De werkgroep meende dat tweede waterkeringen in het algemeen geen functie hoefden te vervullen bij een doorbraak van de hoofdwaterkering als gevolg van een overschrijding van het ontwerppeil. De reservewaterkeringen zouden desalniettemin voldoende nut hebben – aldus de werkgroep – aangezien de hoofdwaterkeringen ook konden doorbreken door oorlogshandelingen (moedwillige vernieling of een bom die toevallig op of dichtbij de waterkering insloeg), door breuken of lekkages van een leiding in of nabij de waterkering, door verborgen gebreken, door dijkkal of verzakking, of door menselijk falen (bij kunstwerken).

De werkgroep onderscheidde nog een drietal nevenfuncties van tweede waterkeringen, waaronder vertraging van het overstromingsverloop, als vluchtweg, en beperking van de stroomsnelheden in getijsituaties, zodat sneller dijkherstel mogelijk is. Gezien deze functies meende de werkgroep dat tweede waterkeringen zeker zin hadden en investeringen hierin konden rechtvaardigen.

Al met al vond de werkgroep het dan ook raadzaam om na te gaan of er een doorgaande keten van tweede waterkeringen gerealiseerd kon worden, waarbij men waar mogelijk gebruik diende te maken van de bestaande of toekomstige infrastructuur, zoals (spoor)wegen, kanaaldijken etc. Verder gaf de werkgroep aan waarde te hechten aan dwarsdijken die grote gebieden in kleinere gebieden verdeelden (compartimenteringsdijken). Wat betreft deze compartimenteringsfunctie dacht men met name aan reeds bestaande dijken langs rivieren en kanalen.

In het eindrapport van de werkgroep werden tal van aanbevelingen per provincie gedaan, gebaseerd op een inventarisatie door de provinciale waterstaatsdiensten. Zo werden de westelijke dijk van het Amsterdam-Rijnkanaal en het Lekkanaal en de noordelijke waterkering langs de Hollandsche IJssel, de Doorslag en het Merwedekanaal genoemd als compartimenteringsdijken. Daarnaast vond de werkgroep dat de Hoge Rijndijk van Utrecht naar Leiden als compartimenteringsdijk kon dienen. Aanbevolen werd om de hoogte van deze dijk te handhaven. Hetzelfde gold voor de belangrijke Diefdijklinie tussen Lek en Merwede. De dwarsdijk ten westen van de Diefdijk, de Zouwendijk, vond men echter te laag; nagegaan moest worden of verhoging mogelijk was. Voor Gelderland werd onder andere aanbevolen de oude banddijken van het Rijnstrangengebied in stand te houden en om één van de Lingedijken, liefst de zuidelijke, aan te wijzen als compartimenteringsdijk. Om de stad Utrecht tegen rivieroverstromingen te beschermen werd aangeraden een tweede kering aan te leggen vanaf het Amsterdam-Rijnkanaal tot de hogere gronden van de Utrechtse Heuvelrug.

2.2.4 Recente studies en onderzoek

Ook recentelijk toonde de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) weer belangstelling voor het compartimenteringsprincipe, zo blijkt uit de publicatie 'Grondslagen voor waterkeren' uit 1998. Zo merkte men op dat er een wens kon bestaan om door middel van secundaire waterkeringen grote gebieden op te delen in compartimenten. De overstroming bleef daardoor beperkt tot een kleiner gebied waardoor het totale risico voor het dijkkringgebied werd verminderd. De TAW wees echter ook op een nadeel van compartimentering: kleine compartimenten liepen snel vol en dat kon, bij een grote bewoningsdichtheid, een relatief groot risico betekenen. Bij de compartimenteringsdijken die in de Wet op de waterkering de status van primaire waterkering was verleend waren deze voor- en nadelen in principe goed afgewogen, zo nam men aan.

In het rapport 'Ruimte voor water: op welke gronden?' uit 2000 noemde WL | Delft Hydraulics compartimenteren één van de (drie) aantrekkelijkste ruimtelijke maatregelen als alternatief voor dijkverzwaring. Door grote dijkkringen in kleinere compartimenten op te delen kon de omvang van de schade bij eventuele dijkdoorbraak of -overloop worden verkleind. Als men daarbij tevens de faalkans van de verschillende compartimenten differentieerde kon ook de volgorde van overstromen van de compartimenten beheerst worden. De overstroming zou dan eerst plaatsvinden waar de minste schade ontstond. Dit betekende "*het welbewust afwentelen van schade op de minst kwetsbare compartimenten*", aldus het WL. Compartimentering scoorde vooral goed op het criterium robuustheid: de mate waarin men er op kon vertrouwen dat de maatregel onder alle omstandigheden werkte. Van alle vijf onderzochte maatregelen, waaronder internationale samenwerking, normverhoging met dijkverzwaring en rivierversmalling, noodoverloopegebieden en noodmaatregelen, was de robuustheid van compartimentering het grootst.

Compartimentering kon in alle bedijkte waarden (dijkringen) de omvang van overstromingsschade beperken. Bovendien leek compartimentering goed te combineren met verschillende hydraulische functies, zowel retentie (bovenstrooms), als meestromen (doorvoertrajecten), als bergen (benedenstrooms).

In de publicatie 'Living with Floods: Resilience Strategies for Flood Risk Management and Multiple Land Use in the lower Rhine River Basin' (Vis et al., 2001) probeerde het WL de voordelen van de compartimenteringsaanpak verder te onderbouwen. Compartimentering werd daarbij vergeleken met de bestaande hoogwaterbeschermingsstrategie. Behalve naar de financiële consequenties werd daarbij ook gekeken naar gevolgen voor de economie, natuur en landschap. Was er ingevolge een traditionele kosten-batenafweging nog onvoldoende voordeel te behalen met compartimentering, vanuit duurzaamheidsperspectief beschouwd viel de beoordeling veel gunstiger uit. En dat bleek reden genoeg om compartimentering nader op zijn merites te beoordelen. Na 'Living with Floods' zijn er dan ook diverse onderzoeken verricht naar compartimentering. Zo kunnen onder andere de studies genoemd worden van Hesselink (2002), Alkema (2003), De Bruine (2006) en Theunissen (2006). Ook het ministerie van Verkeer en Waterstaat verrichtte, met name in het kader van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VНК), enkele studies naar compartimentering.

In deze onderzoeken is herbevestigd dat compartimenten vertragend werken, met tijdswinst die kan worden gebruikt voor verdergaande evacuatie. Ook kan overstromingswater worden weggeleid van dichtbevolkte of anderszins kwetsbare gebieden. Het belangrijkste nadeel van compartimentering is de grote stijgsnelheid van het water in een te klein compartiment.

2.3 Samenvatting argumenten uit het verleden

Uit het voorgaande blijkt dat de idee van compartimentering bepaald niet nieuw is; er wordt al over compartimentering gedacht zolang er dijken worden gebouwd. De discussies uit het verleden kunnen dan ook inzicht geven in de – toen onderkende – voordelen en nadelen van compartimentering. Daarbij wordt aangetekend dat niet alle argumenten voor en/of tegen nog geldig behoeven te zijn, want de huidige *setting* is natuurlijk anders: de technologische mogelijkheden zijn tegenwoordig veel groter, de kennis is toegenomen, maar ook is de bevolking fors toegenomen, is de economische waarde enorm gegroeid en zijn de maatschappelijke behoeften veranderd.

Uit de voorafgaande geschiedschrijving kunnen in ieder geval de volgende argumenten **voor** compartimentering worden gedestilleerd, waarover brede overeenstemming bestond:

- beperking van het overstromingsoppervlak;
- langzamere bresgroei, omdat de overstroming zich niet snel kan uitbreiden;
- adempauze voor te nemen tegenmaatregelen;
- beperking van de duur van de inundatie, met name in getijgebieden, omdat de bres gemakkelijker en sneller te dichten is;
- makkelijker dichting van een bres in de hoofdwaterkering door voorafgaand herstel van de compartimenteringsdijk(en): kleinere getijvolumina met geringere stroomsnelheden en kleinere bressen;
- de dijken als vluchtplaats voor mens en dier.

Volgens sommigen zouden compartimenteringsdijken nuttig zijn voor alle bezwijkmechanismen. Anderen meenden dat bij extreem hoogwater de compartimenteringsdijken ook zouden bezwijken, zeker als deze dicht achter de primaire waterkering lagen en lager waren; ze zouden vooral nuttig zijn voor andere bezwijkmechanismen dan extreme omstandigheden.

Tenslotte wezen sommigen nog op het feit dat korte compartimenteringsdijken minder schade aan natuurlijke en culturele landschapswaarden zouden veroorzaken dan dijkverzwaringen over de volle lengte.

Argumenten **tegen** compartimentering:

- hoge kosten van aanleg en instandhouding van compartimenteringsdijken; dit geld zou beter kunnen worden gebruikt voor de versterking van de primaire waterkeringen;
- toegenomen verdrinkingsgevaar in kleine compartimenten, doordat het water sneller stijgt;
- onvoldoende ruimte om een tweede waterkering op voldoende afstand van de primaire waterkering te situeren, vooral in dichtbevolkte gebieden.

De hier genoemde voor- en nadelen gelden voor een groot deel nog steeds. Verderop in dit rapport zullen criteria als kosten, economische baten, gevolgen voor natuur en landschap, en dergelijke dan ook herhaaldelijk terugkomen. Dat is zo in hoofdstuk 3 bij de vraag waar compartimentering het overwegen waard is, en in hoofdstuk 4 bij de beoordeling van tracéalternatieven in de casestudies.

3 Compartimenteren: wanneer verdient het overweging en waarom?

3.1 Inleiding: landevaluatie

Het denken over compartimenteren komt voort uit de wens overstromingsrisico's niet alleen te beheersen door het verkleinen van de kans op overstromingen, maar door ook te trachten de gevolgen van een overstroming te beperken. Dat betekent dat compartimentering vooral overweging verdient voor **gevaarlijk grote dijkringen**. Dat betekent dat eerst de vraag kan worden gesteld:

- Hoe groot zijn de bestaande dijkringen eigenlijk (oppervlak)?

Met de aanduiding 'gevaarlijk groot' is al aangegeven dat alleen groot geen doorslaggevend criterium is; het gaat om **dijkringen waar de gevolgen van een overstroming groot zijn**. Dat is het geval als:

- Het aantal slachtoffers (in de betekenis van dodelijke slachtoffers) groot is;
- Veel mensen door de overstroming worden getroffen, nog zonder daarbij het leven te verliezen bijv. door evacuatie, langdurige isolatie, verlies van en/of schade aan bezittingen (fotoalbums), psychische schade, e.d.;
- De economische schade groot is, waarmee wordt bedoeld op de directe schade aan have en goed, maar ook op de indirecte schade aan de economie door verloren bedrijvigheid, beperkte mobiliteit, e.d. Bij dit laatste speelt de ligging van cruciale⁷ infrastructuur een belangrijke rol, omdat het uitvallen van onze achterlandverbindingen of Schiphol grote economische schade kan veroorzaken.

Met deze criteria kan een verdere selectie van dijkringen worden gemaakt, als over deze variabelen tenminste kennis bestaat.

Als derde stap dient dan aandacht te worden besteed aan het reliëf en overige fysiografische **eigenschappen van de dijkringen die bepalend zijn voor het overstromingsverloop** (instroomsnelheid, stijgsnelheid, oppervlak en einddiepte). Daarbij gaat het om vragen als:

- Hoe groot is de dijkkring (kan het water doorstromen)?
- Helt de dijkkring of is het een badkuip?
- Loopt deze geheel onder of is er al sprake van een zekere gecompartmenteerdheid (veel tussendijken en/of andere obstakels)?

Een bijzonder geval, waarbij het overstromingsverloop een rol speelt, is dat van de 'negatieve systeemwerking' ofwel het sneeuwbaaleffect: als een dijkkringgebied volloopt en aan de benedenstroomse zijde overloopt in een volgend dijkkringgebied – of in een rivier met te weinig afvoercapaciteit – en aldus overstroming via een 'achterdeur' veroorzaakt. Om dit te voorkomen kan een geleidedijk of compartimenteringsdijk worden toegepast.

⁷ Hieraan wordt aandacht besteed in het project 'Bescherming vitale infrastructuur'.

En als vierde stap (in navolging van Alberts, 2006) kan verder worden ingezoomd op eigenschappen van de dijkkring die de **kansrijkdom voor compartimentering** mede bepalen, zoals:

- Wat is de vorm van de dijkkring (langgerekt versus met korte randlengte)?
- Hoe ligt de dijkkring ten opzichte van de bedreiging (dwars op een water of evenwijdig eraan of rondom ongesloten)?
- Hoe is de ruimtelijke verdeling van het landgebruik (stedelijk gebied in een afscheidbaar deel of verspreide bebouwing; cruciale infrastructuur die extra bescherming behoeft)?
- Wat ligt er al aan bestaande lijnvormige structuren – of wat bevindt zich in een fase van planvorming – , waarbij kan worden aangesloten? En daarbij: gaat het om formele gecompartmenteerdheid of een toevalligheid?

Deze vierde stap is vooral bepalend voor de vraag of compartimentering mogelijk is tegen te verwachten kosten die lager zijn dan de baat. In het kader van een afweging van compartimentering tegen andere maatregelen is dat één van de eerste te beantwoorden vragen⁸.

In dit hoofdstuk worden de vier genoemde stappen doorlopen. Alle dijkringen⁹ worden op deze criteria beoordeeld, hetgeen kan worden beschouwd als een landevaluatie. Het toetsen van de dijkringen aan de criteria resulteert in een eindoordeel per dijkkring over de kansrijkdom voor compartimentering, uitgaande van een volledig kerende dijk.

De kansrijkdom voor vertragingsdijken kan op een vergelijkbare manier worden geëvalueerd. Opgemerkt dient te worden dat voor vertragende dijken het aantal slachtoffers (criterium 2) veel zwaarder meetelt dan de economische schade (criterium 4). Een vertragende dijk voorkomt immers niet dat een gebied onderloopt. De schade blijft daardoor relatief groot. Wel vertraagt de kering de overstroming waardoor meer mensen voldoende tijd hebben om een veilig heenkomen te zoeken. Dit verlaagt het aantal slachtoffers.

3.2 Grote dijkringen versus kleine dijkringen

Een eerste belangrijk criterium is de grootte van de dijkkring: een grote dijkkring betekent in principe dat een groter oppervlak kan overstromen. Bij een kleine dijkkring kan worden aangenomen dat die in korte tijd helemaal volloopt; in zo'n geval kan wel worden gedacht aan normdifferentiatie (beter beschermen dan de buurdijkringen), maar zal niet zo gauw worden gekozen voor opdelen, omdat de stijgsnelheid in een nog kleiner compartiment nog groter wordt, met mogelijke gevolgen voor het aantal te verwachten slachtoffers. Op grond van het oppervlak kunnen dijkringen worden geselecteerd waarvoor compartimentering het meest voor de hand ligt, c.q. het minst. Daarbij kan een eerste selectie plaatsvinden naar oppervlak met arbitraire grenzen bij 10.000 ha respectievelijk 100.000 ha (zie Tabel A.1 in de bijlagen).

Op grond van deze selectie ligt het *niet* voor de hand aan nadere compartimentering te denken bij bijvoorbeeld de Waddeneilanden, Pernis, Rozenburg, Eiland van Dordrecht, of Zutphen.

⁸ Maar daarmee komen we op het onderwerp afwegingsmethode en -criteria, waarover afzonderlijk is gerapporteerd (Baan et al., 2007).

⁹ De dijkringen in het winterbed van de onbedijkte Maas zijn in verband met hun zeer beperkte omvang buiten beschouwing gelaten.

Dit laat overigens onverlet dat sommige kleine dijkkringen al een zekere gecompartmenteerdheid kennen door hun ontstaansgeschiedenis – bijv. Eiland van Dordrecht en Zuid-Beveland oost –, die in het laatste geval in 1953 wel degelijk voordelig is gebleken.

3.3 Dijkkringen met grote aantallen (potentiële) slachtoffers en/of schade

Kort geleden is getracht voor heel Nederland overzicht te verkrijgen van te verwachten aantallen slachtoffers en schades per dijkkring (Klijn et al., 2007) ten behoeve van de 2^e duurzaamheidsverkenning van het MNP ('Nederland Later'; MNP, 2007). Om te komen tot een eerste selectie van dijkkringen waar compartimentering kan worden overwogen wordt van de resultaten van die studie gebruik gemaakt. Er wordt gerefereerd aan de resultaten voor de huidige situatie, alsook voor de geprojecteerde situatie in 2020 en 2040. Aldus komen ook dijkkringen in beeld die in de toekomst grote gevolgen van een overstroming zullen kunnen ondervinden door bovengemiddelde groei (demografisch of economisch).

3.3.1 (Potentiële) slachtoffers

Om te beginnen zijn de (absolute) totale verwachte aantallen slachtoffers per dijkkring relevant, alsmede het maximum aantal getroffen en voor iedere dijkkring. Hierbij wordt dus nadrukkelijk geen onderscheid gemaakt naar overstromingskans. Voor de huidige situatie is door Klijn et al. (2007) behalve de verwachtingswaarde ook een minimum en een maximum gegeven, als indicatie van de onzekerheidsband.

Om uit de dijkkringen diegene te selecteren waar het gevolg van een overstroming groot is, kunnen – tamelijk arbitrair – die dijkkringen worden geselecteerd waar het maximum aantal getroffen groter is dan 100.000 of het verwachte aantal werkelijke slachtoffers (nu of in de toekomst) groter dan 100. (Nota bene: om te komen tot het aantal slachtoffers is door Klijn et al. (2007) *rekening gehouden met het overstromingsverloop in de huidige situatie, dus de bestaande compartimentering van oude of regionale dijken en lijnvormige structuren werkt door in de getallen!*) In Tabel A.2 in de bijlagen is een overzicht gegeven van deze dijkkringen.

Aldus kunnen die dijkkringen worden geïdentificeerd waar compartimentering nuttig/zinvol kan zijn, omdat er veel mensen zullen worden getroffen en het verwachte aantal slachtoffers groot is. Als mogelijk nuttig/zinvol komen die dijkkringen in beeld die alleen veel getroffen hebben en/of in het slechtste geval veel slachtoffers te betreuren hebben. Zo komt een aantal dijkkringen in het rivierengebied en in Zeeland alsnog in beeld. De beoordeling op dit criterium is te vinden in de laatste vijf kolommen in Tabel A.2.

3.3.2 Schade

Bij de verwachte schade kan eenzelfde benadering worden gevolgd, waarbij het kiezen van een drempelwaarde voor selectie nog lastiger is. Voor de onderhavige analyse zijn arbitraire grenzen gelegd bij een verwachte schade groter dan 5 miljard euro, respectievelijk 10 miljard euro. Voor de toekomstige situatie is relevant dat de trendsgewijze economische groei leidt tot (veel) hogere verwachte schadebedragen. Het overzicht van schadeverwachtingen per dijkkring (naar Klijn et al., 2007) is weergegeven in Tabel A.3.

Ook uit de onderstaande kaarten (Figuur 3.1 a t/m d) kan een indruk worden verkregen in welke dijkringen een relatief grote schade mag worden verwacht. Voor de huidige situatie en 2040 bij trendsgewijze ontwikkeling zijn de verwachte schade (beïnvloed door de bestaande gecompartmenteerdheid) en een verwachte bovengrens aan de schade weergegeven.

Aldus kunnen dijkringen worden geïdentificeerd waar compartimentering nu al nuttig/zinvol zou kunnen zijn om de economische schade te beperken, danwel in nabije toekomst als gevolg van economische groei (nieuwbouw en waardevermeerdering). De beoordeling van dit criterium is te vinden in de kolom 'schade' in Tabel A.3.

Er wordt nog op gewezen dat dijkringen waar de verwachte schade weliswaar niet boven de gekozen drempelwaarde uitkomt, maar het maximum wel, aandacht verdienen omdat dit verschil voor een groot deel voortkomt uit de huidige mate van gecompartmenteerdheid. De meest pregnante voorbeelden hiervan zijn Noord-Holland en Zeeuwsch Vlaanderen.

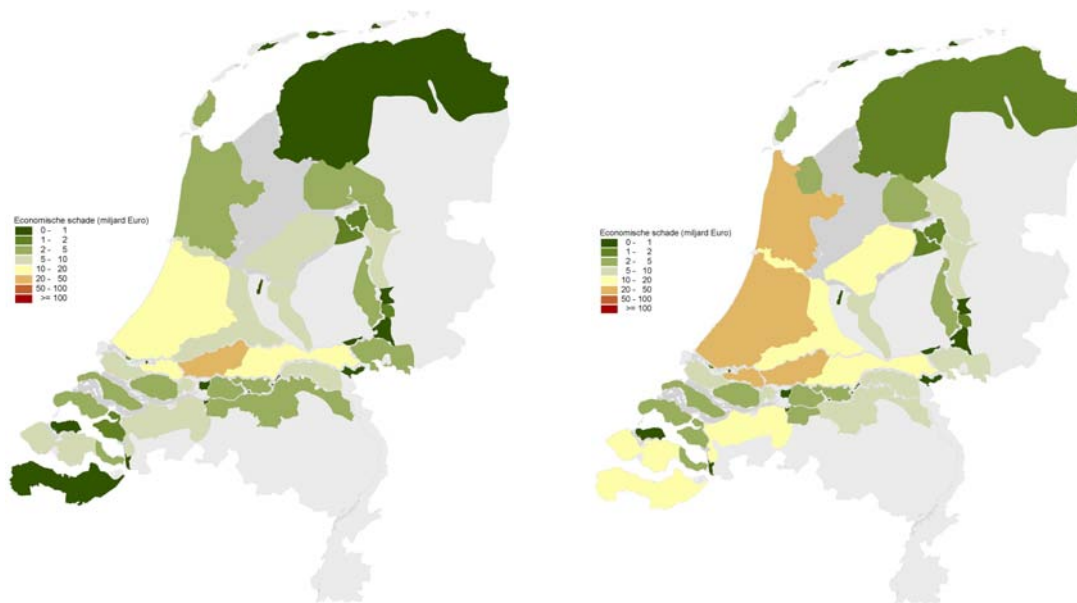
Overigens is de waarschuwing dat de bestaande compartimentering oorzaak kan zijn van relatief beperkte schade ook voor andere dijkringen – die de hier gekozen drempelwaarde geheel niet halen – van toepassing.

3.4 Eigenschappen van dijkringen die bepalend zijn voor het overstromingsverloop

Om iets aan gevolgen te kunnen doen door compartimentering moet een beeld gevormd kunnen worden van het overstromingsverloop in een dijkkring in relatie tot de plaats van een bres: dat bepaalt immers de blootstelling (oppervlak, tijd, diepte). Het gaat daarbij om eigenschappen als:

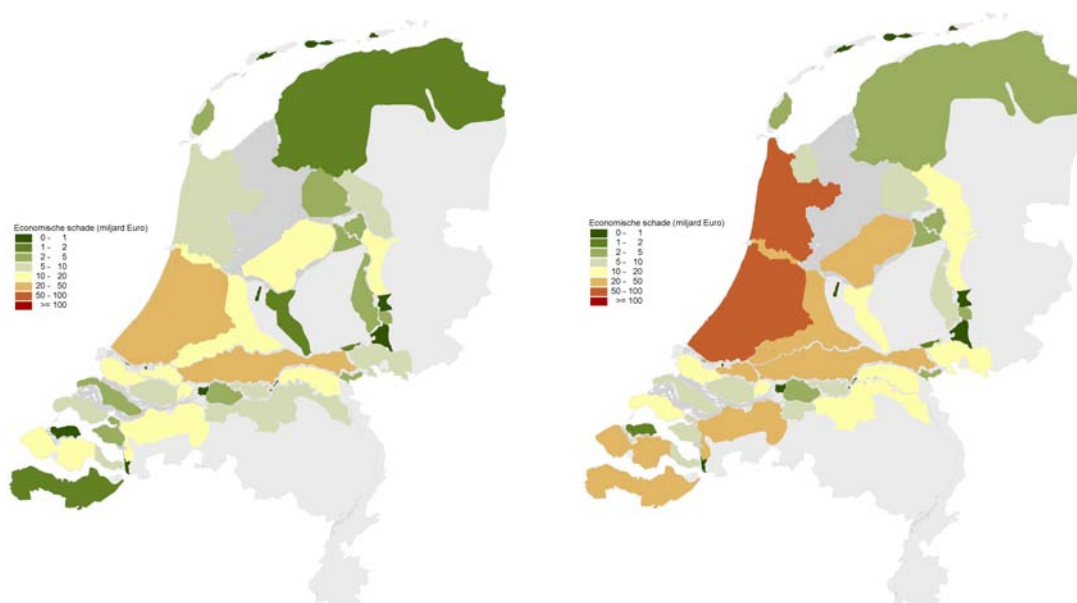
- grootte;
- helling van het maaiveld;
- gecompartmenteerdheid (dijken, kades en andere lijnvormige obstakels).

De grootte van de dijkringen is al weergegeven in een eerdere paragraaf. Maar de betekenis van grootte heeft mogelijk nog enige nadere toelichting. In een grote dijkkring kan het water over het algemeen doorstromen waardoor de waterdiepte net achter de bres (bij dijkbreuk) niet snel groot wordt. Dit heeft als voordeel dat de kans op verdrinking daarmee beperkt blijft, die mede wordt bepaald door de stijgsnelheid. Een nadeel is dat het water makkelijk, met hoge snelheid en langdurig kan instromen, omdat het verhang groot blijft en er geen tegendruk ontstaat. Daardoor kan de bres uitschuren en snel groter worden, waardoor het water nog sneller instroomt.



a) schade huidige situatie verwacht

b) schade huidige situatie maximaal



c) schade 2040 (trend) verwacht

d) Schade 2040 (trend) maximaal

Figuur 3.1 Verwachte economische schade per dijkkring als gevolg van overstromingen (bron: Klijn et al., 2007)

Een tweede belangrijke eigenschap heeft te maken met de helling van het maaiveld in de dijkkring. In hellende dijkringen blijft in het stroomopwaartse deel de waterdiepte vaak beperkt, omdat het water doorstroomt – tenzij dit wordt belemmerd door obstakels.

In zo'n geval moet een afweging worden gemaakt tussen verkleining van het oppervlak door een compartimentering versus een grotere resulterende waterdiepte. Indien de dijkbreuk meer benedenstrooms optreedt, blijft het stroomopwaartsgelegen deel van een hellende dijkkring vaak volledig droog.

In dijkkringen met een vlak maaiveld is daarentegen sprake van een volstrekt ander overstromingsverloop. Het kan gaan om een 'badkuip' die snel volloopt door een groot verschil tussen buitenwaterstand en maaiveld (IJsselmeerpolders) of juist om langzame instroom in dijkkringen met relatief hoog maaiveld (Friesland, grote delen van Noord-Holland, Walcheren). Met name bij badkuip-dijkkringen dient extra aandacht te worden besteed aan het gevaar van een grote stijgsnelheid bij compartimentering.

De mate van bestaande gecompartmenteerdheid (veel tussendijken en/of andere obstakels) beïnvloedt het overstromingsverloop doordat het water niet – of minder snel – kan doorstromen. Daardoor wordt de stijgsnelheid groter, maar de bresgroei kan door de snel toenemende tegendruk worden beperkt. Ook hier is sprake van een aandachtspunt, waar alleen van geval tot geval goed over kan worden geoordeeld.

De hier genoemde relevante eigenschappen vragen feitelijk een bespreking per dijkkring, waarbij bij voorkeur gebruik wordt gemaakt van beschikbare overstromings-simulaties die op hun beurt weer een goede schematisatie van hoogteligging en lijn-vormige structuren (met hun hoogte en permeabiliteit) vragen. Hierop wordt later teruggekomen.

3.4.1 Een bijzonder geval: het voorkomen van negatieve systeemwerking

Een extra punt van aandacht vormt de mogelijke negatieve systeemwerking door het sneeuwbaaleffect (ook wel domino-effect of cascade-effect genoemd). Als het overstromingsverloop zodanig is dat een dijkkringgebied via een achterdeur wordt bedreigd, hetzij via een tussenkering (categorie c-kering), hetzij doordat een relatief kleine rivier teveel water te verwerken krijgt vanuit een overstroomde dijkkring, kan dat aanleiding zijn om dit met dijken te voorkomen/beperken. Van zo'n situatie is sprake bij bijvoorbeeld de bestaande c-keringen aan de oost- en zuidoostzijde van Zuid-Holland (Amsterdam-Rijnkanaal en Hollandse IJssel) en bij de Alblasserwaard (Diefdijk)¹⁰. Maar negatieve systeemwerking kan ook optreden bij:

- Land van Maas en Waal (Maashoogwater staat lager dan Waalhoogwater, bij doorbraak kan Waalwater naar Maas stromen, Maas kan minder water aan), geldt in mindere mate ook voor Bommelerwaard;
- De Betuwe (Nederrijnhoogwater staat lager dan Waalhoogwater en Nederrijn/Lek kan minder water aan);
- Rijn en IJssel (water uit Niederrhein/Bovenrijn kan naar IJsseldal stromen, waarbij afvoerverdeling onbeheersbaar wordt);
- Duffelt-Ooijpolder (bij overloop in Duitsland kan de Waal onevenredig veel Rijnwater krijgen, waarbij afvoerverdeling onbeheersbaar wordt).

Hoofdzakelijk om dergelijke negatieve systeemwerking te ondervangen worden scheidingsdijken, c.q. compartimenteringen, overwogen in Ooij en Millingen (42) en Rijn en IJssel (48).

¹⁰ Veel minder waarschijnlijk is het bij de Wieringermeer (via Noord-Holland) en de Noordoostpolder (via Friesland-Overijssel).

Men zou dit kunnen beschouwen als gericht op gevolgbeperking, omdat overstromingen – met alle gevolgen van dien – langs IJssel of Waal worden voorkomen. In een meer strikte interpretatie is het echter onderdeel van het beheersen van de afvoerverdeling over verschillende rivieren, die – bij afwijking – leidt tot bovenmaatgevende afvoeren.

Om de discussie over **gevolgbeperking sec** niet te vertroebelen met vraagstukken rond afvoerverdelingsbeheersing bij bovenmaatgevende omstandigheden en/of de gewenste normdifferentiatie die samenhangt met de beheersing van de hoogte en vorm van de afvoergolven op de verschillende rivieren (Waal → Maas, Niederrhein → IJssel; retentie én noodoverloop), wordt dit criterium in deze verkenning van kansrijkdom verder niet in beschouwing genomen¹¹.

3.5 Kansrijkdom voor compartimentering

Nu een eerste indruk is verkregen voor welke dijkringen compartimentering naar verwachting nuttig is, kan worden verkend of compartimentering ook kansrijk is. Dat is het geval als de baten opwegen tegen de kosten. En dat is weer het geval als de kosten relatief gering zijn, terwijl de risico-afname fors is. Zonder op formele aspecten van KBA in te gaan¹² kan wel een eerste indruk worden verkregen van de economische haalbaarheid door te kijken naar:

- de vorm van de dijkkring, in verband met de benodigde lengte van een compartimenteringsdijk (kosten);
- de ligging van de dijkkring ten opzichte van de bedreiging, in verband met 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).

3.5.1 Vorm dijkkring

Een compartimenteringsdijk is goedkoper naarmate deze korter kan blijven. Dat betekent dat langgerekte smalle dijkringen makkelijker te compartimenteren zijn. Los van de ligging ten opzichte van de gevarenbron (buitenwater) kan daarover een indruk worden verkregen door te kijken naar de relatie tussen oppervlak (als indicator voor omvang van het gevolg en dus ook baat) en omtrek (als indicator voor langgerektheid en dus ook te verwachten kosten). Met deze beide variabelen is een vormindex berekend ($1/2 * \text{omtrek} / \sqrt{\text{oppervlak}}$). Als deze groter is dan 2,5 is het dijkkringgebied langgerekt (of onregelmatig gevormd), waarmee de compartimenteringsdijk beperkt van lengte kan blijven. Deze vormindex is gegeven in Tabel A.4.

¹¹ De Provincie Gelderland en het Duitse Land Nordrhein-Westfalen verkennen wel scheidings/geleidedijken op of nabij de landsgrens om het overstromingsverloop beheersbaar te krijgen. Deze verkenningen worden als casestudie beschouwd in de compartimenteringstudie.

¹² Op KBA wordt dieper ingegaan in het kader van afwegingsmethoden en –criteria (Baan et al., 2007)

3.5.2 Ligging ten opzichte van gevarenbron

De ligging van een dijkkring ten opzichte van een gevarenbron is vooral belangrijk voor de vraag of een dijkkring slechts vanuit één kant kan vollopen, vanuit verscheidene kanten of van alle kanten. Dat is vooral van betekenis voor de vraag hoe te compartimenteren en hoe effectief dat is. In een langgerekte dijkkring waarbij het gevaar van de korte kant komt (vergelijk Gelderse vallei, Kromme-Rijngebied) kan een korte dijk evenwijdig aan de primaire kering een grote schadereductie betekenen tegen geringe kosten. Bij het compartimenteren van een (bijna) alzijdig bedreigde dijkkring, zoals de Betuwe of Hoekse Waard is het de vraag welke overstromingsgebeurtenissen met welke kansen tot welke risicoreductie leiden; deze baat valt moeilijker te begroten.

Grosso modo kan men stellen dat compartimentering het meest perspectiefrijk is waar het gevaar slechts van één kant komt, zeker als dat een korte kant is. Tegelijkertijd is dan haast eerder sprake van een dubbele waterkering dan van compartimentering in ongeveer gelijkwaardige delen.

Een praktische indeling naar ligging ten opzichte van gevarenbron is verwerkt in de typologie van rivierdijkringen van Alberts (2006; blz. 35-36), die alle hellen. Maar op een vergelijkbare wijze kan een typologie van alle dijkringen worden opgesteld (waartoe in de voorafgaande tekst al aanzetten zijn geleverd).

3.5.3 Ruimtelijke verdeling van de kwetsbaarheid

Het overstromingsrisico op een bepaalde plaats is een functie van de kans, de blootstelling (diepte en stijgsnelheid) en de kwetsbaarheid. Die laatste is vooral afhankelijk van het **landgebruik**, zoals dat kan worden afgeleid van landgebruikskaarten. Woonbebouwing betekent de grootste aantallen potentiële slachtoffers per oppervlakte-eenheid, en bebouwing in het algemeen betekent de grootste schade per oppervlakte-eenheid. Een kaart met bebouwing versus overige functies geeft dan ook al snel inzicht in de meest kwetsbare plekken.

Indien de bebouwing geconcentreerd ligt in makkelijk af te grenzen stedelijk kernen biedt dat een aanknopingspunt voor compartimentering. Dat kan de vorm hebben van een stedelijke kern die extra wordt beschermd door een tweede dijk (bijv. Den Bosch in dijkkring 36 of Veenendaal in dijkkring 45), maar het kan ook aanknopingspunten bieden voor een geleiding van doorstromend water langs of tussen stedelijke gebieden (bijv. KAN-gebied met uitbreidingen Arnhem-Zuid en Nijmegen-Waalsprong). Al snel zal ook aan differentiatie van beschermingsniveaus gedacht worden (bijv. Spijkenisse op de kop van Voorne-Putten, dijkkring 20). Minder gemakkelijk te beoordelen zijn situaties waarbij het water van alle kanten kan komen, zoals bij Almere. In dergelijke gevallen is het lastig de baat (afname risico) te kwantificeren.

Een bijzonder geval van lokaal extra grote kwetsbaarheid is gelegen in de aanwezigheid van cruciale infrastructuur: infrastructuur die voor de Nederlandse economie heel belangrijk is, omdat andere delen dan het overstromde gebied er grote schade door ondervinden. Dan gaat het om bijv. achterlandverbindingen zoals A15, A12, A2, de Betuwelijn en Schiphol. Omdat de meeste van deze infrastructuur lijnvormig is en verscheidene dijkringen doorsnijdt, is het lastig de aanwezigheid hiervan als argument voor compartimentering aan te vatten.

Bovendien wordt aan dergelijke situaties in het project 'Vitaal' aandacht besteed; en het zou niet verbazen als daaruit zou blijken dat 'watervrije' aanleg aanbeveling verdient. Bij het verkennen van tracés voor compartimenteringsdijken kan wel rekening worden gehouden met de ligging van cruciale infrastructuur.

Het verdient aanbeveling van iedere dijkkring die in aanmerking komt voor compartimentering de huidige en toekomstige landgebruikkaart als basis te gebruiken voor het verkennen van mogelijke tracés voor compartimenteringsdijken.

3.5.4 Bestaande structuren

Nauw aansluitend bij het vorige punt is het zaak na te gaan welke bestaande lijnvormige structuren al tot een zekere mate van gecompartmenteerdheid leiden en hoe deze het overstromingsverloop beïnvloeden. Dit kan een aanknopingspunt bieden voor verdergaande compartimentering door het versterken, dichten of verlengen van bestaande lijnvormige structuren. Soms is zelfs dat niet nodig, maar kan worden volstaan met het formaliseren van een bepaalde functionaliteit, zoals mogelijk het geval is bij de Knardijk in Flevoland, die weliswaar niet in de Wet op Waterkering is opgenomen, maar wel functioneert als volledige compartimenteringsdijk. Het formaliseren van deze functie – met bijbehorende toetsingsvoorschriften – volstaat mogelijk al.

Voor wat betreft lijnvormige structuren kan worden aangesloten bij (1) historische structuren, zoals oude dijken die in de loop van de bedijkingsgeschiedenis ooit een waterkerende functie hebben gehad, (2) huidige lijnvormige structuren die een ander doel dienen, bijvoorbeeld wegen, spoorlijnen, geluidswallen, of kades langs boezemwateren, en (3) geplande (nieuwe of te vernieuwen) lijnvormige structuren, zoals een verlengde A15, een A4 Den Haag-Rotterdam, een A4 Zuid, een Flevolijn, e.d.

Voor wat betreft de bestaande (incl. historische) lijnvormige structuren wordt verwezen naar de overzichtkaart die bij aanvang van de compartimenteringstudie is vervaardigd. Een tweede belangrijke bron is de kaartenset bij het TAW-rapport 'De tweede waterkeringen in Nederland' (TAW werkgroep tweede waterkeringen, 1973). Voor toekomstige lijnvormige infrastructuur is geen landsdekkend overzicht beschikbaar.

Een belangrijk aandachtspunt bij deze kaarten betreft de vraag of de lijnvormige structuren werkelijke gecompartmenteerdheid als resultaat hebben doordat het om (voormalige) waterkeringen gaat die volledig gesloten zijn, of dat het slechts een toevalligheid betreft, waarover niet bewust is nagedacht. Dat laatste is meestal het geval als de structuren voor een geheel ander doel zijn aangelegd (wegen, spoorlijnen, kanalen (scheepvaart), e.d).

3.6 Eindoordeel dijkkringen: nuttig & kansrijk?

Hier is getracht de bovenstaande overwegingen ten aanzien van mate van verwacht nut en kansrijkdom samen te vatten (Tabel 3.1), om aldus te komen tot een selectie van dijkkringen waarvoor compartimentering serieuze overweging verdient, een 2^e groep die eventueel nadere studie verdient en een groep, waarvoor compartimentering niet nuttig en/of onvoldoende kansrijk is. De beoordeling is tevens weergegeven in Figuur 3.2 en Figuur 3.3.

Tabel 3.1 Eindoordeel 'nut' en 'kansrijkdom' van compartimentering in verschillende dijkringen

Dijkring	Nut	Kansrijkdom					Eindoordeel					
		Groote	Slachtoffers (n)	Schade (M€) 1	Overstromingsverloop 3	Gewenst?		Vorm	Landgebruik (verdeling)	Lijnstructuren	Kansrijk? 4	Eindoordeel 5
Nummer	Naam											
1	Schiermonnikoog	-	0	0		Nee	0	0	0		Nee	0
2	Ameland	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
3	Terschelling	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
4	Vlieland	-	-	0		Nee	0	0	0		Nee	0
5	Texel	0	0	0		Nee	0	0	+		Mogelijk	0
6	Friesland en Groningen	+	++	0		Waarschijnlijk	+	+	+		Ja	++
7	Noordoostpolder	0	0	0	+	Misschien	0	0	-		Nee	0
8	Flevoland	0	++	++	+	Ja	0	+	++		Ja	++
9	Vollenhove	0	0	(+2)		Misschien	+	0	0		Mogelijk	0
10	Mastenbroek	-	0	0		Nee	0	0	-		Nee	0
11	IJsseldelta	0	0	0		Nee	+	+	+		Ja	++
12	Wieringen	0	0	(+2)	+	Misschien	0	0	-		Nee	0
13	Noord-Holland*	+	++	(+2)		Ja	+	0	++		Ja	++
14	Zuid-Holland	+	++	++		Ja	+	+	+		Ja	++
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	0	++	+	+	Waarschijnlijk	+	0	-		Nee	0
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	0	++	++	+	Waarschijnlijk	+	0	0		Mogelijk	++
17	IJsselmonde	0	++	++		Ja	+	0	++		Ja	++
18	Pernis	-	0	0		Nee	0	0	0		Nee	0
19	Rozenburg	-	0	0		Nee	0	0	0		Nee	0
20	Voorne-Putten	0	++	+		Waarschijnlijk	+	+	+		Ja	++
21	Hoeksche Waard	0	0	(+2)		Mogelijk	0	0	++		Waarschijnlijk	++
22	Eiland van Dordrecht	-	0	+		Misschien	+	+	+		Ja	++
23	Biesbosch	0	-	-		Nee	0	0	0		Nee	0
24	Land van Altena	0	0	0		Misschien	0	0	0		Nee	0
25	Goeree-Overflakkee	0	0	0		Misschien	+	0	+		Waarschijnlijk	++
26	Schouwen Duivenland	0	0	(+2)		Mogelijk	+	0	++		Ja	++
27	Tholen en St. Philipsland	0	0	0		Nee	+	0	++		Ja	++
28	Noord Beveland	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
29	Walcheren	0	++	+		Waarschijnlijk	0	0	++		Waarschijnlijk	++
30	Zuid Beveland west	0	0	+		Misschien	+	0	++		Ja	++
31	Zuid Beveland oost	-	0	0		Nee	+	0	++		Ja	++
32	Zeeuwisch Vlaanderen	0	+	0		Misschien	++	0	++		Ja	++
33	Kreekrakpolder	-	-	-		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
34	West-Brabant	0	++	+		Waarschijnlijk	+	0	+		Waarschijnlijk	++
34a	Geertruidenberg	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
35	Donge	0	0	(+2)		Misschien	+	0	0		Mogelijk	0
36	Land van Heusden/de Maaskant*	0	+	(+2)	+	Waarschijnlijk	++	+	+		Ja	++
36a	Keent	-	-	-		Nee	0	0	0		Nee	0
37	Nederhemert	-	-	-		Nee	0	0	0		Nee	0
38	Bommelerwaard	0	0	(+2)	+	Misschien	+	+	++		Ja	++
39	Alem	-	-	-		Nee	0	0	0		Nee	0
40	Heerwaarden	-	-	-		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
41	Land van Maas en Waal	0	+	+	+	Mogelijk	+	0	++		Ja	++
42	Ooij en Millingen	-	0	0		Nee	+	0	+		Waarschijnlijk	++
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	0	+	++	+	Waarschijnlijk	++	+	++		Ja	++
44	Kromme Rijn	0	+	+	+	Mogelijk	++	+	++		Ja	++
45	Gelderse Vallei	0	++	+	+	Mogelijk	+	+	++		Ja	++
46	Eempolder	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
47	Arnhemse- en Velpsebroek	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
48	Rijn en IJssel* (a: Rijnstrangen)	0	+	(+2)	+	Mogelijk	++	+	++		Ja	++
49	IJsselland	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
50	Zutphen	-	0	0		Nee	0	0	0		Nee	0
51	Gorssel	-	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
52	Oost Veluwe*	0	0	0		Nee	+	0	0		Mogelijk	0
53	Salland	0	+	+	+	Mogelijk	+	+	+		Ja	++

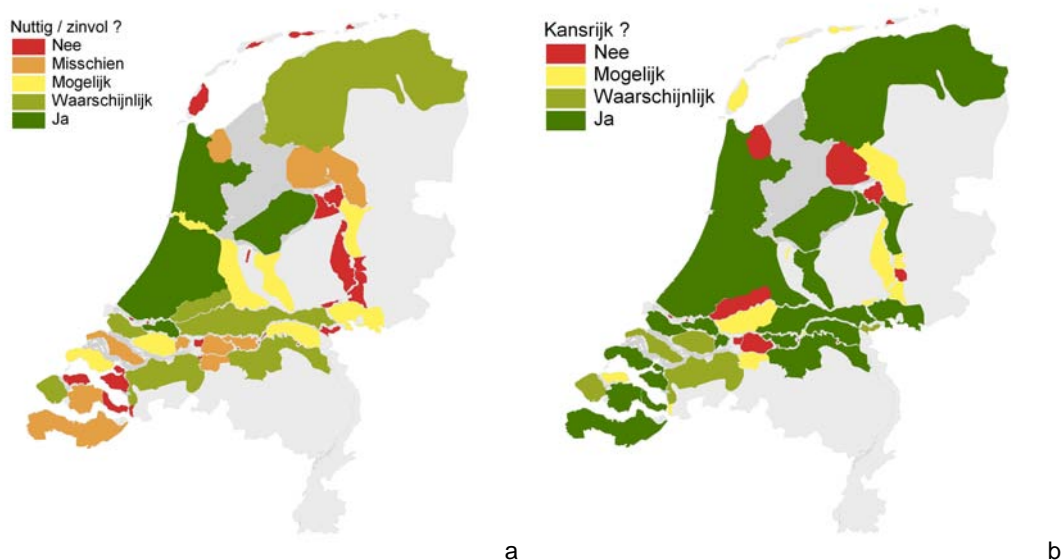
1 Schade in huidige situatie veelal beperkt door bestaande gecompartmenteerdheid; dus LET OP!

2 Schade in de toekomst hoog

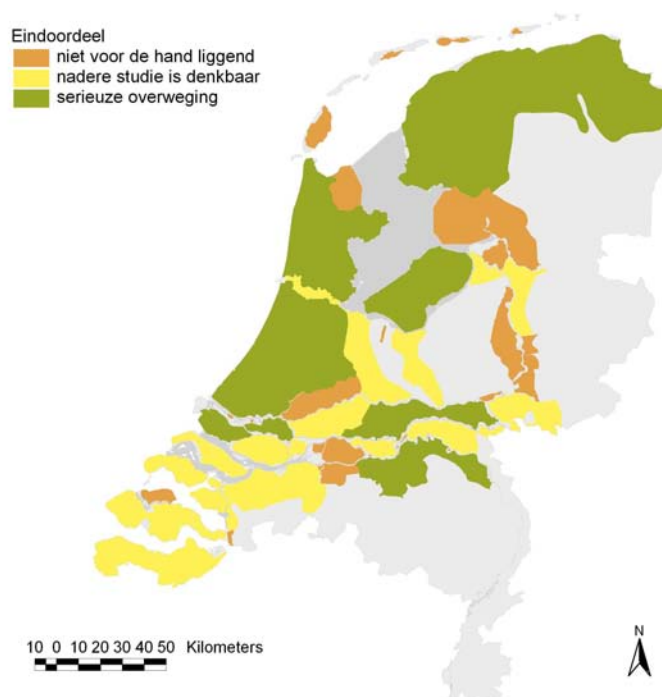
3 Bijv. grote-badkuipeffect of kortsluiting-doorstroom

4 Kansrijk: Ja bij tenminste 3 +

5 ++ als gewenst en kansrijk, ++ als nadere verkenning t.z.t. nuttig lijkt



Figuur 3.2 Beoordeling van (a) 'nut' en (b) kansrijkdom van compartimentering in verschillende dijkkringen



Figuur 3.3 Eindoordeel nut en kansrijkdom van compartimentering in verschillende dijkkringen

Uit deze analyse komen de volgende dijkkringen naar voren, waarvoor compartimentering *serieuze overweging* verdient:

- Friesland-Groningen (6);
- Flevoland (8);
- Noord-Holland (13);
- Zuid-Holland (14);

- IJsselmonde (17);
- Voorne-Putten (20);
- Land van Heusden/ De Maaskant (36);
- Betuwe en Tieler- en Culemborgerwaarden (43).

Nadere studie is denkbaar voor:

- IJsseldelta (11);
- Alblasserwaard/ Vijfheerenlanden (16);
- Hoekse Waard (21);
- Eiland van Dordrecht (22);
- Goeree-Overflakkee (25);
- Schouwen Duivenland (26);
- Tholen en St. Philipsland (27);
- Walcheren (29);
- Zuid Beveland west (30);
- Zuid Beveland oost (31);
- Zeeuwsch Vlaanderen (32);
- West-Brabant (34);
- Bommelerwaard (38);
- Land van Maas en Waal (41);
- Ooij en Millingen (42);
- Kromme Rijn (44);
- Gelderse Vallei (45);
- Rijn en IJssel (48).

De eerste groep dijkringen ('*serieuze overweging*') worden successievelijk kort besproken. De vier in de compartimenteringstudie uit te werken casussen behoren alle tot deze groep. Een bespreking van de tweede groep dijkringen wordt hier achterwege gelaten.

3.6.1 Dijkkringen waar compartimenteren zinvol en kansrijk is kort besproken

Friesland-Groningen

Friesland-Groningen is een zeer grote dijkkring met een maaiveld dat nergens erg ver onder NAP ligt, waardoor overstroming relatief langzaam gaat en tot overwegend geringe waterdieptes leidt. De kades langs de vele vaarten liggen haast alle boven NAP.

Langs de Waddenzee, zowel in Friesland als Groningen, liggen enkele aanwasvelden die als een soort 2^e waterkering fungeren (TAW, 1973) en overstromingen van daaruit kunnen tegenhouden/vertragen. In Groningen werken de kades van Reitdiep, Van Starckenborghkanaal en Eemskanaal compartimenterend. In Friesland bevond (bevindt?) zich een soort waterscheiding tussen de zuidwesthoek en noordoost, die met sluizen en schotten in de watergangen kon (kan?) worden afgesloten (TAW, 1973).

De dijkkring is doorsneden door tal van wegen en spoorlijnen waarbij kan worden aangesloten. De dijkkring kent ook een soort wespentaille ter hoogte van de Lauwersmeer/ -zee.

Conclusie: gezien het overstromingsverloop en de bijbehorende schade- en slachtofferverwachting is het nut van compartimenteren beperkt; wel kansrijk. Nader verkennen.

Flevoland

Grote dijkkring die feitelijk uit twee delen bestaat, gescheiden door de Knardijk. De Knardijk is als waterkerende dijk aangelegd om de ring rond Oostelijk Flevoland rond te maken. De dijk is dus waterkerend geweest tegen water uit het zuidwesten.

Op dit moment is het schade- en slachtofferpotentieel in Zuidelijk Flevoland al zeer hoog en het groeit bovengemiddeld snel door het daarop gerichte rijksbeleid inzake de ruimtelijke ontwikkeling (Noordvleugel).

Het voorkomen van het geheel vollopen van Flevoland (oostelijk + zuidelijk) kan eenvoudig worden gerealiseerd door de hoogte en standzekerheid van de Knardijk te allen tijde te garanderen. Dit vergt vermoedelijk een slechts geringe inspanning; mogelijk is de dijk al hoog genoeg en moet de compartimenteringsfunctie alleen juridisch worden geformaliseerd (als categorie c-kering).

Conclusie: doen, nuttig en kansrijk.

Noord-Holland

Noord-Holland is een dijkkring met zeer verschillende waterkeringen. Een overstroming vanuit het westen is niet te verwachten zuidelijk van de Hondsbossche zeewering, omdat de duinen daar zeer breed zijn. Vanuit het noordoosten is een overstroming via Wieringen (hooggelegen) zeer onwaarschijnlijk, en via de Wieringermeer is er een enorme vertraging te verwachten doordat deze polder eerst moet vollopen. Dat betekent dat Noord-Holland slechts vanaf enkele kanten werkelijk door overstromingen bedreigd wordt.

De dijkkring is weliswaar groot, maar heeft langs een groot deel van de buitengrens relatief hoge gronden – rond NAP. Dit geldt met name voor West-Friesland, waaromheen nog een oude waterkering loopt (de Westfriese Binnendijk), maar ook het gebied tussen Alkmaar en Den Helder ligt rond NAP. Hier liggen nog verscheidene oude waterkeringen (Koegraszeedijk, Zijperzeedijk) en er liggen kades langs het Noord-Holland Kanaal. De diepe droogmakerijen (Beemster, Purmer, Wormer etc.) zijn alle door ringvaarten (boezems met kades) omgeven; die werken compartimenterend.

Conclusie: bestaande gecompartmenteerdheid (oude dijken en boezem- en kanaalkades) screenen en eventueel opwaarderen.

Centraal Holland

Zeer grote dijkkring met grote variatie aan waterkeringen en bedreigd vanuit zee, rivieren en meer (Markermeer). Deels beschermd door zeer brede duinen, maar met enkele coupures (Katwijk) en 'zwakke schakels'. De Maeslandtkering en de kering in de Hollandsche IJssel zijn zeer bepalend voor de overstromingskans vanuit het beneden-rivierengebied.

Vlakgelegen dijkkring, maar met grote variatie in maaiveldshoogte; laagste punten van Nederland in de diepe droogmakerijen.

Overstromingssimulaties laten zien dat dijkkring nooit geheel onder loopt, maar altijd slechts voor een deel. Dat geldt voor de huidige zeespiegelstand en is het gevolg van een zeer dicht netwerk aan lage kades en lijnvormige infrastructuur, onder meer door boezemkades langs ringvaarten en kanalen. Door de TAW is in 1973 ook al een zekere gecompartmenteerdheid vastgesteld, met onder meer (niet volledig):

- De dijken langs de Hollandsche IJssel en het verlengde daarvan (toen nog geen dijkkringgrens) (NAP +1,2 m);
- De zuidelijke kade (Hoge Rijndijk) langs de Oude, c.q. Leidse Rijn, Prinsendijk (NAP +0,2 m);
- De Maasdijk tussen 's-Gravenzande en Maassluis (NAP +4,2 m).

Conclusie: het grote schade- en slachtofferpotentieel rechtvaardigt serieuze overweging van compartimentering, alhoewel overstromingssimulaties uitwijzen dat de dijkkring niet geheel zal vollopen door bestaande (onbedoelde) gecompartmenteerdheid. Nieuwe infrastructuur biedt kansen om bij aan te sluiten, maar oude (Hoge Rijndijk) eveneens.

IJsselmonde

Het schade- en slachtofferpotentieel is heel hoog doordat IJsselmonde deel is gaan uitmaken van Groot-Rotterdam. Dit is aanleiding de veiligheidsnorm te heroverwegen (zie notitie Van der Most et al., 2006, over Normdifferentiatie), hetgeen *de facto* door het waterschap al is geëffectueerd (men houdt 1:10.000 aan).

Het gebied is door de ontstaansgeschiedenis al sterk gecompartmenteerd, waardoor het zelden/ nooit geheel onderloopt. Dat heeft consequenties voor de te verwachten schade en aantallen slachtoffers. Er is door een student van de TU (Theunissen, 2006) naar het effect van de huidige gecompartmenteerdheid gekeken.

Conclusie: gezien onduidelijke baat (mede in relatie tot kleine kans op overstroming en systeemwerking door lagere dijken in omgeving) geen aanleiding tot verkenning naar verdergaande compartimentering dan de huidige.

Voorne-Putten

Niet al te laag gelegen dijkkring met nog een flink aantal oude dijken en kades die tot enige gecompartmenteerdheid leiden (verg. TAW, 1973). Door sterk toegenomen aantal inwoners wel kwetsbaar en nog sterk groeiend.

Concentratie van die inwoners in Spijkenisse en Hellevoetsluis biedt kansen voor zinvolle (kosten-effectieve) compartimentering (zie ook WL-studie voor MNP: Klijn et al., 2007).

Conclusie: nader verkennen.

Land van Heusden/ De Maaskant

Hellende dijkkring, waarin de waterdiepte over het algemeen beperkt blijft, behalve in het uiterste westen. Evacuatie naar het zuiden (hogere zandgronden van Noord-Brabant) is gemakkelijk, daar is ook de bewoning geconcentreerd.

Grootste deel van het gebied is relatief spaarzaam bebouwd, want gelegen in het overstromingsgebied van de voormalige Beerse Overlaat. Bewoningsconcentraties zijn Oss en Den Bosch (met Rosmalen en Empel).

Kansrijke compartimentering door mogelijk aansluiten bij A2 (Den Bosch) en/of nieuwe stadsrand; spoordijk Den Bosch-Nijmegen (bij Rosmalen nog 5 m hoog); kades Hertogswetering/ Roode wetering.

Dijkkring is onderzocht in kader van de RBSO-studie met als conclusie dat deze kansrijk is.

Conclusie: uitwerken.

Betuwe en Tieler- en Culemborgerwaarden

Hellende dijkkring, zeer langgerekt, die bij dijkdoorbraak in het oosten geheel kan overstromen. Evacuatie goed mogelijk doordat afvoergolven op rivier enige dagen tijd bieden, maar zeer grote schade denkbaar. Een van de hoogst scorende qua risico (schades en slachtoffers), zowel nu als in de toekomst (zie Klijn et al., 2007). Gebied wordt doorkruist door belangrijke noord-zuidinfrastructuur (A2, spoorlijn Amsterdam-Zuid-Nederland).

Door vorm (zeer smal met wespentaille) en bestaande lijnvormige infrastructuur kansrijk om kosteneffectief te compartimenteren.

Deze dijkkring is al jaren geleden geïdentificeerd als gebied waarvoor compartimentering gewenst en kansrijk is (Klijn & De Bruijn, 2001; Vis et al., 2001).

Deze dijkkring is uitgebreid onderzocht in het kader van de RBSO-studie met als conclusie dat compartimentering hier kosteneffectief lijkt.
Conclusie: uitwerken.

3.7 Soms ook decompartimentering?

Uit de hiervoor besproken verkenning waar compartimentering nut heeft, blijkt dat vooral het geval in grote dijkkringen met grote aantallen getroffen en, potentieel grote aantallen slachtoffers en grote economische schade. Nu bepaalt het overstromingsverloop de blootstelling van bevolking, have en goed. Een nauwkeurige beschouwing van het overstromingsverloop is dan ook essentieel voor een goede beoordeling van het overstromingsrisico. Voor het *slachtofferrisico* zijn in volgorde van belangrijkheid de meest relevante factoren (1) de maximale waterdiepte, (2) de stijgsnelheid en (3) de stroomsnelheid (verg. Jonkman, 2004; De Bruijn, 2007). Waar het water snel diep wordt zijn dan ook de grootste aantallen slachtoffers te verwachten. Voor het *aantal getroffen* en voor het *schaderisico* zijn stijgsnelheid en stroomsnelheid niet relevant; het overstromde areaal is de bepalende blootstellingsfactor. Tegen deze achtergrond zal duidelijk zijn dat het overstromingsverloop in kleine dijkkringen of in kleine compartimenten grenzend aan buitenwater, door met name de grote stijgsnelheid, tot een relatief groot slachtofferrisico kan leiden. Tegen die achtergrond wordt weleens gepleit voor decompartimentering: het opheffen van bestaande gecompartmenteerdheid.

Waar lijnvormige structuren nog een actuele functie vervullen, wordt zelden gepleit voor decompartimentering. Waar dat niet zo duidelijk is wordt soms overwogen compartimenterende lijnelementen weg te halen of niet meer te onderhouden, bijvoorbeeld vanwege:

- 1 de kosten van onderhoud (indien ze zelden/ nooit functioneren);
- 2 de ongewenste barrièrewerking in relatie tot beoogde ruimtelijke ontwikkelingen (stadsuitbreiding, natuurontwikkeling, wegcoupires, e.d.);
- 3 nadelige consequenties voor het slachtofferrisico.

Hier wordt alleen op decomparteren met het oog op veiligheid ingegaan; en niet op kostenoverwegingen of overwegingen van gebiedsontwikkeling. Hieronder wordt ingegaan op het mogelijk nut van decomparteren, nadat eerst kort enkele gevallen worden besproken waarin decomparteren is overwogen.

3.7.1 Enige casuïstiek

Uit de literatuur zijn geen studies naar decomparteren bekend. Een rondgang onder vakgenoten leerde dat het verwijderen van compartimenterende dijken is overwogen in in ieder geval een vijftal gevallen/gebieden, namelijk:

- 1 De Maasdijk (dijkkring 14: Centraal Holland);
- 2 Capelle aan de IJssel, (dijkkring 14: Centraal Holland);
- 3 Zeeuwsch Vlaanderen (dijkkring 32);
- 4 de Slaperdijk te Veenendaal (dijkkring 45: Gelderse Vallei);
- 5 de keersluis in het Amsterdam-Rijnkanaal nabij Zeeburg.

In de meeste gevallen blijkt slechts in kleine kring te worden gesproken over decomparteren en er zijn enkele oriënterende onderzoeken gedaan; in beleidsstukken of andere officiële documenten is niets dienaangaande vastgelegd.

De **Maasdijk** in Zuid-Holland is de oude hoofdwaterkering aan de zuidwestzijde van het Westland. Met de aanleg van de Nieuwe Waterweg en een nieuwe waterkering daarlangs is deze 2^e waterkering geworden. De betekenis van deze waterkering als 2^e waterkering is besproken door de TAW (1973). Omdat aan de zeezijde van deze waterkering de stijgsnelheid heel groot is, is wel gesuggereerd dat men de kering zou kunnen slechten. Uit enkele verkenningen van de functie van de Maasdijk door HKV in opdracht van de provincie Zuid-Holland (Groot & Kolen, 2006) blijkt dat de Maasdijk de schade van overstroming flink beperkt (met ruim 40%) door het overstroemde oppervlak beperkter te houden alsmede de waterdieptes achter de Maasdijk te beperken. Een vergelijking van de situatie met en zonder Maasdijk ten aanzien van het aantal te verwachten slachtoffers duidt erop dat er zonder dijk niet minder maar tenminste evenveel slachtoffers te verwachten zijn, maar deze vallen minder aan de zeezijde van de kering en meer achter de kering. *Grosso modo* vormde de analyse – met inbegrip van een kosten-batenanalyse – geen aanleiding tot een voorstel voor decompartmentering door de Maasdijk te verwijderen, noch overigens voor verhoging van deze waterkering.

De conclusie luidde kortom: niet weghalen die Maasdijk.

Zowel **Capelle aan de IJssel** als Krimpen aan de IJssel kennen zeer dicht bebouwde polders, waar dichte woonbebouwing vlak achter de waterkering is gelegen. Een deel van de gemeente Capelle ('s-Gravenland) is gelegen tussen de primaire waterkering langs de Nieuwe Maas ten westen van de stormvloedkering in de Hollandsche IJssel en de secundaire kering die op ongeveer 1 km afstand achter de primaire kering ligt (achter de Nijverheidsstraat in Capelle). Deze secundaire waterkering dateert al van voor de oorlog en was een zogenaamde BWO-kering (bescherming waterstaatswerken in oorlogstijd). De kering had een kerende hoogte van NAP + 4,0 meter. De secundaire kering biedt extra bescherming aan woonwijken van met name Rotterdam. Omdat de wijk 's-Gravenland bij aanleg niet is opgehoogd, is sprake van een relatief diepe polder, waarin het water na doorbraak van de primaire kering snel stijgt.

Het nut en noodzaak van deze secundaire kering is in de jaren '80 onderzocht. Omdat verwijderen van de secundaire kering zou leiden tot een sterke toename van de schade in het achterliggende gebied is uiteindelijk besloten de kering niet weg te halen, maar deze te verlagen en overstroombaar te maken. Delen van de kering zijn sindsdien verlaagd tot NAP +1,5 m. De verlaging zorgt voor geringere waterdieptes te 's-Gravenland, terwijl slechts een beperkt volume aan water, alleen tijdens de piek van de stormvloed, over de kering kan stromen. Inmiddels is de discussie omgebogen in de richting van het opstellen van een goed evacuatieplan voor deze polders.

De conclusie luidde dus: onvoldoende redenen voor volledige decompartmentering, maar voldoende reden tot verlaging van de kering.

In **Zeeuwsch Vlaanderen** liggen vele oude zeedijken die door landaanwinning binnendijken zijn geworden. Deze regionale keringen – die volgens de keur geen waterkerende functie meer hebben – hebben vrijwel alle een cultuurhistorische of natuurwaarde. Daarom kunnen ze ook niet zomaar weggehaald worden. Ze worden weliswaar niet meer onderhouden, maar het daadwerkelijk weghalen van de keringen gebeurt dus niet (mededeling per elektronische post door Durk-Jan Lagendijk, Provincie Zeeland, d.d. 17 september 2007). Of waterveiligheid een rol speelt bij de gedachte aan decompartmentering is ons niet bekend.

De **Slaperdijk** in de Gelderse Vallei is aangelegd in de 17e eeuw om Utrechts grondgebied te beschermen tegen overstromingen vanuit de Nederrijn. Later heeft de Slaperdijk deel uitgemaakt van de Grebbelinie.

De dijk ligt ten noordwesten van Veenendaal, dat wil zeggen stroomafwaarts van dit dorp ten opzichte van de bron van de overstroming: de Nederrijn. Veenendaal ligt dus aan de 'verkeerde' (lees natte) kant. Waterschap Vallei & Eem heeft de provincies Gelderland en Utrecht gevraagd een besluit te nemen over de status van de Slaperdijk, waartoe nut en noodzaak dienden te worden bepaald. In dat kader is verkend wat het verwijderen van de dijk zou betekenen, in vergelijking met handhaving van de huidige situatie, het dichtens van nu bestaande doorgangen (duikers en coupures) in de dijk en nog enkele andere alternatieven (Wouters, 2004). Het blijkt dat het dichtens van de doorgangen in de Slaperdijk ('beter compartimenteren') en het geheel verwijderen van de Slaperdijk ('decompartimenteren') slechts minimale reducties van de overstromings-schade opleveren. Het dichtens van de doorgangen biedt echter wel meer tijd voor benedenstrooms gelegen gebieden om maatregelen te nemen en te evacueren. In het geval van decompartimenteren blijft de schade weliswaar praktisch gelijk, maar wordt de schade afgewenteld op gebieden ten noorden van de Slaperdijk (bijv. Amersfoort). Alhoewel het verwijderen van de Slaperdijk volgens een KBA rendabel bleek, is gezien de vele onzekerheden (over de baat die lineair samenhangt met de aanname van de overstromingskans¹³ en omdat bij de berekening van de gevolgen recente uitbreidingen van Amersfoort niet zijn verdisconteerd), en gezien de geringe omvang van de baat (4%) niet aanbevolen tot decompartimentering over te gaan¹⁴. De conclusie van het HKV-onderzoek luidde zeer kort samengevat: onvoldoende aanleiding om te decompartimenteren (te beperkte baat), mede in beschouwing genomen de cultuurhistorische waarde van de dijk.

In het Amsterdam-Rijnkanaal ter hoogte van **Zeeburg** bevonden zich twee schutsluizen die het water vanuit de Noordzee konden keren. Nadat de kering bij IJmuiden eind jaren '90 op Deltahoogte was gebracht werd deze keersluis overbodig. Uit andere overwegingen (grotere tonnages in de scheepvaart) is deze keerschuif vrijwel direct verwijderd. Compartimentering is niet in de afweging meegenomen. Slechts een paar jaar geleden is geopperd dat de keerschuif wellicht 'omgedraaid' had moeten worden om het water uit de Nederrijn/Lek te kunnen keren bij een doorbraak van de primaire kering aldaar.

De hierboven besproken verkenningen van en overwegingen tot decompartimenteren leiden tot de volgende *overall* conclusies:

- het verwijderen van een compartimenteringsdijk leidt tot geringere waterdieptes en een lagere stijgsnelheid vóór de secundaire kering;
- dat leidt tot een kleinere kans op slachtoffers en geringere schade vóór de secundaire waterkering;
- het leidt ook tot een groter overstroomd areaal en grotere waterdieptes áchter de secundaire waterkering;
- soms is het netto-effect daarvan op de schade in de dijkkring als geheel een iets kleinere totaalschade (voorbeeld Veenendaal), soms een hogere (voorbeeld Maasdijk, Capelle);
- vanuit een kosten-batenoogpunt wegen de kosten van verwijderen van een dijk zelden op tegen de (geringe) baat.

¹³ De baat is berekend op grond van een overstromingskans van 1:1.250 per jaar. De overstromingskans van deze dijkkring is vermoedelijk veel kleiner (zie Klijn et al., 2007), waarmee de baat veel kleiner is.

¹⁴ Overigens wordt de rentabiliteit sterk beïnvloed door de disconteringsvoet, die in februari 2007 bij kabinetsbesluit is verlaagd van 4 % naar 2,5 %, hetgeen de rentabiliteit van maatregelen (dus ook het weghalen van een dijk) juist flink vergroot.

3.7.2 Reflectie op decomparteren

De ervaringen in beschouwing nemend kan worden aanbevolen om decompartering niet actief na te streven vanuit overstromingsrisicobeheersing.

Indien er andere redenen zijn om 2^e waterkeringen of compartimenteringsdijken te willen slechten, verwijderen of doorsteken (met coupures of duikers), zou hieraan voorafgaand een zorgvuldige analyse moeten worden gedaan naar het nut van dergelijke waterkeringen (vergelijk de analyses van HKV, in casu Wouters, 2004 en Groot & Kolen, 2006). Dit nut is immers weinig manifest en daarom vaak 'vergeten'.

Tenslotte enkele overdenkingen ten aanzien van *alternatieven voor decompartering*, die relevant zijn voor de discussie. Als met decompartering wordt beoogd slachtoffers te voorkomen vóór een 2^e waterkering, dan is een adequate waarschuwing en *evacuatieplanning* mogelijk even effectief, zo niet effectiever. Immers: de risicovolle plek is bekend. Ten tweede geldt dat als de risicovolle plek samenhangt met een zwakke schakel in de waterkering, dan is het heel wel denkbaar de waterkering ter plaatse extra te versterken. In het discussiestuk van Van der Most et al. (2006) over *normdifferentiatie* is al gepleit voor differentiatie van normen voor individuele dijkvakken. Aldus kan worden voorkomen dat de waterkering ter hoogte van een kwetsbare plek als eerste bezwijkt/ overloopt, door te zorgen dat de zwakste schakel zich elders – ter hoogte van een weinig kwetsbaar (dun bevolkt) gebied – bevindt. Zeker als de kwetsbare plek een 'compartimentje' betreft (zoals bij Capelle of Krimpen aan de IJssel) is dit aan te bevelen. Ook normdifferentiatie lijkt te verkiezen boven decompartering, temeer daar het minder omstreden zou kunnen zijn.

Concluderend: als risicobeheersing het doel is, lijken alternatieven voor decompartering aantrekkelijker.

4 Casestudies: verkenning tracés en beoordeling

4.1 Geheel verschillende casestudies

In hoofdstuk 3 is geëvalueerd in welke dijkkringen compartimentering het overwegen waard is. Dat leidde tot de selectie van een achttal dijkkringen. Daarvan zijn er vier nader verkend door een casestudie uit te voeren. Aanvullend zijn de grensoverschrijdende dijkkringen Rijn & IJssel (48) en Ooij & Millingen (42) tot casestudie verklaard, omdat hier een gevaar op negatieve systeemwerking bestaat. Deze laatste casestudies waren bij het schrijven van dit rapport nog niet afgerond; er wordt afzonderlijk over gerapporteerd.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de volgende vier casestudies, waarover achtergrondrapporten beschikbaar zijn:

- Flevoland (8);
- Centraal Holland (14);
- Land van Heusden/ De Maaskant (36);
- Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden (43).

Bij de bespreking wordt nader ingegaan op de vraag hoe compartimentering van deze dijkkringen kan plaatsvinden, hoe dit wordt beoordeeld, en wat zich hierbij zoal aan problemen en kansen voordoet.

De behandeling vindt plaats per casestudie, waarna generieke conclusies worden getrokken. In dit verband is belangrijk dat de casestudies verschillend van karakter zijn (hele breedte van problematiek bestrijkend). Bij de casestudie Flevoland gaat hem om een diepgelegen polder met een grote woningbouwopgave. Het primaire doel van compartimentering in dit gebied is het voorkomen van slachtoffers, omdat preventieve evacuatie van de hele dijkkring niet mogelijk is (Windhouwer, 2005). Centraal Holland is een dichtbevolkte en economisch zeer waardevolle dijkkring die wordt bedreigd vanuit de Noordzee, de Nieuwe Waterweg en de Lek. Overstromingen in deze dijkkring zullen grote economische en maatschappelijke gevolgen hebben. Het Land van Heusden / de Maaskant is gelegen langs de rivier de Maas. Compartimentering in dit gebied heeft tot doel de agglomeratie Den Bosch en de belangrijke A2 te beschermen. De Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden ligt tussen de rivieren Waal, Nederrijn-Lek en het Pannerdensch Kanaal. Ook deze dijkkring heeft een langgerekte vorm, die kansen biedt voor compartimentering.

Ondanks het verschillende karakter van de casestudies zijn ze op eenzelfde wijze bestudeerd. De aanpak/ werkwijze voor alle casestudies wordt daarom eerst besproken.

4.2 Aanpak

De verkenning heeft als doel om te bepalen of, waar en onder welke voorwaarden compartimentering een zinvolle maatregel is die bijdraagt aan het beperken van het overstromingsrisico. Dat vergt als eerste het identificeren van compartimenteringsalternatieven gevolgd door een beoordeling van die alternatieven.

4.2.1 Vaststellen alternatieve tracés

In de verschillende casestudies zijn alternatieve tracés geschetst tijdens werkateliers, c.q. workshops, waaraan (ambtelijke) vertegenwoordigers van overheden (provincie, waterschappen, gemeenten), NGO's en andere belanghebbenden hebben deelgenomen (voor specificatie zie de desbetreffende casestudierapporten). Daarbij is kennis gebruikt over het overstromingsverloop en de gevolgen van overstromingen, maar ook kennis over huidig en toekomstig ruimtegebruik, ruimtelijk beleid en ander beleid met ruimtelijke implicaties. Bij het vaststellen van tracé-alternatieven is ook rekening gehouden met hoe lang en hoe zwaar een nieuwe dijk moet worden en in hoeverre bij bestaande – of geplande – structuren kan worden aangesloten. Bij de tracékeuze gaat het er overigens niet om *per se* de goedkoopste oplossing te vinden, maar een oplossing die maatschappelijk het meest aanspreekt.

4.2.2 Beoordeling tracé-alternatieven

Het beoordelen van compartimenteringsalternatieven op tracéniveau houdt in dat situaties met en zonder compartimenteringsdijken worden vergeleken.

Referentiesituatie

Voor de referentiesituatie wordt het jaar 2015 aangehouden. Dan mag worden aangenomen dat de primaire waterkeringen op orde zijn. Grote projecten zoals de Maaswerken en Ruimte voor de Rivier zijn uitgevoerd en de zwakke schakels aan de kust zijn versterkt. In die situatie mag er vanuit gegaan worden dat het faalmechanisme overloop/overslag het dominante faalmechanisme is. Dit uitgangspunt komt overeen met dat van WV21 (zie Kind, 2007) en RBSO (zie Kind, 2005).

Als tweede uitgangspunt geldt dat het systeem na 2015 op orde wordt gehouden. En dan niet alleen wat betreft het gebruikelijke beheer en onderhoud, maar ook dat het beschermingsniveau wordt gehandhaafd door hetzij versterking/ verhoging van waterkeringen hetzij verdere rivierversuiming. Ook dit uitgangspunt komt overeen met dat van RBSO (zie Kind, 2005), maar het verschilt van WV21, aangezien daarbij de veiligheidsnormen zelf onderwerp van onderzoek vormen.

Beperken van het overstromingsrisico is ook mogelijk met andere gevolgbeperkende maatregelen; men denke aan elders of anders bouwen. Bij de verkenning van compartimentering wordt geen rekening gehouden met het mogelijke effect van deze andere maatregelen; er wordt uitgegaan van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling. Dit derde uitgangspunt impliceert dat economische groei één op één doorwerkt in de (potentiële) overstromingsschade. Dit uitgangspunt is weer in overeenstemming met zowel RBSO als WV21 (zie Kind, 2005 en 2007).

In Tabel 4.1 zijn de uitgangspunten van de referentiesituatie samengevat.

Tabel 4.1 *Uitgangspunten referentiesituatie*

Aspect	Uitgangspunt	Opmerkingen
Dijkenstelsel	Referentiejaar is 2015 Dijken voldoen aan wettelijke normen Overloop/overslag is dominante faalmechanisme	Komt overeen met RBSO en WV21
Beheer en onderhoud dijkstelsel	Na 2015 blijven voldoen aan wettelijke normen Na 2015 handhaven van basiskustlijn en van beschermingsniveau	Komt overeen met RBSO maar wijkt af van WV21, waarin normendiscussie juist wordt gevoerd
Effect andersoortige maatregelen	Wordt geen rekening mee gehouden	Komt overeen met WV21 en niet met RBSO waar het effect van andere maatregelen wel wordt bepaald

Beoordeling tracé-alternatieven

Bij de beoordeling van tracé-alternatieven wordt gebruik gemaakt van een breed beoordelingskader (Baan et al., 2007). In dit beoordelingskader worden de gevolgen bepaald voor drie domeinen waarvoor duurzame ontwikkeling wordt nagestreefd, te weten:

- de samenleving (People);
- de economie (Profit);
- het milieu (Planet).

Deze drie domeinen zijn vertaald naar de volgende beoordelingscriteria die in onderstaande tekst worden toegelicht:

- effect op aantal getroffen personen (slachtoffers, indien van toepassing);
- investeringskosten;
- afname van het economisch risico (baat);
- eerstejaarsrendement (verhouding tussen de jaarlijks baat en de jaarlijkse investeringskosten);
- ruimtelijke kwaliteit;
- robuustheid;
- flexibiliteit.

Slachtoffers

Voor het bepalen van het aantal getroffen personen en het aantal slachtoffers is gebruik gemaakt van de zogeheten Schade- en SlachtofferModule van het Hoogwater-InformatieSysteem (HIS-SSM). In hoeverre bij een overstrooming slachtoffers vallen is sterk afhankelijk van een tijdige, succesvolle evacuatie van het gebied. Het HIS-SSM houdt hier geen rekening mee. Voor het rivierengebied zijn er in beginsel goede mogelijkheden tot evacuatie en kan/zal het aantal slachtoffers van een overstrooming naar verwachting beperkt blijven. Bij een doorbraak vanuit zee of het IJsselmeer zal preventieve evacuatie op grotere problemen stuiten. Hoe succesvol een evacuatie zal verlopen is op voorhand moeilijk te voorspellen. Dat neemt niet weg dat een schatting van het aantal slachtoffers *zonder* evacuatie wel een indicatie vormt voor de mogelijke gevolgen van een overstrooming.

Investeringskosten

Voor de onderzochte tracés zijn de kosten globaal geraamd. Dit is gedaan met de methode zoals ontwikkeld en toegepast in de RBSO-studie. De kosten omvatten bouwkosten plus vastgoedkosten, *engineering*kosten, overige bijkomende kosten en 20% project-onvoorzien. Ten opzichte van de RBSO-studie is het prijspeil aangepast naar 2007. Voor de kostenraming van de casestudie Land van Heusden / de Maaskant is door Arcadis een *second opinion* uitgevoerd. In dat kader zijn alle eerdere kostenramingen van de ontwerpen voor dijken, kunstwerken en wegkruisingen geactualiseerd en aangepast naar de huidige inzichten. Vervolgens zijn deze nieuwe kostenkentallen toegepast voor een kostenraming van de vijf tracés van de casestudie Land van Heusden / de Maaskant. De afwijking met de eerdere ramingen op basis van de kostenkentallen uit de RBSO-studie was niet meer dan enkele procenten. Hieruit is geconcludeerd dat de toepassing van de kostenkentallen uit de RBSO-studie tot voldoende betrouwbare kostenschattingen leidt voor de onderhavige compartimenteringstudie.

Afname van het economisch risico (economische baat)

De economische baat betreft de vermeden schade in geval van een overstroming. De economische gevolgen van overstromingen zijn bepaald met behulp van het HIS-SSM. De berekende schade betreft zowel directe als indirecte schade. HIS-SSM bevat niet alle schaden. Zo ontbreken de kosten van evacuatie, hulpverlening, schoonmaak, herstel, uitval van weg- en spoorverbindingen en van uitval van nutsvoorzieningen en communicatieverbindingen. Voor deze schadeposten wordt een toeslag van 16% toegepast. De toeslag voor (immateriële) welzijnsschade wordt gewaardeerd op 30% van de financieel-economische overstromingsschade.

Voor de bepaling van het eerstejaarsrendement in het referentiejaar 2015 moeten de schadebedragen worden omgerekend naar het jaar 2015. Daarbij is uitgegaan van een jaarlijkse economische groei van 2%.

Voor het bepalen van de verwachte jaarlijkse baten moeten de baten in geval van een overstroming worden vermenigvuldigd met de kans op zo'n overstroming. Die kans is evenwel moeilijk nauwkeurig vast te stellen. In het kader van de casestudies worden twee benaderingen gebruikt, die zijn te beschouwen als een soort gevoeligheidsanalyse:

- Eén benadering is om ervan uit te gaan dat de overstromingskans gelijk is aan de kans op overschrijding van de maatgevende omstandigheden: een kans van 1:1.250 of 1:2.000 per jaar voor de dijkringen respectievelijk in het boven- en bendenrivierengebied, 1:4.000 voor Flevoland en 1:10.000 voor Centraal Holland. Die kans kan als een bovengrens worden beschouwd omdat waterkeringen hierop zijn ontworpen en dus hoger en voldoende sterk zijn. Aan de andere kant leert het project VNK dat in de huidige situatie ook andere mechanismen dan overloop/overslag substantieel bijdragen aan de overstromingskans.
- Voor de recente studie Nederland Later van het Milieu- en NatuurPlanbureau zijn ook schattingen gemaakt voor de kans op een overstroming (Klijn et al., 2007). Deze kansen zijn ca 1:10.000 voor Flevoland, 1:20.000 voor Centraal Holland, en 1:2.000 voor het Land van Heusden/ De Maaskant en de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden.

Het grondgebruik in het HIS-SSM heeft nog betrekking op de situatie van 2002. Dit betekent dat ontwikkelingen van de laatste jaren niet goed zijn meegenomen. De schaden zullen daarmee enigszins worden onderschat.

Eerstejaarsrendement

Voor de bepaling van de baten/kostenverhouding wordt gekeken naar het eerstejaarsrendement in de referentiesituatie 2015; dat is het moment waarop de primaire keringen op orde zouden moeten zijn. Het eerstejaarsrendement is daarbij gedefinieerd als de verhouding tussen de gemiddelde jaarlijkse baten en de jaarlijkse kosten. Een baten/kostenverhouding groter dan 1 betekent dat de maatregel financieel aantrekkelijk is. De baat is dan groter dan de investeringskosten. Bij een verhouding kleiner dan 1 is de maatregel financieel niet aantrekkelijk omdat de investeringskosten niet opwegen tegen de verwachte baat.

Voor het omrekenen van investeringskosten naar jaarlijkse kosten wordt uitgegaan van een disconteringsvoet van 2,5%. Bij het bepalen van de totale jaarlijkse kosten wordt daarnaast rekening gehouden met beheer- en onderhoudskosten gelijk aan 1% van de investeringskosten. Voor het bepalen van de jaarlijkse baten is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met schattingen voor de overstromingskans.

Ruimtelijke kwaliteit

Bij ruimtelijke kwaliteit gaat het onder meer om de volgende criteria:

- *Perspectieven voor meekoppeling van functies:* een compartimenteringskering kan een stimulans geven of gecombineerd worden met de ontwikkeling van bepaalde landgebruiksfuncties. Aangegeven wordt voor welke functies perspectieven bestaan.
- *Landschappelijke inpasbaarheid:* de tracés verschillen onderling in de mate waarin deze landschappelijk inpasbaar zijn. Belangrijk hierbij is de mate waarin wordt aangesloten op of wordt toegevoegd aan bestaande structuren.

Robuustheid

De robuustheid van de kering kan worden afgemeten aan de volgende criteria:

- *Beheersbaarheid & onderhoudbaarheid:* vanuit het beheer is er een behoefte aan een compartimenteringskering zonder ingewikkelde kunstwerken, opdat het functioneren van de kering niet afhankelijk is van (falend) menselijk handelen. Kruisingen met hoofdwegen en grotere waterlopen dienen tot een minimum beperkt te blijven.
- *Gevoeligheid hydraulische randvoorwaarden:* De kering is vooral beoordeeld onder de huidige maatgevende condities en voor een aantal representatieve dijkdoorbraaklocaties. Hoe goed de kering functioneert onder andere hydraulische condities, zoals bijvoorbeeld bij bovenmaatgevende afvoer, is ook een maat voor robuustheid.

Flexibiliteit

Met flexibiliteit wordt bedoeld dat aanpassing aan veranderende omstandigheden mogelijk blijft en dat men geen spijt krijgt van gedane zaken. Bij veranderende omstandigheden moet men zowel denken aan fysieke omstandigheden (klimaatverandering, verandering in maatgevende condities) als sociaal-economische omstandigheden. Hierbij speelt een rol of de dijk een mogelijke belemmering vormt voor ruimtelijke ontwikkelingen in de regio e.d.

4.3 Flevoland

4.3.1 Aard van de casestudie

De specifieke achtergrond van de casestudie Flevoland wordt gevormd door de sterke groei van het inwoneraantal van met name de gemeente Almere. Op 20 september 2007 telde Almere 182.652 inwoners. Dit aantal blijft de komende jaren sterk toenemen. Almere zal tussen 2010 en 2030 naar verwachting met tenminste 40.000 woningen worden uitgebreid. Daarnaast wordt rekening gehouden met 20.000 woningen extra in het gebied ten oosten van Almere. Plannen voor deze uitbreidingen worden gemaakt in de projecten Pampus, Almere Oost en Almere Poort. Als gevolg van de sterke bevolkingstoename valt een toename van het overstromingsrisico te verwachten. Ook neemt het aantal potentiële slachtoffers toe.

Om de gevolgen van een overstroming in Flevoland te beperken wordt op dit moment een project uitgevoerd door de Provincie Flevoland naar de normering van de Knardijk. Oorspronkelijk had de Knardijk een waterkerende functie. Het was immers de primaire waterkering van Oostelijk Flevoland. Na de aanleg van Oostelijk Flevoland heeft de Knardijk gedurende ca. 10 jaar dienst gedaan als primaire categorie a-kering. Pas na de aanleg van Zuidelijk Flevoland is het een compartimenteringsdijk geworden. Alleen het deel langs het Wolderwijd is nog steeds een primaire waterkering. In de huidige situatie beschermt de Knardijk Zuidelijk Flevoland wanneer een dijkdoorbraak optreedt in Oostelijk Flevoland en omgekeerd.

Tegen deze achtergrond ligt de nadruk in de casestudie verder geheel op Zuidelijk Flevoland, waarbij is aangenomen dat de in hoofdstuk 3 aanbevolen formalisering van de Knardijk tot compartimenteringsdijk tussen Oostelijk en Zuidelijk Flevoland geen verdere onderbouwing behoeft. Het doel van de casestudie *Zuidelijk Flevoland* is dan ook om antwoord te geven op de vraag of aanvullende compartimentering van dit gebied zinvol is. De studie betreft een eerste verkenning, die bij de casestudies 'Land van Heusden / de Maaskant' en de 'Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden' al eerder heeft plaatsgevonden, namelijk in het kader van het RBSO-project. De casestudie Zuidelijk Flevoland wijkt ook af van de overige casestudies voor wat betreft het hoofddoel van het compartimenteren. In de andere casestudies speelt ook het voorkomen van economische schade en maatschappelijke ontwrichting door het wegvallen van belangrijke infrastructuur een belangrijke rol, maar in de casestudie Zuidelijk Flevoland is het voorkomen van slachtoffers het primaire doel.

Hoewel het doel van de compartimenteringstudie zich beperkt tot het verkennen van de mogelijkheden van compartimentering, is in deze casestudie ook beperkt aandacht besteed aan enkele alternatieve maatregelen om het overstromingsrisico te verkleinen. Voor een beschrijving wordt verwezen naar het achtergrondrapport over de casestudie (Asselman, 2008a).

4.3.2 Kenschets van het gebied

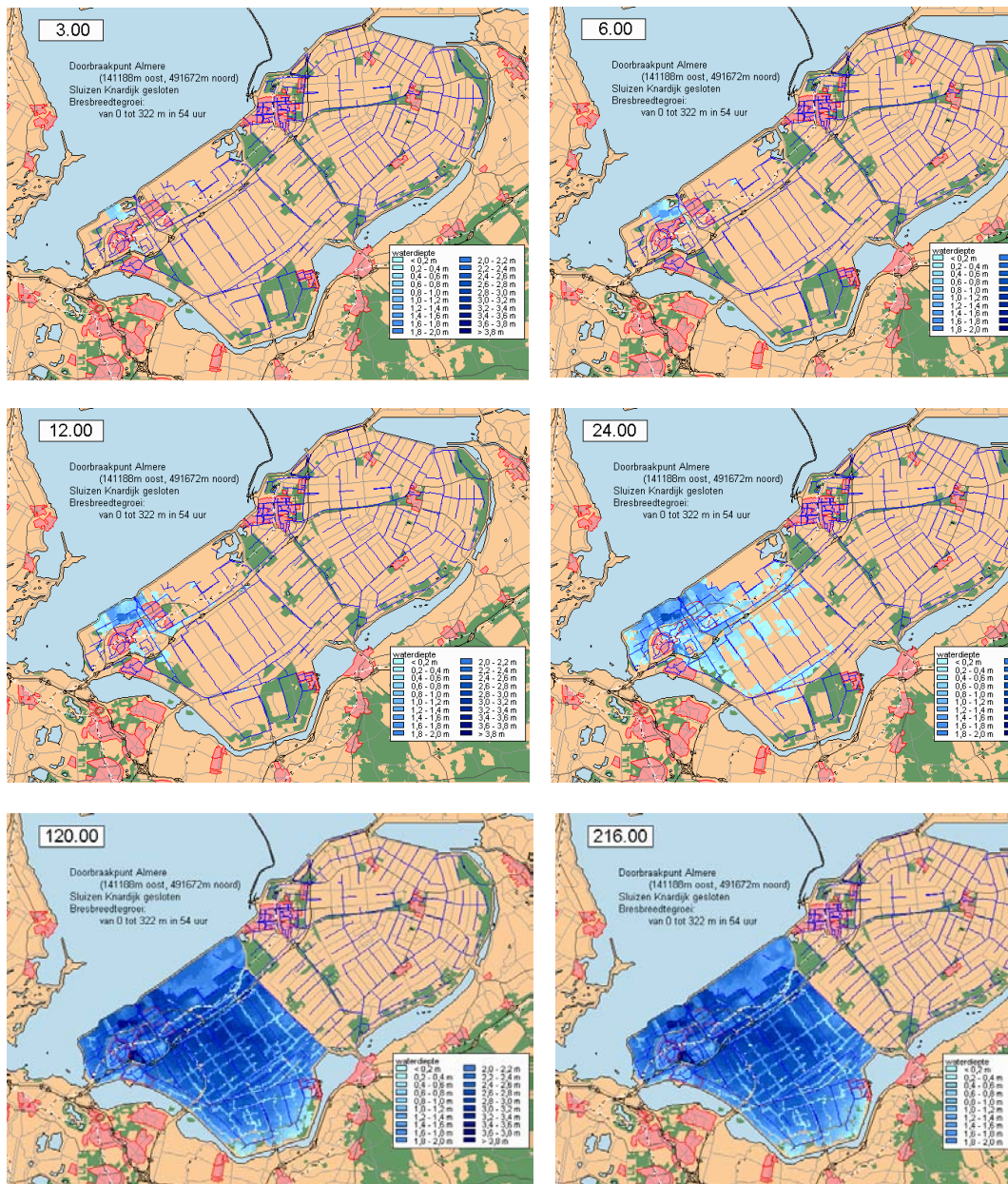
Het studiegebied, Zuidelijk Flevoland, maakt deel uit van dijkkring 8, Flevoland. De dijkkring wordt omringd door water. In het noorden bevinden zich het Vossemeer, het Ketelmeer en het IJsselmeer, in het oosten en het zuiden wordt de dijkkring begrensd door de randmeren (Gooimeer, Eemmeer, Nijkerkernauw, Nuldernauw, Wolderwijd, Veluwemeer, Drontermeer). In het westen bevindt zich het Markermeer met het IJmeer.

Flevoland wordt gekenmerkt door een lage ligging van 3 à 4 m beneden NAP. De belangrijkste steden zijn Almere en Lelystad. De bevolkingsgroei is, met name in het zuidelijke deel, groot. De huidige veiligheidsnorm is 1:4.000. Tussen Almere en Lelystad bevindt zich een dijk die Oostelijk en Zuidelijk Flevoland van elkaar scheidt: de Knardijk (Figuur 4.1).



Figuur 4.1 Dijkring 8, Flevoland

Doordat Flevoland omringd wordt door water wordt het gebied vanuit verschillende kanten bedreigd. Eerder onderzoek uitgevoerd door Crebas (2001, 2003) toont aan dat de doorbraak met de grootste gevolgen voor Almere optreedt wanneer de Oostvaardersdijk nabij Almere bezwijkt en de doorgangen in de Knardijk gesloten zijn (Figuur 4.2). Waterdieptes in Zuidelijk Flevoland bedragen dan ongeveer 3 m.



Figuur 4.2 Overstroming Zuidelijk Flevoland bij een doorbraak vanuit het Markermeer nabij Almere. De doorgangen in de Knardijk zijn dicht. Het getal linksboven vermeldt het aantal uren na het begin van doorbraak. (bron: Crebas, 2001)

Indien de norm van de dijkring gelijk blijft en mag worden aangenomen dat de overstromingskans daarmee in de toekomst niet significant verandert, zal het overstromingsrisico in de dijkring Flevoland toenemen. Volgens Klijn et al. (2007) bedraagt de huidige schade bij een doorbraak ongeveer 7 miljard euro. In 2020 zal dit zijn toegenomen tot ruim 12 miljard euro en in 2040 kan dit oplopen tot 18 miljard euro. De genoemde bedragen gelden voor de gehele dijkring, maar het grootste deel van de toename komt voor rekening van Zuidelijk Flevoland en is vooral het gevolg van de sterke groei van de gemeente Almere.

4.3.3 Ontwikkeling van alternatieve tracés

Ontwikkeling van de tracés heeft plaatsgevonden in overleg met de begeleidingsgroep van de casestudie Zuidelijk Flevoland. In de begeleidingsgroep zaten vertegenwoordigers van Waterschap Zuiderzeeland, de gemeenten Almere en Zeewolde, Provincie Flevoland, Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied, de Waterdienst van Rijkswaterstaat, en Deltares.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij de selectie van mogelijke tracés:

- bij de afbakening van het te beschermen gebied is rekening gehouden met toekomstige ontwikkelingen, zoals uitbreiding van het stedelijk gebied en de natuur- en milieuaspecten;
- uit kostenoverwegingen en landschappelijke inpassing is gekeken naar de mogelijkheden om mee te koppelen met infrastructurele werken.

Het te beschermen gebied betreft dus niet alleen het huidige bebouwde gebied van Almere, maar ook mogelijke uitbreidingen zoals Almere Oost. Ook wordt gekeken naar de verwachte uitbreiding zoals weergegeven in de trend scenario's van het Milieu en Natuur Planbureau en naar de inrichtingsplannen voor de Oostvaarderswold.

Bij de selectie van de tracés is niet als eis gesteld dat deze alle uitbreidingsplannen van Almere omvatten. Om een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de mogelijkheden en de voor- en nadelen van de verschillende opties zijn ook tracés in beeld gebracht die slechts een deel van Almere beschermen tegen overstromingen. Bij de beoordeling van de betreffende tracés komt dit duidelijk naar voren.

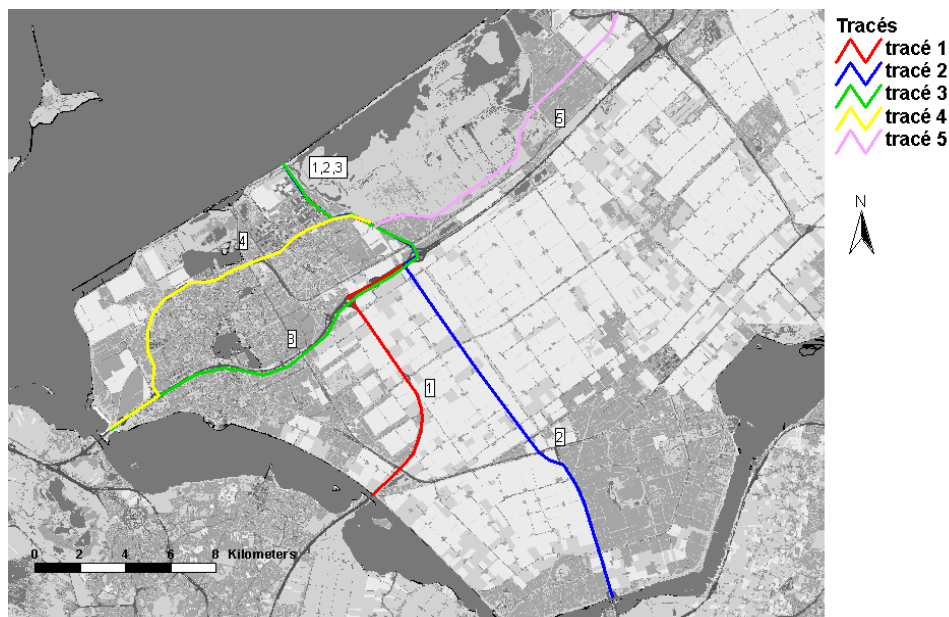
De onderzochte tracés zijn weergegeven in Figuur 4.3. Een korte beschrijving volgt in onderstaande tekst:

- Tracé 1 - A27: De variant A27 loopt vanaf de Oostvaardersdijk, op de grens tussen de Oostvaardersplassen en Almere, naar de Buitenring van Almere. Via de buitenring van Almere loopt het tracé verder naar de A6. Bij de splitsing tussen de A6 en de A27 volgt het tracé de A27 naar de Stichtse brug. Dit tracé is aantrekkelijk indien de wegen verhoogd op de compartimenteringsdijk worden aangelegd. Ze blijven dan beschikbaar als vluchtroute tijdens een overstroming. Ook biedt het tracé de mogelijkheid voor uitbreiding van Almere in oostelijke richting. Omdat het tracé een aantal wegen en watergangen kruist zijn meerdere grote coupures noodzakelijk. Deze coupures zijn onder meer nodig bij de kruising met de N305 en de Hoge Vaart in het zuiden en de Lage Vaart in het noorden. Ook de kruising met de spoorlijn Almere-Lelystad vergt een aanpassing.
- Tracé 2 – Zuidelijk Zuidelijk Flevoland: Tussen de Oostvaardersdijk en de A6 volgt het tracé Zuidelijk Zuidelijk Flevoland het tracé A27. Vanaf de A6 loopt het tracé aan de westkant van de Wulptocht in zuidoostelijke richting naar de N301. Via de N301 of de toekomstige A30 loopt het tracé door tot de Nijkerkerbrug. Het tracé vormt de zuidelijke grens van het nog te realiseren Oostvaarderswold. Het belangrijkste voordeel van dit tracé is het grote oppervlak dat beschermd wordt. Dit tracé biedt daardoor veel mogelijkheden voor de uitbreiding van Almere in oostelijke richting. Ook bij dit tracé zijn meerdere grote coupures noodzakelijk.
- Tracé 3 - oostkant A6: Dit tracé loopt net als de voorgaande tracés vanaf de Oostvaardersdijk, op de grens tussen de Oostvaardersplassen en Almere, naar de Buitenring. Vanaf de kruising tussen de Buitenring en de A6 volgt het tracé echter de oostkant van de A6 tot de Hollandse brug.

Door de compartimenteringsdijk aan de oostkant van de A6 te leggen blijft deze weg beschikbaar wanneer zich een doorbraak voordoet vanuit het Markermeer ten noorden van Almere. De kering kan tevens dienstdoen als geluidswal voor nieuw aan te leggen wijken in Almere Oost. Het belangrijkste voordeel van dit tracé is de functiecombinatie met de A6. Een nadeel is dat het beschermde gebied relatief klein is en dat uitbreiding van Almere in oostelijke richting plaatsvindt buiten het beschermde gebied. Ook dit tracé kruist een aantal wegen en watergangen waarvoor afsluitbare constructies moeten worden aangelegd.

- Tracé 4 - Hoge Ring: Het tracé Hoge Ring loopt vanaf de Hollandse brug naar de kruising met de Hoge Ring (N702). Vervolgens loop het tracé via de Hoge Ring aan de westkant en de noordkant van Almere naar de Buitenring en de A6. Op dat punt kan tracé 4 aansluiten op een van de andere tracés (1, 2, 3, en 5). Dit tracé kan niet als een opzichzelfstaand tracé worden uitgevoerd. Het belangrijkste voordeel van dit tracé is dat het Almere ook beschermt bij een doorbraak vanuit het Markermeer ten zuiden van de Oostvaardersplassen. Een bijkomend voordeel van dit tracé is dat de Hoge Ring al hoger ligt. Een groot nadeel is dat op meerdere locaties viaducten en bruggen te vinden zijn. De Hoge Ring kruist namelijk een groot aantal lokale wegen. Ook kruist de Hoge Ring zowel de Hoge als de Lage Vaart. De voorgaande tracés worden verondersteld het water te keren. Voor deze variant is echter ook rekening gehouden met de mogelijkheid een vertragende kering aan te brengen.
- Tracé 5 – spoorlijn: Het zuidelijke deel van tracé 5 wordt gevormd door tracé 1, 2, 3 of 4. Waar deze tracés de spoorlijn Almere – Lelystad kruisen volgt het tracé de spoorlijn verder naar het noorden. Het belangrijkste voordeel van dit tracé is dat het vrijwel geheel zuidelijk Flevoland beschermt. Een ander voordeel is dat de spoorlijn Almere – Lelystad beschermd is. Ook kruist het minder grote wegen en watergangen dan de andere tracés.

Tussen tracé 1 en tracé 2 kunnen zich in de nabije toekomst nog meer opties voor een compartimenteringsdijk voordoen wanneer in dit gebied stedelijke ontwikkeling plaats gaat vinden. Deze mogelijkheden zijn nu nog niet bekend en daarom ook nog niet onderzocht.



Figuur 4.3 Ligging van de onderzochte tracés in Zuidelijk Flevoland

4.3.4 Verkenning van inpasbaarheid

Bij de casestudie Zuidelijk Flevoland is sprake van een eerste verkenning naar de kansrijkdom van compartimentering. Een ontwerp onderzoek zoals uitgevoerd bij de casestudies voor de 'Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden' en het 'Land van Heusden / de Maaskant' heeft hier daarom niet plaatsgevonden. Wel is bij de verschillende tracés gekeken of en hoe ze ruimtelijk inpasbaar zijn.

Veel van de gekozen tracés vallen samen met reeds bestaande infrastructuur (A6, A27, Hoge Ring in Almere). Het verhoogd aanleggen van wegen en spoorlijnen heeft als voordeel dat een vluchtroute wordt gecreëerd op veilige hoogte. Bovendien sluit deze vluchtroute aan op een brug waardoor de dijkkring kan worden verlaten. Een belangrijk nadeel van het verhoogd aanleggen van (snel)wegen is dat deze duidelijk zichtbaar zijn in het landschap en moeilijk kunnen worden afgeschermd om geluidsoverlast te beperken. Met name wanneer de kering binnen de bebouwde kom ligt zal deze een ongewenste barrièrewerking hebben. Ook de inpassing van het locale wegennetwerk kan problemen opleveren. Om de kering zo robuust mogelijk te maken zou men het aantal doorgangen willen beperken. Echter, indien men in dit geval het locale verkeer bovenlangs wil laten kruisen worden dit viaducten met een hoogte van minimaal 8 meter boven het omringende maaiveld.

Tracé 2 is het enige tracé dat niet samenvalt met bestaande infrastructuur. Het vormt de grens tussen het nog te realiseren natuurgebied Oostvaarderswold en de mogelijke uitbreiding van Almere. De visie bij de ontwikkeling van dit gebied is echter dat er geen scherpe overgangen komen tussen de verschillende gebruiksfuncties. Zo dient wonen geleidelijk over te gaan in natuur of recreatie. De aanleg van een compartimenteringsdijk volgens tracé 2 heeft als belangrijk nadeel dat deze niet past binnen deze visie. De dijk vormt immers een belangrijke barrière tussen het wonen ten zuiden van de dijk en recreatie ten noorden van de dijk.

Indien getracht wordt functiecombinatie toe te passen, bijvoorbeeld door een weg aan te leggen op de dijk, wordt de barrière nog meer versterkt. Dit is niet wenselijk.

4.3.5 Verkenning van effectiviteit

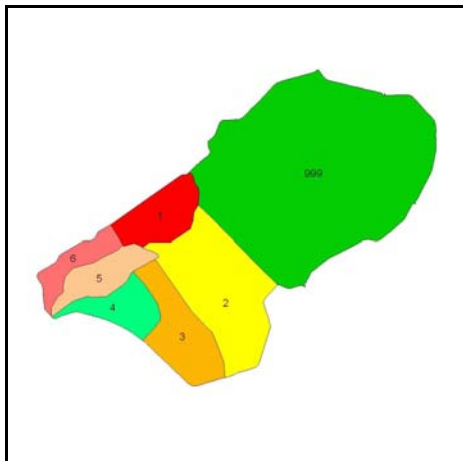
Overstromingspatroon

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de waterstanden en waterdieptes die optreden in de huidige situatie en na realisatie van een compartimenteringsdijk. Bij de berekeningen is uitgegaan van maatgevende condities ter plaatse van de doorbraaklocatie. De waterstand is dan vrijwel volledig bepaald door het peil op het Markermeer. Dit bedraagt NAP + 0,6 m. Wanneer de dijk bezwijkt stroomt het water de dijkkring, of één van de compartimenten, binnen. Dat gaat door totdat er een evenwichtswaterstand is bereikt, waarbij de waterstand in het onderwater gelopen compartiment even hoog is als de waterstand in het (gedeeltelijk leeggelopen) Markermeer. Deze evenwichtswaterstand en de bijbehorende waterdieptes staan vermeld in Tabel 4.2. Ze tonen aan dat compartimentering in alle situaties leidt tot grotere waterdieptes in de overstroomde compartimenten ten opzichte van de huidige situatie.

Tabel 4.2 Evenwichtswaterstanden en waterdieptes in Zuidelijk Flevoland in de huidige situatie en na aanleg van een compartimenteringsdijk

tracé	compartiment ¹	waterstand (m +NAP)	waterdiepte (m)
Zuidelijk Flevoland		-0,9	2,6
tracé 1 – A27	zuidwest (4,5,6)	0	3,5
	noordoost (1,2,3)	-0,6	3,0
tracé 2 – ZZ Flevoland	zuidwest (3,4,5,6)	-0,3	3,2
	noordoost (1,2)	-0,4	3,2
tracé 3 – oostkant A6	zuidwest (5,6)	0,2	3,7
	noordoost (1,2,3,4)	-0,7	2,8
tracé 4 + 1 – Hoge Ring	west (6)	0,4	4,1
	Almere C (4,5)	0,2	3,5
	noordoost (1,2,3)	-0,6	3,0
tracé 5 + 4 – spoorlijn	west (1,6)	0,1	3,7
	oost (2,3,4,5)	-0,7	2,9
tracé 5+ 1 - spoorlijn	noordwest (1)	0,3	3,8
	zuidoost (2,3,4,5,6)	-0,8	2,8

¹de ligging van de deelgebieden is schematisch weergegeven in Figuur 4.4



Figuur 4.4 Ligging deelgebieden in Zuidelijk Flevoland

Wat opvalt is dat compartimenteren van Zuidelijk Flevoland tot hogere waterstanden leidt in de individuele compartimenten. Het instroomvolume neemt echter wel af. Dit betekent dat er minder water hoeft te worden uitgemalen om het gebied weer droog te krijgen. De benodigde tijd om het gebied droog te malen neemt daardoor in alle onderzochte situaties af. In de huidige situatie zijn, indien beide gemalen in Flevoland ingezet kunnen worden, ruim 110 dagen nodig om het gebied droog te malen. Na compartimentering varieert de benodigde tijd van 15 tot 100 dagen afhankelijk van de omvang van het overstroomde compartiment.

Gevolgbeperving

De mate waarin een compartimenteringsdijk bijdraagt aan gevolgbeperving wordt afgemeten aan de afname in het aantal getroffen inwoners, het aantal slachtoffers en de economische schade.

Het huidige aantal getroffen personen, dat wil zeggen het aantal inwoners waarvan de woning zich in het overstroomde gebied bevindt, wordt bij een doorbraak in Zuidelijk Flevoland geschat op ruim 142.000. Het huidige aantal dodelijke slachtoffers wordt door

het HIS-SSM geschat op bijna 1000. Compartimentering leidt vooral tot een afname in het aantal getroffen personen en het aantal slachtoffers wanneer de dijk bezwijkt ter hoogte van de Oostvaardersplassen. Indien de dijk ter hoogte van Almere bezwijkt blijft het aantal getroffen personen vrijwel gelijk en neemt de kans op slachtoffers zelfs toe doordat de stijgsnelheden toenemen (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 toont ook de verandering in verwachte economische schade berekend met het HIS-SSM. In de huidige situatie bedraagt de verwachte schade in Zuidelijk Flevoland na een doorbraak van de Oostvaardersdijk ongeveer 10,6 miljard euro. Na compartimentering neemt de schade significant af wanneer de dijk bezwijkt ter hoogte van de Oostvaardersplassen. Echter, wanneer de dijk bezwijkt ter hoogte van Almere zal de toename in de waterdiepte resulteren in een toename van de economische schade. Zoals eerder aangegeven leidt compartimentering naar verwachting tot een afname van de overstromingsduur. Dit zal een positief effect hebben op de economische schade, maar is niet nader gekwantificeerd.

Tabel 4.3 *Effect van de onderzochte compartimenteringsdijken op het aantal getroffen personen en aantal slachtoffers (in procenten t.o.v. het huidige aantal) en de verwachte economische schade (in miljard euro)*

	verschil in getroffen personen (%)		verschil in slachtoffers (%)		verschil in economische schade (miljard euro)	
	doorbraak Oostvaarder spassen	doorbraak Almere	doorbraak Oostvaarder spassen	doorbraak Almere	doorbraak Oostvaarder spassen	doorbraak Almere
tracé 1	-91	-9	-90	30	-8,5	1,8
tracé 2	-91	-8	-90	20	-8,7	0,7
tracé 3	-75	-24	-80	3000	-7,3	1
tracé 4	-91	-8	-90	3100	-8,5	2,8
tracé 5+1	-100	0	-100	10	-10,4	0,2
tracé 5+4	-100	0	-100	10	-9,6	0

Op basis van het voorgaande is de conclusie dat extra compartimentering, zonder aanvullende maatregelen (zoals versterking van de primaire kering bij Almere), niet effectief is bij het beperken van slachtoffers.

4.3.6 Vergelijking van tracés

Kostenraming van alternatieve tracés

De totale kosten voor realisatie van een compartimenteringsdijk zijn niet alleen afhankelijk van de lengte van de dijk, maar ook van het aantal keersluizen en coupures dat moet worden aangebracht. Het aanleggen van een weg op een dijk en het verwijderen van bebouwing draagt eveneens bij aan de kosten. Tabel 4.4 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van de verkende tracés en de geraamde kosten.

Tabel 4.4 Kenmerken van en kostenraming voor de verschillende tracés

	tracé 1 A27	tracé 2 ZZ-Flevoland	tracé 3 oostkant A6	tracé 4 Hoge Ring	tracé 5 spoorlijn
lengte (km)	21	25	23	15	15
asfalt (m ²)	258300	61000	61000	217000	0
keersluis (aantal)	3	2	3	2	0
coupure met roldeur (aantal)	12	3	16	12	2
opritten (aantal)	6	8	4	18	0
kosten (miljoen euro)	206	138	174	135 (328) ¹	38 (173) ²

¹ kostenraming heeft alleen betrekking op tracé 4, de kostenraming voor tracé 4 in combinatie met tracé 1 staat tussen haakjes

² de kostenraming voor tracé 5 in combinatie met tracé 4 staat tussen haakjes

De investeringskosten voor tracé 1 (A27) worden geraamd op 206 miljoen euro. Dit komt neer op een gemiddelde kostenpost van ongeveer 10 miljoen euro per kilometer dijk. Ongeveer een derde deel van de kosten komt voor rekening van het opnieuw aanleggen van de snelweg op de compartimenteringskering. Ook de bijzondere kunstwerken leiden tot hogere kosten. Vastgoedkosten in verband met de sloop van huizen zijn beperkt omdat de kering niet door bebouwd gebied loopt. De kosten van tracé 2 vallen lager uit. Dit komt vooral doordat geen weg is voorzien op deze dijk. Ook tracé 3 valt goedkoper uit dan tracé 1 doordat de dijk naast de snelweg is gepland. Tracé 4 valt relatief duur uit doordat er een weg ophigt en er bovendien veel doorgangen zijn die afsluitbaar moeten worden gemaakt. Eventueel kunnen alle kruisingen via op- en afritten over de dijk heen worden geleid. De kosten voor tracé 5 hebben betrekking op het traject tussen de Knardijk en tracé 1. De kosten voor dit tracé zijn relatief laag omdat het aantal kruisingen beperkt is en er geen weg of spoorlijn wordt aangelegd op de dijk (de dijk komt ten westen van de spoorlijn te liggen).

Bepaling van de baten/kostenverhouding zonder aanvullende maatregelen

Het eerstejaarsrendement wordt bepaald door de verwachte jaarlijkse baat te delen door de eerstejaars investeringskosten. Tabel 4.5 toont de eerstejaarsrendementen voor het zichtjaar 2015. Het rendement is sterk afhankelijk van de overstromingskans. Daarom is voor het bepalen van de jaarlijkse baten een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij is uitgegaan van een overstromingskans gelijk aan de norm (1:4.000) en een overstromingskans van 1:10.000, zoals geschat door Klijn et al. (2007).

Op basis van Tabel 4.5 kan worden geconcludeerd dat compartimenteren zonder aanvullende maatregelen, financieel gezien geen aantrekkelijke maatregel is; wanneer het dichtbevolkte compartiment als eerste overstroomt is sprake van een negatieve baat. Wanneer beide compartimenten tegelijk bezwijken zal de baat nagenoeg nul zijn.

Tabel 4.5 Overzicht van het eerstejaarsrendement (referentiejaar 2015) en het rendement in zichtjaar 2040

zichtjaar overstromingskans tracé	B/K (2015) 1:4000	B/K (2015) 1:10000	B/K (2040) 1:4000	B/K (2040) 1:10000
tracé 1 – A27	-0,24	-0,10	-0,4	-0,16
tracé 2 – ZZ Flevoland	-0,24	-0,10	-0,27	-0,11
tracé 3 – oostkant A6	-0,31	-0,12	-0,54	-0,22
tracé 4 + 1 – Hoge Ring	-0,18	-0,07	-0,37	-0,15
tracé 5 + 1 – spoorlijn	-0,14	-0,06	-0,1	-0,04
tracé 5 + 4 – spoorlijn	-0,09	-0,04	-0,22	-0,09

Bepaling van de baten/kostenverhouding met normdifferentiatie als aanvullende maatregel

Uit voorgaande beschouwingen is gebleken dat compartimenteren zonder dat dit gecombineerd wordt met versterking van de primaire kering van het dichtbevolkte compartiment niet rendabel is. In dat geval kan de dijk immers nog steeds bezwijken aan de kant van het te beschermen gebied. Tabel 4.6 toont de geraamde investeringskosten voor de onderzochte compartimenteringsdijken in combinatie met de kosten voor het ophogen van de primaire kering bij Almere. Laatstgenoemde kosten zijn slechts zeer globaal geraamd door een vast bedrag van 5 miljoen euro per kilometer dijk lengte te hanteren. De totale kosten moeten daarom worden gezien als een orde van grote en niet als een nauwkeurige raming.

Tabel 4.6 Globale kostenraming (in miljoen euro) van de onderzochte tracés zonder en met versterking van de kering bij Almere

tracé	compartimenterings- dijk	ophogen primaire kering Almere ¹	totaal
tracé 1 – A27	206	144	350
tracé 2 – ZZ Flevoland	138	208	346
tracé 3 – oostkant A6	174	84	258
tracé 4 + 1 – Hoge Ring	328	61	389
tracé 5 + 1 west – spoorlijn	51	144	195
tracé 5 + 4 – spoorlijn	173	61	234

¹ bij de kostenraming voor het ophogen van de primaire kering is uitgegaan van een vast bedrag van 5 miljoen Euro per km.

Tabel 4.7 toont de eerstejaarsrendementen voor het referentiejaar 2015 en het zichtjaar 2040. Uit deze tabel kan worden geconcludeerd dat compartimentering met versterking van de kering bij Almere in het referentiejaar 2015 economisch gezien geen aantrekkelijke maatregel is. In 2040 neemt de aantrekkelijkheid sterk toe als gevolg van economische groei en de uitbreiding van Almere.

De berekende baten/kostenverhoudingen zijn sterk afhankelijk van de overstromingskans (Tabel 4.7). Ook wordt opgemerkt dat het rendement van compartimentering in combinatie met partiële verhoging van de primaire waterkering in bijna alle gevallen kleiner is dan het rendement als uitsluitend de primaire waterkering wordt verhoogd. Deze vergelijking maakt geen onderdeel uit van het hoofdrapport, maar is wel terug te vinden in het casestudierapport Zuidelijk Flevoland. Dat rapport bevat meer informatie over alternatieve maatregelen om de overstromingskans, de blootstelling en/of de kwetsbaarheid van het gebied te beperken.

Tabel 4.7 Overzicht van het eerstejaarsrendement (referentiejaar 2015) en het rendement in zichtjaar 2040, bij een overstromingskans gelijk aan de norm en volgens Klijn et al. (2007)

zichtjaar overstromingskans tracé	B/K (2015) 1:4000	B/K (2015) 1:10000	B/K (2040) 1:4000	B/K (2040) 1:10000
tracé 1 – A27	0,24	0,10	0,67	0,27
tracé 2 – ZZ Flevoland	0,25	0,10	0,75	0,30
tracé 3 – oostkant A6	0,27	0,11	0,72	0,29
tracé 4+1 – Hoge Ring	0,21	0,08	0,60	0,24
tracé 5+1 – spoorlijn	0,42	0,17	1,58	0,63
tracé 5+4 – spoorlijn	0,42	0,17	1,00	0,40

4.3.7 Conclusies en aanbevelingen

Doel van de studie is om na te gaan of compartimentering van Zuidelijk Flevoland een aantrekkelijke maatregel is om de gevolgen van een overstroming in dit gebied te beperken en zo ja, onder welke voorwaarden.

Op basis van een globale kostenraming en schatting van de baten kan worden geconcludeerd dat compartimentering, zonder bijkomende maatregelen, economisch gezien geen aantrekkelijke maatregel is.

Compartimentering gecombineerd met versterking van de primaire waterkering rond het dichtstbevolkte compartiment scoort economisch gezien beter.

Het hoogste rendement en de grootste slachtofferbeperking wordt echter, in bijna alle beschouwde situaties, behaald als uitsluitend de primaire waterkering wordt versterkt.

Een aantal maatregelen gericht op beperking van de kwetsbaarheid zijn aangestipt in de uitgevoerde studie. Een nadere verkenning kan wenselijk zijn.

4.4 Centraal Holland

4.4.1 Aard van de casestudie

De verkenning naar compartimentering van het dijkringgebied Centraal Holland behoort tot de compartimenteringstudie en is tevens een project in het kader van het Urgentieprogramma Randstad (UPR). Opdrachtgever voor deze verkenning zijn dan ook de staatssecretaris van V&W en de gedeputeerden 'Water' van de provincies Zuid-Holland en Noord-Holland.

Uit de verkenning naar de kansrijkdom van compartimentering in verschillende dijk-ringen (hoofdstuk 3), kwam Centraal Holland op basis van inwonertal en economische waarde als 'nuttig' en 'kansrijk' naar voren. Het doel van de casestudie Centraal Holland is om te verkennen of compartimenteren van dijkkring 14 inderdaad een zinvolle maatregel is om de gevolgen van een overstroming te beperken en, zo ja, onder welke voorwaarden.

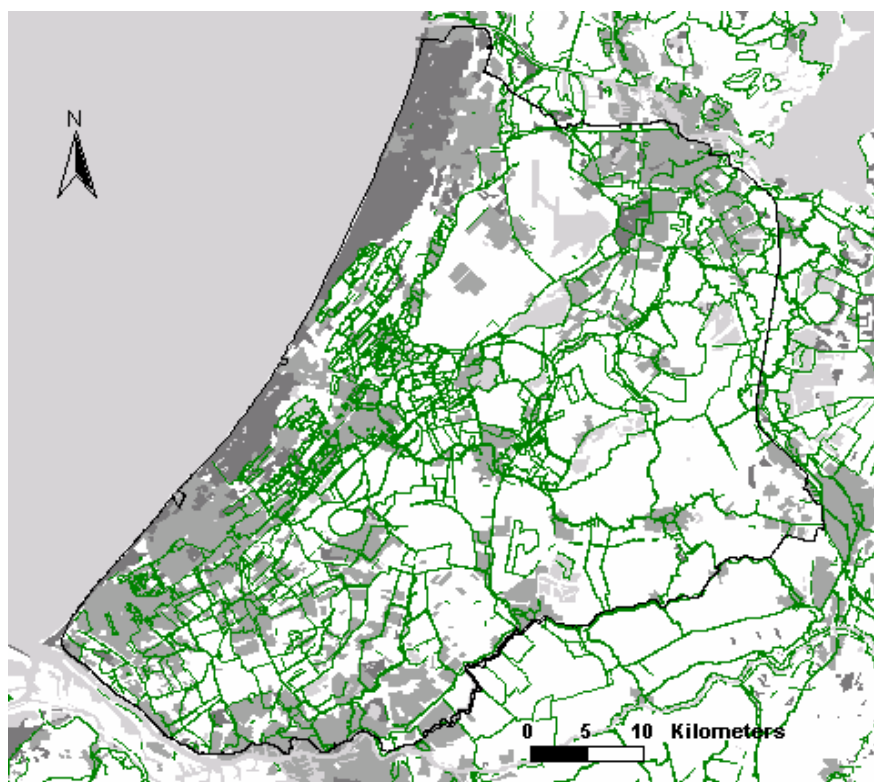
Het karakter van de casestudie is dat van een eerste verkenning. Gekeken is in welk deel van de dijkkring compartimentering zinvol zou kunnen zijn. Ook is gekeken welke tracés hier mogelijk zijn. Het verkennende karakter impliceert dat de tracés nog niet in detail zijn uitgewerkt. De casestudie Centraal Holland wijkt daarmee af van de

casestudies 'Land van Heusden / de Maaskant' en 'Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden', waarvoor die eerste verkenning al heeft plaatsgevonden in het kader van het project Rampenbeheersingstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO).

4.4.2 Kenschets van het gebied

Centraal Holland, ofwel dijkkring 14, ligt in de provincies Zuid-Holland, Noord-Holland en Utrecht. In de dijkkring bevinden zich enkele grote steden, waaronder delen van Amsterdam en Rotterdam, Den Haag, Leiden en Haarlem. De dijkkring is de dichtst bevolkte en economisch meest belangrijke dijkkring van Nederland (Tabel 4.8).

De hoogteligging varieert van meerdere meters boven NAP in de duinen langs de Noordzee tot meer dan zes meter beneden NAP in laaggelegen polders. De dijkkring is omringd door water, waaronder de Noordzee, het Amsterstam-Rijnkanaal, de Hollandsche IJssel en de Nieuwe Waterweg. In de dijkkring bevindt zich een stelsel aan boezemkaden met een kadehoogte rond NAP. De primaire waterkeringen die de dijkkring begrenzen behoren tot categorie a (langs de kust en de Nieuwe Waterweg) en categorie c (langs de Hollandsche IJssel, het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal).



Figuur 4.5 Regionale waterkeringen in Centraal Holland (boezemkaden, landscheidingen, secundaire keringen, etc.). De grens van Centraal Holland is aangegeven met een zwarte lijn.

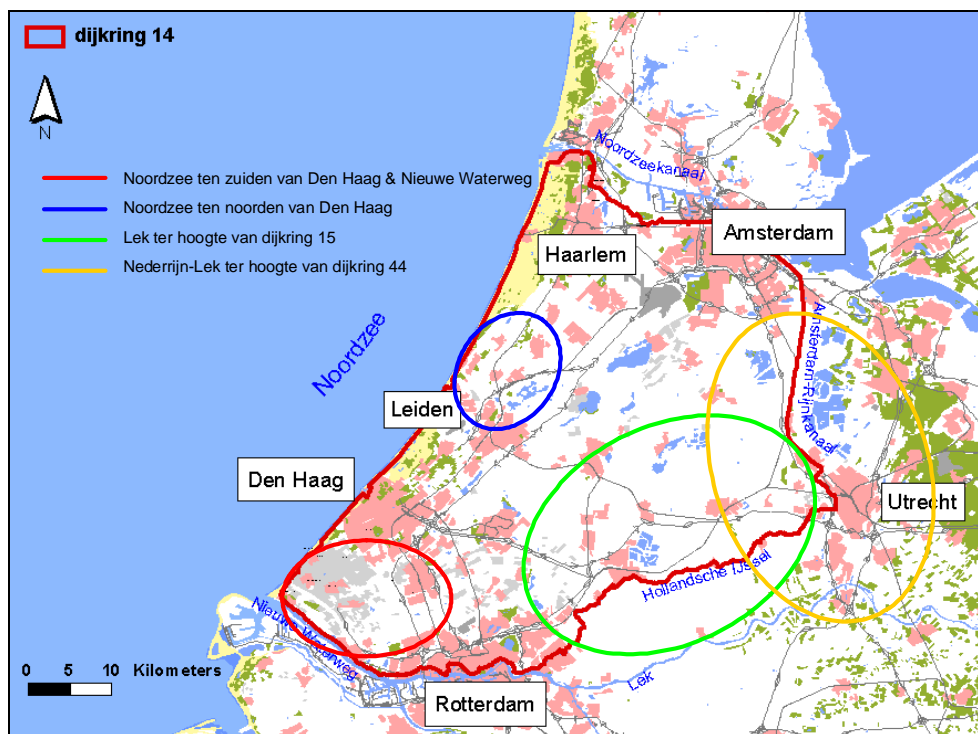
Om dit laaggelegen en economisch waardevolle gebied te beschermen tegen overstromingen is in het verleden al vaker geopperd dat de aanleg van compartimenteringsdijken een zinvolle maatregel zou kunnen zijn (Santema, 1953; TAW, 1973; zie Van Heezik, 2008).

Tabel 4.8 Enkele karakteristieken van dijkkring 14 in het jaar 2005

Totaal oppervlak	225.700 ha
Totale lengte primaire waterkering	236 km
Aantal inwoners	3.600.000
Minimum hoogteligging	NAP -6,7 m
Maximum hoogteligging	NAP +3,0 m
totale WOZ waarde	400 miljard euro

Wanneer gekeken wordt naar de beschikbare overstromingssimulaties van dijkdoorbraken in dijkkring 14 en aangrenzende dijkringen (Melisie, 2006; HKV, 2007) vallen enkele zaken op:

- De categorie c-waterkeringen die dijkkring 14 beschermen bij een doorbraak in de aangrenzende dijkringen 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard) en 44 (Kromme Rijn) zijn onvoldoende hoog om het water langdurig te keren. Ook de bestaande regionale keringen in het zuiden van de dijkkring, die de dijkkring dienen te beschermen bij een doorbraak vanuit de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg, zijn niet in staat het water te keren, maar hebben wel een vertragende werking.
- Hoewel formeel aangewezen compartimenteringsdijken nagenoeg ontbreken, is dijkkring 14 in de huidige situatie toch al gecompartmenteerd. De boezemkaden en overige hogergelegen elementen zorgen er namelijk voor dat bij een doorbraak van de primaire waterkering altijd slechts een deel van de dijkkring onderloopt. Zo wordt het zuidwesten van de dijkkring, het gebied tussen Den Haag en Rotterdam, bedreigd bij een doorbraak vanuit de Nieuwe Waterweg of vanuit de Noordzee ten zuiden van Den Haag, maar niet bij een doorbraak vanuit de Noordzee ten noorden van Den Haag. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 4.6.



Figuur 4.6 Indicatie van het gebied dat overstroomt vanuit verschillende doorbraaklocaties

Bij de beschikbare overstromingssimulaties is aangenomen dat de in het gebied aanwezige boezemkaden tijdens een overstroming niet bezwijken. In dat geval lijken de meest kwetsbare gebieden en objecten in Centraal Holland in de huidige situatie al redelijk goed beschermd tegen overstromingen. De kernen van veel steden die op korte afstand van de primaire waterkering liggen, liggen relatief hoog. Denk hierbij bijvoorbeeld aan Den Haag, Haarlem en delen van Rotterdam. Lager gelegen woonwijken, bijvoorbeeld aan de zuidkant van Den Haag, kunnen wel overstroomd worden. Schiphol overstroomt niet bij een doorbraak van de primaire waterkeringen, zolang de dijken langs de ringvaart van de Haarlemmermeer niet bezwijken.

Voor Schiphol en veel andere kwetsbare gebieden geldt echter dat zij mogelijk wel overstroomd worden wanneer boezemkaden en andere aanwezige keringen bezwijken. De standzekerheid van boezemkaden en van infrastructurele werken is onzeker. Indien ze bezwijken zal een groter gebied overstroomd worden dan aangegeven in Figuur 4.6.

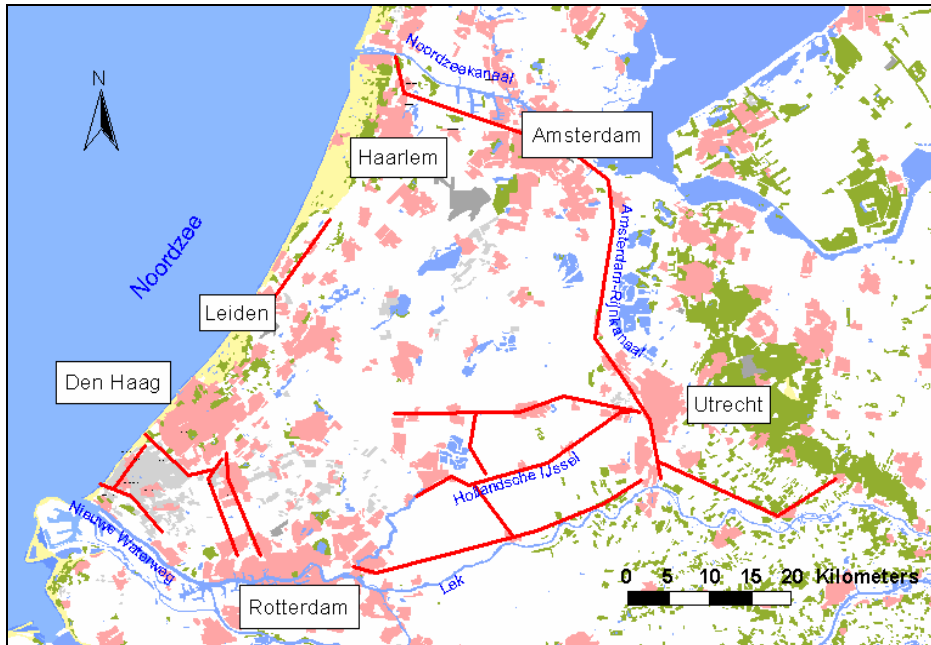
Indien de gehele dijkkring zou overstroomd worden zou de potentiële schade op dit moment ruim 400 miljard euro bedragen. Het potentieel aantal getroffen personen is 3,3 miljoen. In de onderzochte overstromingsscenario's overstroomt altijd slechts een deel van de dijkkring. Bij een doorbraak onder maatgevende condities varieert de berekende economische schade van 2,5 miljard euro bij een doorbraak vanuit de Nieuwe Waterweg bij Maasvluis tot ruim 18 miljard euro bij een doorbraak vanuit de Lek bij Lopik (dijkkring 15).

4.4.3 Alternatieve tracés

De ontwikkeling en beoordeling van mogelijke locaties voor compartimenteringsdijken in Centraal Holland heeft plaatsgevonden in drie stappen:

1. Op basis van reeds beschikbare overstromingssimulaties en inzicht in kwetsbare gebieden is in overleg met de begeleidingsgroep een aantal zoekgebieden gedefinieerd. Dit zijn:
 - het zuidwesten van de dijkkring tussen Rotterdam en Hoek van Holland en tussen Hoek van Holland en Den Haag;
 - het westen van de dijkkring tussen Katwijk en Noordwijk;
 - het zuidoosten van de dijkkring nabij de Hollandsche IJssel en het Amsterdam-Rijnkanaal.

Hier zijn mogelijke tracés geschetst. Uit kostenoverwegingen en uit oogpunt van landschappelijke inpassing is daarbij rekening gehouden met bestaande of geplande infrastructuur. De geïnventariseerde tracés zijn weergegeven in Figuur 4.7.



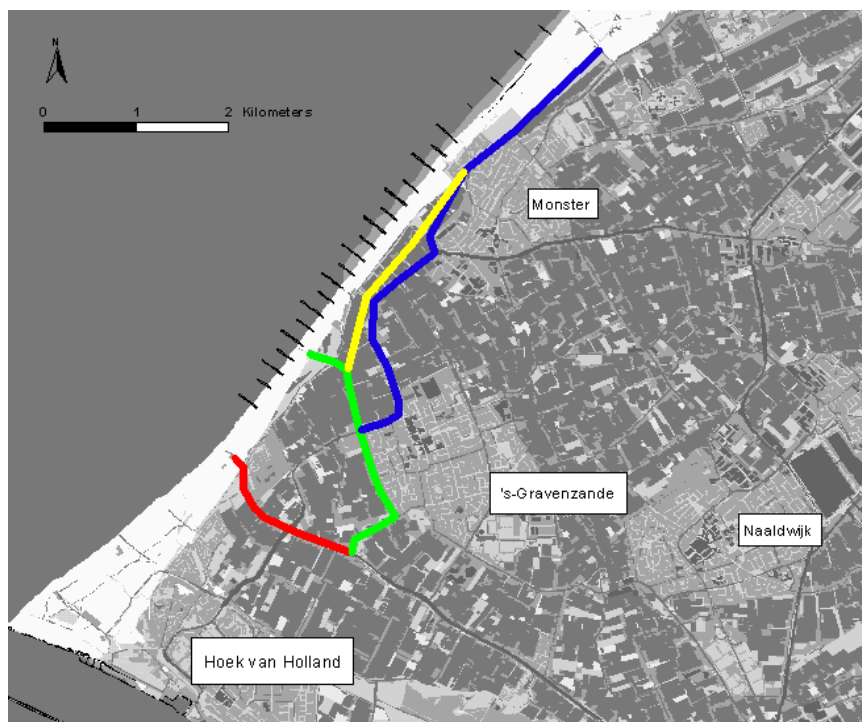
Figuur 4.7 Indicatie van de globaal verkende tracés

- 2 De mogelijke tracés uit stap 1 zijn beoordeeld op basis van een zeer globale kosten-batenanalyse. Hierbij zijn de kosten voor aanleg bepaald op basis van een vast bedrag per kilometer aan te leggen dijk, zonder rekening te houden met het benodigd aantal kunstwerken, of het te slopen aantal huizen. De baten zijn gelijk gesteld aan de vermeden schade aan de benedenstroomse kant van de compartimenteringskering. Een eventuele toename in de schade door grotere waterdiepten bovenstrooms van de kering is hierbij buiten beschouwing gelaten.
- 3 Voor de meest nuttige en/of kansrijke tracés is een uitgebreidere beoordeling uitgevoerd. Deze worden kort besproken.

Ophoging van het westelijke deel van de Oude Maasdijk

De Oude Maasdijk is een voormalige primaire waterkering die als regionale kering in stand is gehouden. Tijdens een overstroming is het westelijke deel van de Oude Maasdijk echter te laag om het water volledig te keren. Ophogen van het westelijk deel van de Oude Maasdijk kan op twee manieren (Figuur 4.8):

- via de Zijdijk en de Zanddijk (groen);
- doortrekken van de N211 naar Vluchtenburg (rood).



Figuur 4.8 Onderzochte tracés tussen Hoek van Holland en Den Haag: ophoging N211 (blauw), secundaire kering ten westen van de N211 (geel), ophogen westelijk deel van de Oude Maasdijk via de Zijdijk en de Zanddijk (groen), via een dijkje naar Vluchtenburg (rood)

Secundaire waterkering tussen Hoek van Holland en Den Haag

Om de gevolgen van een mogelijke doorbraak tussen Hoek van Holland en Ter Heijde te beperken is een compartimenteringsdijk parallel aan de kust onderzocht. Het westelijk deel van de Oude Maasdijk dient dan te worden opgehoogd en een nieuwe dijk moet worden aangelegd over het tracé van de N211 (blauwe lijn in Figuur 4.8). Deze dijk loopt ten westen van 's-Gravenzande, maar deels door Monster.

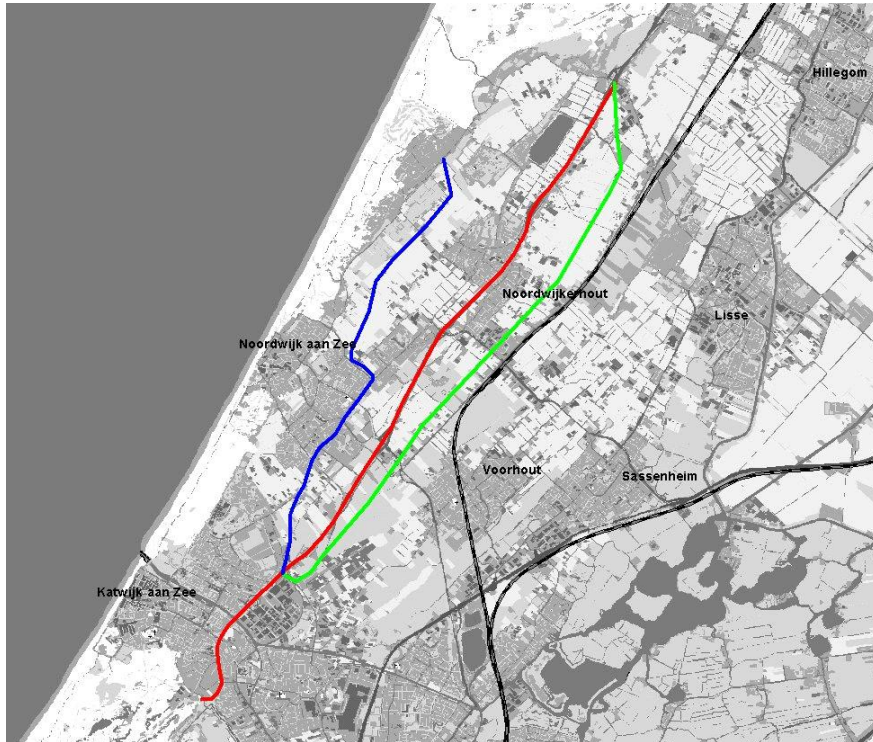
De landschappelijke inpassing van het tracé via de N211 is ongunstig omdat zich langs de weg veel lintbebouwing bevindt. Het tracé ten westen van de N211 (gele lijn in Figuur 4.8) kent dit probleem in veel mindere mate. De meest gunstige landschappelijk inpassing is over het bestaande fietspad langs het kassengebied aan de oostkant van de duinen, dat aansluit op de huidige slaperdijk. In dat geval is echter eerder sprake van versterking van de primaire waterkering dan van compartimentering.

Secundaire waterkering tussen Katwijk en Noordwijk

De onderzochte secundaire kering bij Katwijk loopt via de N206. Deze weg loopt parallel aan de Noordzeekust ter hoogte van Katwijk en Noordwijk en doorkruist de plaatsen Katwijk en Noordwijkerhout. De N206 verbindt twee hoger gelegen (duin)gebieden. Er is dan ook voor gekozen om de compartimenteringsdijk in het zuiden aan te laten sluiten op de hoger gelegen gronden bij het kruispunt met de N441. In het noordelijke deel loopt de compartimenteringsdijk via de weg 'Vogelaardreef' om daarna in het hoger gelegen gebied te eindigen. De lengte van het compartiment is ongeveer 15 km.

Naast het tracé van de N206 zijn nog twee aanvullende tracés bestudeerd:

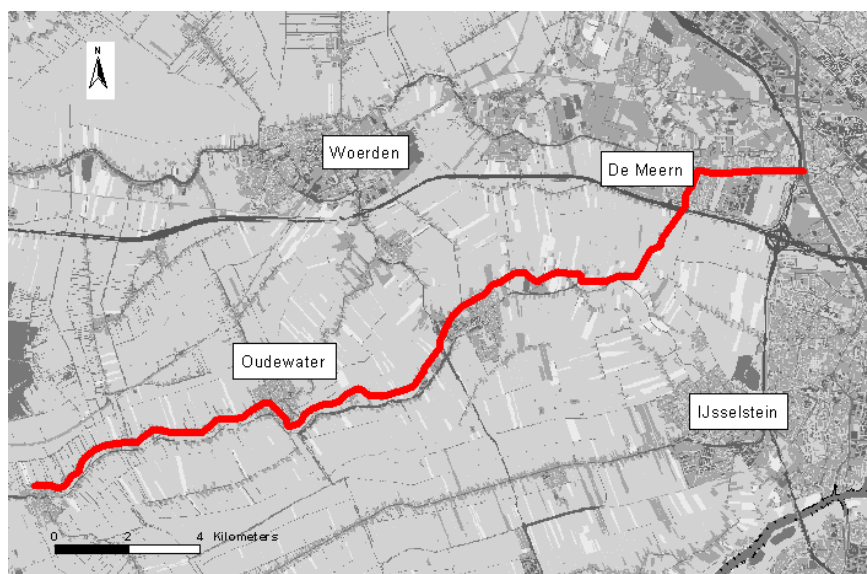
- tracé ten oosten van de N206 (meer door open gebied, maar wel door landschappelijk waardevolle bollenvelden);
- tracé tussen de N206 en de duinen (hoeft minder hoog te worden aangelegd t.o.v. omringend maaiveld en is daardoor makkelijker inpasbaar in het landschap).



Figuur 4.9 Onderzochte tracés voor een compartimenteringsdijk tussen Katwijk en Noordwijk: ophoging N206 (rood), nieuw aan te leggen kering tussen de N206 en de duinen (blauw), nieuw aan te leggen kering ten oosten van de N206 (groen).

Ophoging van de dijken langs de Hollandsche IJssel

Het onderzochte tracé is aangegeven in Figuur 4.10 en bestaat uit de noordelijke dijk langs de Hollandsche IJssel. Het tracé valt samen met de primaire categorie c-waterkering, via De Meern richting Utrecht. De dijk loopt door historische kernen waaronder die van het stadje Oudewater. De dijk zelf is een waardevol object vanwege haar oorspronkelijke karakter met betrekking tot de hoogte, de steilheid en de combinatie met boerenerven langs de dijk.

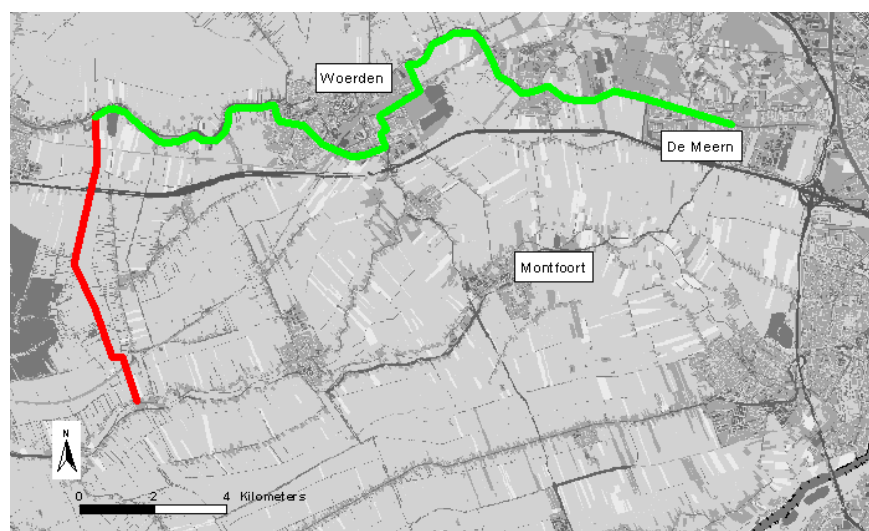


Figuur 4.10 Noordelijke kering langs de Hollandsche IJssel: de huidige grens tussen dijkkring 14 en 15

Omdat ophoging van de dijken langs de Hollandsche IJssel naar verwachting zal leiden tot hogere waterstanden in dijkkring 15 is ook gekeken naar het effect van uitlaatwerken in het westen van dijkkring 15. Het idee is dat de uitlaatwerken er voor zorgen dat water uit dijkkring 15 terug kan stromen naar de Lek of de Nieuwe Maas zodra de waterstand buitendijsk lager is dan binnendijsk.

Ophoging van de Prinsendijk en de dijken langs de Oude Rijn

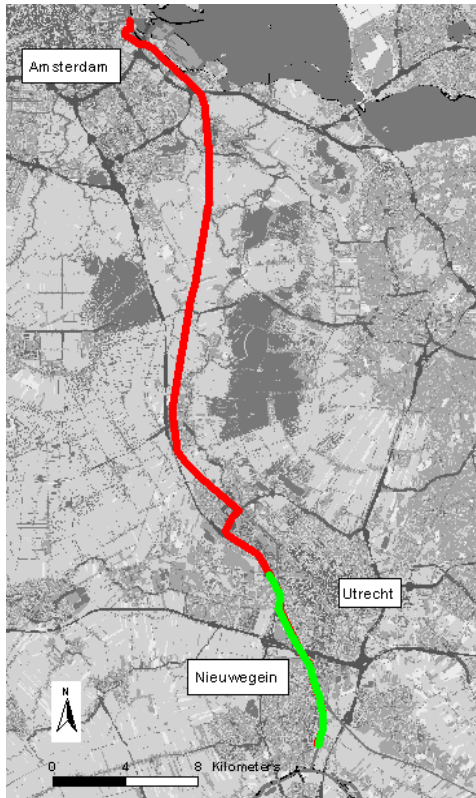
Het onderzochte tracé is aangegeven in Figuur 4.11 en bestaat uit de Prinsendijk en het oostelijk deel van de Oude Rijn. Langs de Oude Rijn bevinden zich verschillende plaatsen zoals Bodegraven, Woerden en De Meern. De ruimte voor verbreding is vaak ook beperkt door bebouwing langs de dijk. De Prinsendijk maakt onderdeel uit van de Hollandsche Waterlinie en doorkruist open polderlandschap.



Figuur 4.11 Ligging van de Prinsendijk (rood) en het oostelijke deel van de Oude Rijn dijk (groen)

Ophoging van de dijken langs het Amsterdam-Rijnkanaal

Bij een doorbraak van dijkkring 44 vanuit de Nederrijn-Lek wordt Centraal Holland bedreigd door water dat over de dijken langs het Amsterdam-Rijnkanaal stroomt (categorie c-kering). Ophoging van de westelijke dijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal is een voor de hand liggende maatregel. Het tracé is aangegeven in Figuur 4.12. Omdat het meeste water ten zuiden van Utrecht over het Amsterdam-Rijnkanaal stroomt is bij de beoordeling van het tracé onderscheid gemaakt in het deel ten noorden en het deel ten zuiden van de spoorlijn Utrecht-Woerden. Langs het traject liggen bebouwing en industriegebieden. Ook de spoorlijn Utrecht-Amsterdam bevindt zich op korte afstand van het kanaal.



Figuur 4.12 Ligging van het tracé langs het Amsterdam-Rijnkanaal ten noorden van de spoorlijn Utrecht-Woerden (rood) en ten zuiden daarvan (groen)

4.4.4 Verkenning van inpasbaarheid

Bij de casestudie Centraal Holland is sprake van een eerste verkenning naar de kansrijkdom van compartimentering. Een ontwerpend onderzoek zoals uitgevoerd bij de casestudies Betuwe, Tiel- en Culemborgerwaarden en het Land van Heusden / de Maaskant heeft hier daarom niet plaatsgevonden. Wel is bij de verschillende tracés gekeken of en hoe ze ruimtelijk inpasbaar zijn. Veel van de gekozen tracés vallen samen met bestaande dijklichamen of wegen. Dit blijkt echter veel problemen te geven met betrekking tot de landschappelijk inpasbaarheid. Zo bevindt zich veel lintbebouwing langs de N211 (Hoek van Holland – Den Haag). De bebouwing langs de dijken van de Hollandsche IJssel en de Oude Rijn is nog dichter. Hier kruist het tracé verscheidene dorpen.

Enkele polders zijn minder dicht bebouwd, waar dit argument vervalft. Het grootste probleem van het inpassen van dijken in open polders is dat het karakter van het open polderlandschap wordt aangetast. Dit is onder meer het geval bij de Prinsendijk.

In een aantal gevallen is een bestaande dijk zelf van grote culturele waarde (denk bijvoorbeeld aan de Prinsendijk die deel uitmaakt van de Nieuwe Hollandse waterlinie) of kruist de aan te leggen dijk een gebied met hoge LNC-waarden (denk bijvoorbeeld aan de bollenvelden nabij Noordwijk).

Geconcludeerd kan worden dat het landschappelijk inpassen van een compartimenteringsdijk in Centraal Holland niet eenvoudig is omdat het gebied hetzij dicht bebouwd is, hetzij het karakter van het landelijke gebied dreigt te worden aangetast.

4.4.5 Verkenning van effectiviteit

Tabel 4.9 toont het effect van de compartimenteringsdijken op de verwachte economische schade. In de meeste gevallen neemt de schade af. Bij ophoging van de Prinsendijk en de Oude Rijndijk is de afname verwaarloosbaar. In het geval van ophoging van de dijken langs het Amsterdam-Rijnkanaal is echter sprake van een toename van de economische schade. De ophoging leidt tot een iets groter overstroomd oppervlak en iets grotere waterdiepten in de aangrenzende dijkring 44. De afname aan schade in dijkring 14 weegt dan niet op tegen de toename van de schade in dijkring 44.

Ook bij de overige tracés is sprake van grotere waterdiepten bovenstrooms van de compartimenteringsdijk. De toename in de schade bovenstrooms is echter kleiner dan de afname benedenstrooms. Wel wordt opgemerkt dat door de grotere waterdieptes en stijgsnelheden bovenstrooms van de secundaire keringen het slachtofferrisico hier toeneemt. Dit geldt onder meer voor de secundaire keringen langs de kust tussen Hoek van Holland en Den Haag en de secundaire kering bij Katwijk. De inwoners van het kleine bovenstroomse compartiment dienen dus preventief te worden geëvacueerd. Het gaat hierbij om een relatief klein aantal mensen die bovendien over slechts een korte afstand moeten worden geëvacueerd. Evacuatie lijkt daardoor eenvoudiger dan in de huidige situatie waarbij het om een veel grotere groep mensen gaat die over grotere afstanden geëvacueerd moeten worden.

Tabel 4.9 Overzicht van de economische schade zonder en met compartimenteringsdijk

		schade zonder comp. (miljard euro)	schade na comp. (miljard euro)
Oude Maasdijk	Vluchtenburg	2,8	1,0
	Zijdijk-Zanddijk	2,8	1,0
H. v. Holland - Den Haag	N211	7,5	0,6
	west N211	7,5	0,6
Katwijk	N206	8,0	2,9
	oost N206	8,0	2,9
Hollandsche IJssel	zonder uitlaatwerk	21,8	19,7
	met uitlaatwerk	21,8	12,5
Prinsendijk en Oude Rijndijk		21,8	21,7
Amsterdam-Rijnkanaal	geheel	15,0	15,4
	Z. van Utrecht	15,0	15,6

4.4.6 Vergelijking van tracés

Tabel 4.10 geeft een overzicht van de investeringskosten, de verwachte jaarlijkse economische baat en het eerstejaarsrendement in 2015 voor alle onderzochte tracés.

Tabel 4.10 Overzicht van kosten, baten en het eerstejaarsrendement in het referentiejaar 2015.

		jaarlijkse baat (miljoen euro per jaar)	investerings- kosten (miljoeneuro per jaar)	baten/kosten verhouding (overstr. kans gelijk aan norm)	baten/kosten verhouding (overstr. kans cf. Klijn et al., 2007)
Oude Maasdijk ¹	Vluchtenburg	0,2	0,4	0,62	0,31
	Zijdijk-Zanddijk	0,2	0,4	0,56	0,28
H. v. Holland - Den Haag ²	N211	0,7	2,6	0,26	0,13
	west N211	0,7	2,3	0,30	0,15
Katwijk	N206	0,5	5,7	0,09	0,05
	oost N206	0,5	6,5	0,08	0,04
Hollandsche IJssel	zonder uitlaatwerk	1,0	7,3	0,14	0,06
	met uitlaatwerk	4,7	7,7	0,61	0,24
Prinsendijk en Oude Rijn dijk		0,1	13,4	0,01	0,00
Amsterdam- Rijnkanaal	geheel	-0,3	3,1	-0,10	0,00
	zuidelijk v. Utrecht	-0,5	1,0	-0,50	-0,01

¹ aangenomen is dat aanvullende maatregelen getroffen zijn om de kans op een doorbraak ten noorden van de Oude Maasdijk te verkleinen of de gevolgen te beperken. Als dit niet het geval is valt de verwachte jaarlijkse baat en daarmee het eerstejaarsrendement ongeveer 50% lager uit.

² aangenomen is dat deze maatregel wordt uitgevoerd in combinatie met het doortrekken van de Oude Maasdijk (deze kosten zijn inbegrepen in de investeringskosten)

Kosten

De investeringskosten voor ophogen van een bestaande dijk of het aanleggen van een nieuwe dijk variëren van 10 miljoen euro voor ophogen van het westelijke deel van de Oude Maasdijk tot bijna 400 miljoen euro voor het ophogen van de Prinsendijk en de dijk langs de Oude Rijn ten oosten van Bodegraven. De kosten per kilometer dijk variëren van 3 miljoen euro tot 14 miljoen euro. Vooral voor het ophogen van dijklichamen waarlangs veel bebouwing aanwezig is, zoals bij de Oude Rijn en de Hollandsche IJssel, zijn de kosten hoog.

Baten

Zoals Tabel 4.9 al aangaf neemt de schade na aanleg van de onderzochte compartimenteringsdijken over het algemeen af. In een aantal gevallen, zoals bij het ophogen van het Amsterdam-Rijnkanaal en het ophogen van de Oude Rijndijk is de afname in de economische schade beperkt tot minder dan 0,1 miljard euro. In andere gevallen, zoals bij het ophogen van de dijken langs de Hollandsche IJssel kan de vermeden schade bij een doorbraak oplopen tot bijna 10 miljard euro.

De vermeden schade bij een dijkdoorbraak wordt vermenigvuldigd met de overstromingskans om te komen tot een jaarlijkse baat. In Tabel 4.10 is de overstromingskans gelijk gesteld aan de veiligheidsnorm. Wanneer de overstromingskans volgens Klijn et al. (2007) wordt gebruikt is de te verwachten jaarlijkse baat nog ongeveer 50% lager. De economische baten van de onderzochte compartimenteringsdijken zijn daarmee relatief laag.

Eerstejaarsrendement

De relatief hoge investeringskosten en de geringe jaarlijkse baat resulteren in een laag eerstejaarsrendement. Een baten/kostenverhouding van minder dan 1 betekent dat de verwachte economische baat niet opweegt tegen de geraamde investeringskosten. Voor het referentiejaar 2015 variëren de baten/kostenverhoudingen van een negatieve waarde tot maximaal 0,6. Dit betekent dat de aanleg van een compartimenteringsdijk in Centraal Holland op dit moment economisch niet aantrekkelijk is. Indien de economische waarde van het gebied in de toekomst verder toeneemt, kan de aanleg van een compartimenteringsdijk wel aantrekkelijk worden.

4.4.7 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Op basis van bovenstaande bevindingen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- in geval van doorbraak van de primaire kering in Centraal Holland loopt het gebied slechts gedeeltelijk onder. Dit geldt voor alle uitgevoerde overstromingssimulaties (overstroming vanuit zee en vanuit de rivieren). Hierin wijkt dit dijkkringgebied essentieel af van vele andere dijkkringgebieden in Nederland. De reeds aanwezige regionale keringen spelen hierbij een belangrijke rol;
- de aanwezige regionale keringen 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 hoewel ze hier niet op zijn ontworpen;
- de primaire c-keringen zijn de achilleshiel van Centraal Holland. De primaire c-keringen bieden dijkkring 14 niet de voorgestane bescherming van 1:10.000. Vanuit de rivieren kan als gevolg hiervan een groot deel van dijkkring 14 overstroomd raken;
- 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 uit de rivier terwijl het in het geval van de kust om een relatief kortdurende stormopzet gaat in combinatie met getijdewerking. Bovendien grenzen aan de rivierdijken, meer dan aan de kust, grote laaggelegen gebieden die gemakkelijk onderlopen;
- op basis van kosten-batenanalyses is *aanvullende* compartimentering als gevolgbeperkende maatregel in Centraal Holland nergens kostendekkend, noch bij overstromingen vanuit zee noch bij overstromingen vanuit de rivieren;
- vanuit maatschappelijk oogpunt kan compartimenteren wel een aantrekkelijke maatregel zijn om vele miljarden euro's schade en honderden tot meer dan duizend dodelijke slachtoffers te voorkomen, ook al is de kans hierop klein;
- indien men overweegt een extra compartimenteringsdijk aan te leggen kan dit in de kustgebieden het beste gebeuren in de vorm van een secundaire kering. Om te voorkomen dat in het kleine bovenstrooms gelegen compartiment veel slachtoffers vallen zijn goede rampenbestrijdingsplannen, waaronder evacuatieplannen, noodzakelijk.

Aanbevelingen

- op basis van deze studie blijkt dat regionale keringen een grote invloed hebben op het overstromingsverloop. Indien men overweegt een regionale kering te slechten dient een onderzoek te worden uitgevoerd naar het nut van de kering;
- door het effect dat sommige regionale keringen hebben op het vertragen of stoppen van de overstroming kan worden overwogen deze een status te geven als compartimenteringsdijk. De standzekerheid van de kering bij belasting vanaf de 'verkeerde' kant dient dan te worden onderzocht;
- het effect van compartimenteringsdijken langs de kust op evacuatiemogelijkheden en het verminderen van het aantal slachtoffers is nog onvoldoende onderzocht¹⁵.

4.5 Land van Heusden / de Maaskant

4.5.1 Aard van de casestudie

Een betere beheersing van de overstromingsrisico's in het rivierengebied en in het bijzonder in de dijkkring Land van Heusden / De Maaskant (hierna te noemen dijkkring 36) heeft de afgelopen vijf jaar veel aandacht gekregen. In 2002 heeft de Commissie Noodoverloopgebieden haar advies uitgebracht. De voorstellen van de Commissie ontmoetten veel weerstand en de plannen zijn voor een deel dan ook weer geschrapt. Alleen het oostelijke deel van het gebied van de voormalige Beersche Maas is in de Nota Ruimte nog gereserveerd voor noodoverloop. De aandacht is vervolgens verschoven naar mogelijke alternatieven voor een noodoverloopgebied, zoals een compartimentering van de dijkkring. Gedachte hierbij is dat compartimenteringskeringen altijd werken, terwijl de werking van noodoverloopgebieden onzeker is.

In de studie Rampenbeheersingstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO) is, in vervolg op het eerder uitgebrachte advies van de commissie Noodoverloopgebieden, een aantal opties verkend om het overstromingsrisico in het rivierengebied beter te beheersen: internationale samenwerking, integrale normverhoging, noodoverloopgebieden en compartimentering. Een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch kwam in de RBSO-studie op basis van een eerste globale verkenning als kansrijk naar voren. De langgerekte vorm van de dijkkring langs de Maas en de ligging van de agglomeratie 's-Hertogenbosch in het diepste gedeelte van de dijkkring dragen bij aan dat oordeel. Om die reden is dijkkring 36 opgenomen als casestudie.

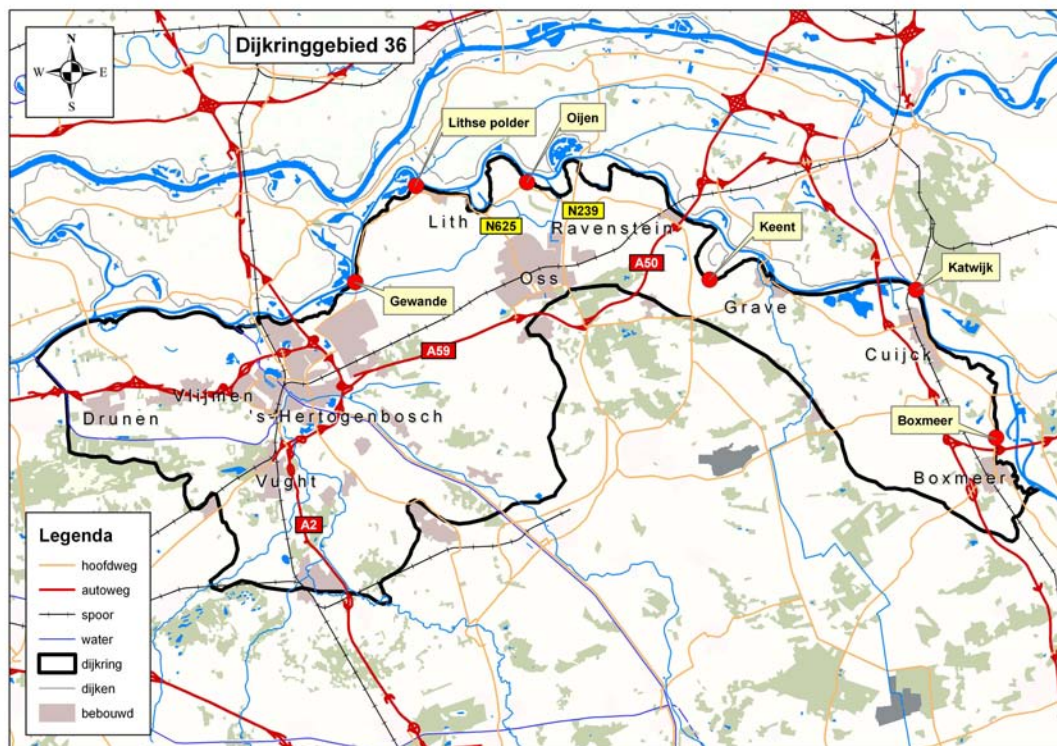
Het doel van de casestudie dijkkring 36 was om meer inzicht te krijgen in de effectiviteit en inpasbaarheid van een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch. De casestudie dijkkring 36 was dus *niet* gericht op een beginselkeuze of een investeringsbeslissing over de aanleg van een compartimenteringsdijk. De studie beoogde slechts om heldere, regionaal gedragen beslisinginformatie bijeen te brengen. Informatie die voldoende ver is uitgewerkt om compartimentering volwaardig te kunnen betrekken in het bredere afwegingskader van de nota Waterveiligheid, waarin ook andere fysieke (en organisatorische) maatregelen ter beheersing van overstromingsrisico's aan de orde zijn.

4.5.2 Kenschets van het gebied

Het dijkkringgebied Land van Heusden/De Maaskant wordt in het noorden begrensd door de Maas. Langs de Maas bevindt zich meer dan 100 km primaire waterkering.

15. Het effect van evacuatie op het aantal slachtoffers wordt onder andere onderzocht in de TMO-studie.

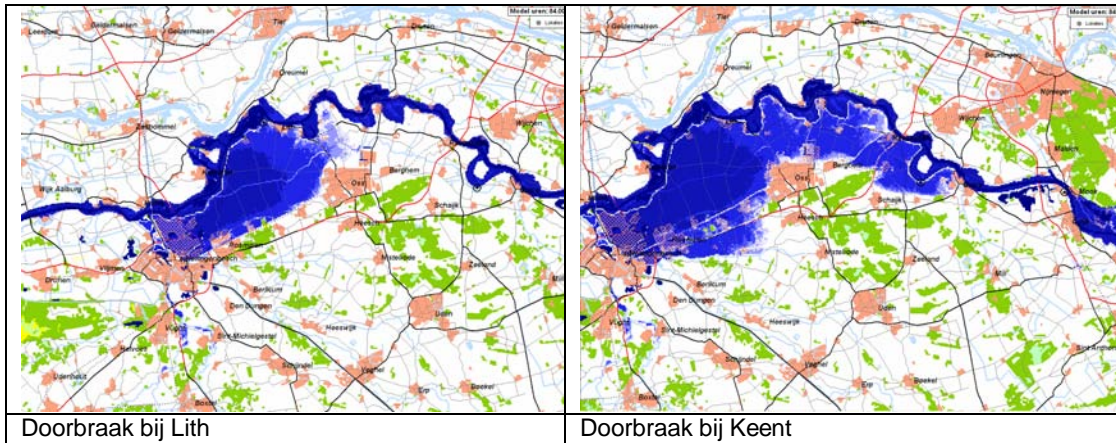
In het zuiden kent het gebied een natuurlijke begrenzing door hoge gronden (Peelhorst etc.). Het gebied helt in twee richtingen. Van de hoge gronden in het zuiden naar de Maas toe en van oost naar west. Bij een overstroming vanuit de Maas bovenstrooms van 's-Hertogenbosch stroomt het water naar de lager gelegen gebieden rond 's-Hertogenbosch.



Figuur 4.13 Topografie van dijkkringgebied 36 (Land van Heusden / Maaskant)

Het gebied is te kenmerken als een landelijk gebied met een beperkt aantal grote steden en veel dorpen. Het grondgebruik in dijkkring 36 omvat voornamelijk landbouw (77%) en stedelijk gebied (10%). De meest schadegevoelige gebieden bij een overstroming zijn de plaatsen 's-Hertogenbosch (uitzondering hierop is de oude hooggelegen binnenstad) en de industrie ten noorden van Oss. De agglomeratie 's-Hertogenbosch is het meest kwetsbaar door de ligging in het diepste deel van de dijkkring; het water kan 4 tot 5m hoog komen te staan.

De omvang van een overstroming wordt in belangrijke mate bepaald door de locatie van de doorbraak in samenhang met de fysisch-geografische kenmerken van het gebied. Figuur 4.14 toont het overstromingspatroon voor twee verschillende doorbraaklocaties: Keent en Lith.



Figuur 4.14 Overstromingspatronen voor een doorbraak van de primaire waterkering op twee mogelijke locaties (onder maatgevende omstandigheden op de Maas)

De agglomeratie 's-Hertogenbosch ondervindt meer schade door een doorbraak bij Keent dan bij Lith ondanks dat Keent meer bovenstrooms is gelegen. De oorzaak hiervan is dat bij een doorbraak bij Keent het instromende water door de helling van het gebied direct in westelijke richting wegstroomt. Er bouwt zich aan de binnenkant van de bres geen tegendruk op die de verdere instroming belemmert. Bovendien is de Maaswaterstand bij Keent vanwege het verhang op de rivier belangrijk hoger. Bij een doorbraak bij Lith stroomt de Lithse polder vol en neemt het verval tussen de Maas en het overstroomde gebied gaandeweg af, waardoor de instroming steeds kleiner wordt.

Tabel 4.11 Schade in dijkkring 36 in miljarden euro's afhankelijk van afvoer op Maas en doorbraaklocatie (voor situatie zonder compartimenteringskering)

Afvoer Maas	Doorbraaklocatie	Keent	Lith
3800 m ³ /s		8,0	3,4
4600 m ³ /s		13,4	5,7

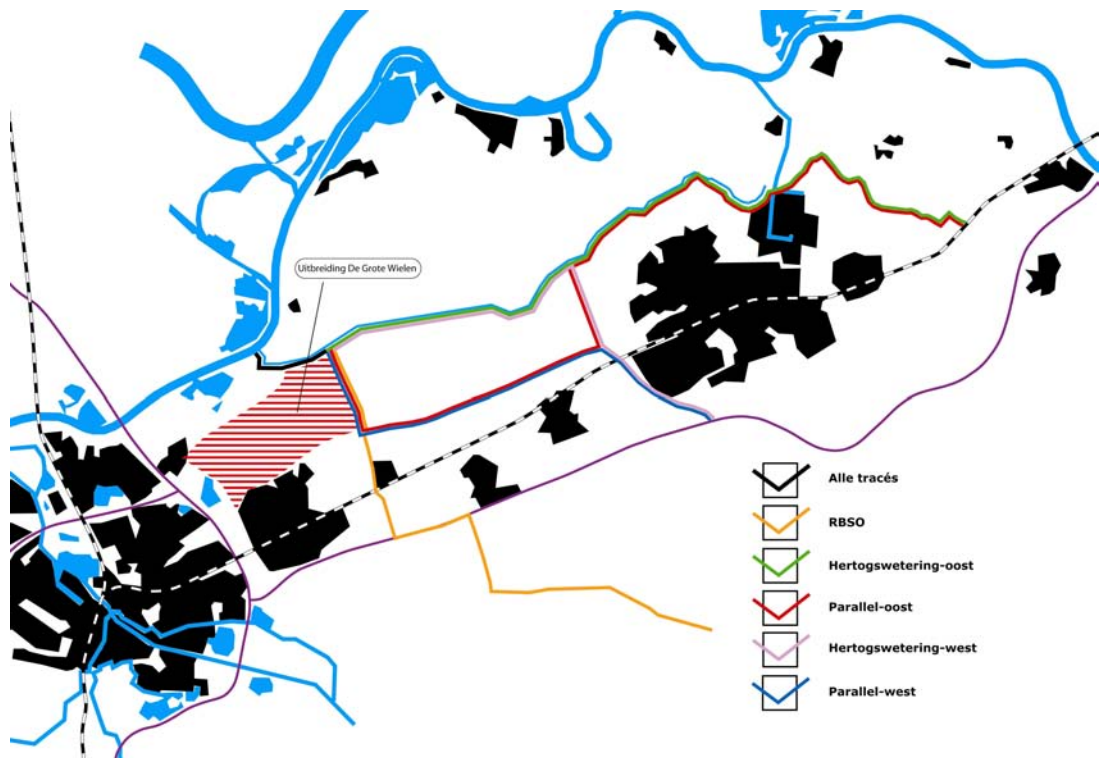
Met behulp van de Standaard Schade en Slachtoffer module van het Hoogwater Informatie Systeem (HIS-SSM) zijn de berekende overstromingsdiepten vertaald in economische schade. Deze analyse is uitgevoerd voor doorbraken bij Keent en bij Lith voor resp. de maatgevende en bovenmaatgevende omstandigheden (zie ook Tabel 4.11). Tabel 4.11 laat zien dat de schade bij een doorbraak bij Keent ruim twee keer zo groot is als bij een doorbraak bij Lith. Een doorbraak onder bovenmaatgevende omstandigheden leidt tot een ca. 50 % hogere schade dan een overstroming onder maatgevende omstandigheden.

4.5.3 Alternatieve tracés

Bij de mogelijke tracés gaat het er allereerst om extra bescherming te bieden aan de agglomeratie 's-Hertogenbosch en de A2, dat wil zeggen dat bij een doorbraak van de primaire keringen langs de Maas bovenstrooms van 's-Hertogenbosch de agglomeratie onder maatgevende omstandigheden zo goed mogelijk wordt gevrijwaard van overstromingen. Hiertoe is van belang dat het tracé waterstaatkundig effectief is.

Waterstaatkundig effectief impliceert ondermeer aantakking van de compartimenteringskering op de primaire waterkering langs de Maas nabij Gewande alsmede aansluiting van de kering op de hoge gronden in het zuiden van het gebied.

Er wordt vanuit gegaan dat de compartimenteringskering wordt aangelegd op 8 m boven NAP. In het noordelijke gedeelte van de dijkkring betekent dit dijkhoogten van ca. 5 m, terwijl in het zuidelijke gedeelte in de nabijheid van de hoge gronden eerder sprake is van kaden met een hoogte van 1 á 2 m.



Figuur 4.15 Overzicht van ontwikkelde tracés voor een compartimenteringskering ten oosten van 's-Hertogenbosch

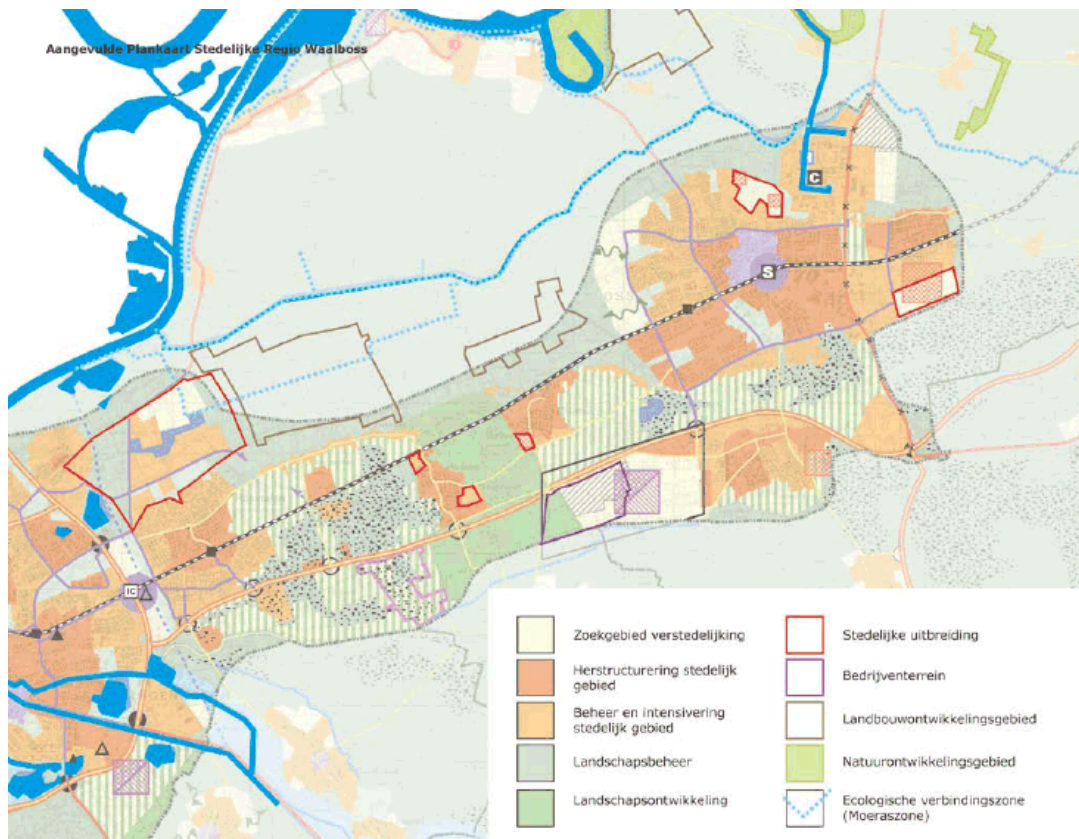
Het noord-zuid lopende tracé uit de RBSO-studie vormde het vertrekpunt voor de case-studie dijkkring 36. In samenspraak met regionale partijen en andere belanghebbenden zijn in een tweetal werkateliers alternatieve tracés ontwikkeld. Het gaat om tracés met een oost-westoriëntatie, die beter aansluiten bij 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 (zie ook Figuur 4.15).

Door de deelnemers aan de werkateliers is nadrukkelijk gewezen op de belangrijkheid van koppeling van de aanleg van een compartimenteringskering aan andere ontwikkelingen in het gebied. Zo'n koppeling werd vanuit bestuurlijk oogpunt cruciaal geacht.

4.5.4 Verkenning van inpasbaarheid

De aanleg van een compartimenteringskering dient zo goed mogelijk bij te dragen aan c.q. aan te sluiten op de regionale ontwikkeling. De hoofdrichting van de ontwikkelingen in het gebied is duidelijk oost-westgeoriënteerd, min of meer evenwijdig aan de loop van de Maas. Ook de infrastructuur (A59, spoorlijn Nijmegen-'s-Hertogenbosch) kent dezelfde oriëntatie.

De meeste stedelijke ontwikkelingen vinden plaats in de nabijheid van bestaande bebouwing (De Grote Wielen bij 's-Hertogenbosch) of langs de snelweg A59 (bedrijventerrein Heesch-West). Tracés met een oost-westoriëntatie, en met name die langs de Hertogswetering, spelen dan ook het best in op de ontwikkeling van de stedelijke regio Waalboss (de regio Waalwijk – 's-Hertogenbosch – Oss); zie ook Figuur 4.16.

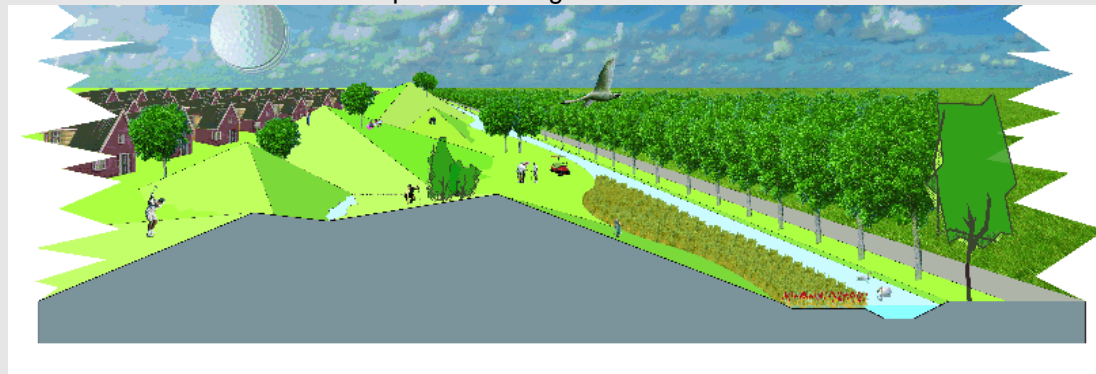


Figuur 4.16 Schets van regionale ontwikkelingen binnen de stedelijke regio Waalboss

Voor elk van de tracés is in beeld gebracht welke mogelijkheden er zijn voor het meekoppelen met gebruiksfuncties 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.

Illustratie van meekoppelkansen

's-Hertogenbosch heeft haar jongste uitbreidingswijk, De Groote Wielen, mede ontworpen op haar relatie met het aanliggend landschap. Met de aanleg van een compartimenteringsdijk, die juist hier haar hoogste punt heeft, verdwijnt De Groote Wielen in haar geheel achter de dijk, wordt deze wijk als het ware van het aanliggend landschap losgesneden. Dit bezwaar kan deels worden ondervangen door de compartimenteringsdijk ter hoogte van De Groote Wielen niet als een dijk maar als een golvend landschap vorm te geven. In plaats van een dijk kan een meer sculpturaal vormgegeven reliëf worden gecreëerd, dat overal de minimum maat haalt om als compartimenteringslichaam dienst te doen.



Dit golvend landschap vormt het stadspark van de 21e eeuw, met paviljoens, golfbanen, vijvers, bosschages en flaneerpromenades, skatehellingen en mountainbikecircuits. Hiermee kunnen landschappen worden gemaakt die we nog niet kennen. Bezwaar hierbij is dat dit aanzienlijk meer ruimte, maar bovenal ook aanzienlijk meer bouwstof vergt.

Tabel 4.12 laat voor verschillende tracés de perspectieven zien voor meekoppeling van functies alsook voor de inpasbaarheid in het landschap.

Vanuit het oogpunt van inpassing in de ruimtelijke ontwikkeling bestaat er een duidelijke voorkeur voor een tracé dat de Hertogswetering volgt. Een dergelijk tracé kent een helder en eenduidig beeld; het vormt een continue en herkenbare lijn in het landschap door de consequente koppeling aan de wetering. Het is bovendien een tracé dat verschillende meekoppelkansen (natuur, recreatie, wonen, landbouw) biedt. Daarbij volgt het in grote lijnen de historische structuur van de Beerse Overlaat, waardoor het ook vanuit cultuurhistorisch oogpunt verankerd wordt in het landschap.

Tabel 4.12 Beoordeling van tracés op inpassingsmogelijkheden

Aspect Tracé	Perspectieven voor meekoppeling	Landschappelijke inpasbaarheid
RBSO	noord: stadspark langs Grote Wielen; zuid: wandelpad naar Brabantse Wal	verlies relatie tussen Grote Wielen en aanliggend landschap
HW-West	versterking van ecologische structuur; verbeterde ontsluiting van Grote Wielen, westelijke rondweg rond Oss	geeft hernieuwde betekenis aan historische structuurlijn
HW-Oost	versterking van ecologische structuur; mogelijkheden voor recreatieve ontwikkeling	geeft hernieuwde betekenis aan historische structuurlijn
Par-West	verbeterde ontsluiting van Grote Wielen, westelijke rondweg rond Oss	combinatie van essentieel verschillende structurelementen
Par-Oost	nieuwe woonvormen: 'binnenbuitendijks wonen' stadsrand voor 's-Hertogenbosch	combinatie van <i>vee</i> /essentieel verschillende structurelementen

4.5.5 Verkenning van effectiviteit

De aanleg van een compartimenteringskering verkleint het gebied dat bij een doorbraak overstroomt. Tegelijkertijd wordt ook de berging in het overstroomde gebied verkleind, waardoor 'bovenstreams' van de kering grotere waterdiepten zullen optreden dan in de situatie zonder kering. De doorbraaklocatie en het tracé bepalen in welke mate deze effecten zich voordoen. Het RBSO-tracé en het tracé Hertogswetering-Oost vormen daarbij uitersten: bij het RBSO-tracé neemt de berging het minst af en bij het tracé Hertogswetering-Oost het meest.

Voor elk van de alternatieve tracés is de waterstaatkundige effectiviteit van een compartimenteringskering onderzocht. Hierbij is gekeken in welke mate de gevolgen van een overstroming bij de verschillende tracés kunnen worden verkleind. Door aanleg van een compartimenteringskering neemt, afhankelijk van het tracé, de economische schade af tot zo'n 20 – 50 % van de schade zonder kering. De geraamde schade voor de huidige situatie alsmede voor de verschillende tracés is getoond in Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Beoordeling van tracés op bijdragen aan gevolgbeperking

Tracé	Aspect	Dreiging van slachtoffers (% tov huidige situatie)	Aantal getroffen	Schade (miljard euro)
huidige		100	112.000	8,0
RBSO		40	65.000	3,9
HW-West		50	64.000	4,1
HW-Oost		20	20.000	1,5
Par-West		50	64.000	4,1
Par-Oost		20	20.000	1,6

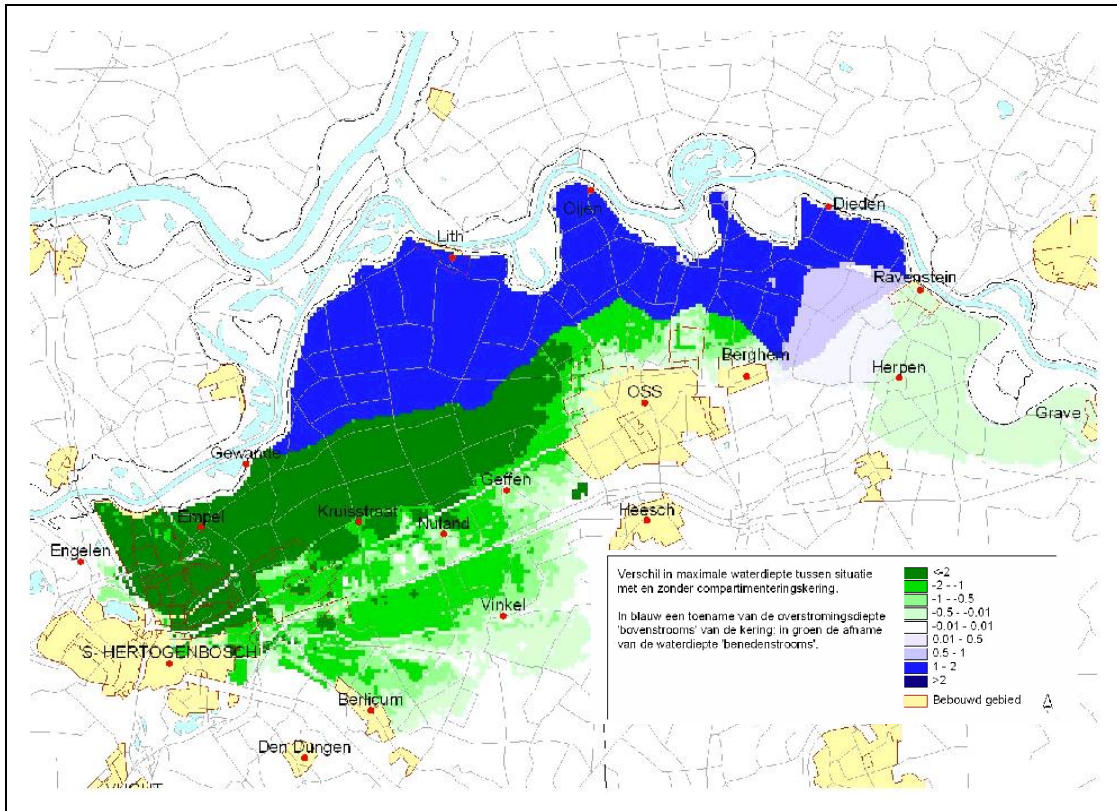
Het verschil in economische schade tussen de situatie met resp. zonder kering vormt de economische baat van de aanleg van een compartimenteringskering. Voor het goede begrip zij opgemerkt dat dit de baten zijn in geval van een overstroming, nog los van de kans van voorkomen.

Het aantal getroffen personen neemt af van iets meer dan 110.000 mensen tot zo'n 20.000 – 65.000 personen, de afname is afhankelijk van het tracé. Binnen het rivierengebied bestaan in beginsel goede mogelijkheden voor een tijdige evacuatie. Het risico op slachtoffers is dan ook beperkt. Dat laat onverlet dat een compartimenteringskering enige invloed kan hebben op het slachtofferrisico, zeker in een situatie dat een evacuatie onverhoopt niet volledig succesvol is. De schattingen van het aantal slachtoffers *zonder evacuatie* laten vergelijkbare afnames zien tot zo'n 20-50 % van de situatie zonder compartimenteringsdijk. Als het gaat om het perspectief van gevolgbepijking scoren de tracés Hertogswetering-Oost en Parallel-Oost het best. Dit is een logisch uitvloeisel van het feit dat bij deze beide tracés het overstromde gebied in geval van een overstroming het meest verkleind wordt.

Ook is in beeld gebracht in welke mate de waterdiepten 'bovenstrooms' van een compartimenteringskering zullen toenemen in geval van een overstroming. De berekeningen laten zien dat door de aanleg van een compartimenteringskering de overstromingsdiepte bovenstrooms van de kering met zo'n 1-2 m toeneemt in geval van een doorbraak bij Keent (zie Figuur 4.17).

Alleen bij het RBSO-tracé waarbij de berging het minst wordt verkleind, is deze toename beperkt tot 0,5 – 1,0 meter. Voor doorbraken bij Lith is het effect van een compartimenteringskering op de overstromingsdiepten 'bovenstrooms' van de kering relatief bescheiden.

Een compartimenteringskering wordt aangelegd voor de toekomst; een kering moet eeuwen mee kunnen. Wat dat betreft is het belangrijk dat de kering ook in de toekomst zijn functie goed kan (blijven) vervullen. Op het punt van robuustheid scoort het tracé Hertogswetering-West relatief het best. Er is weliswaar sprake van een forse afname van berging, maar toch minder dan in de beide oostelijke varianten. Het is bovendien een betrekkelijk kort tracé met weinig coupures en wegovertgangen, wat gunstig is vanuit beheersbaarheid en onderhoudbaarheid.



Figuur 4.17 Verschied in waterdiepte tussen het HW-Oost-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden

4.5.6 Vergelijking tussen verschillende tracés

Kostenraming

De geraamde kosten per tracé zijn getoond in Tabel 4.14; daarbij is onderscheid gemaakt tussen kosten van dijken, van kunstwerken en van wegovertgangen. De kosten zijn exclusief BTW en exclusief de kosten voor eventueel te slopen woningen en eventuele kosten voor planschade en aanverwante kosten.

Tabel 4.14 Globale kostenraming van verschillende tracés

Tracé	Kosten van tracés (miljoenen euro's)				Lengte tracé (km)	Kosten / km (10 ⁶ €/ km)
	Dijken	Kunstwerk	Wegen	Totaal		
RBSO	71	22	20	113	16	6,9
Hertogswetering_oost	99	19	22	141	22	6,4
Hertogswetering_west	70	11	16	96	13	7,7
Parallel_oost	119	15	44	178	26	7,0
Parallel_west	73	7	32	112	13	8,6

Bepaling van de baten/kostenverhouding

Het eerstejaarsrendement betreft de verhouding tussen de gemiddelde jaarlijkse baten en de jaarlijkse kosten. De gemiddelde jaarlijkse baten worden in sterke mate bepaald door de overstromingskans van de dijkkring. Door gebrek aan kennis is de overstromingskans nog onvoldoende nauwkeurig te bepalen. Daarom is voor het bepalen van de jaarlijkse baten een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met schattingen voor de overstromingskans van 1:1.250 (de veiligheidsnorm), 1:2.000 (naar Klijn et al., 2007), resp. 1:2.450 (cf. RBSO) per jaar (Tabel 4.15).

Tabel 4.15 *Baten/kostenverhouding voor verschillende tracés op basis van het eerstejaarsrendement (2015)*

Overstromingskans	1:1.250 per jaar	1:2.000 per jaar	1:2.450 per jaar
Tracé			
RBSO	1,01	0,64	0,51
Hertogswetering_oost	1,29	0,80	0,66
Hertogswetering_west	1,14	0,72	0,58
Parallel_oost	1,01	0,63	0,51
Parallel_west	0,98	0,62	0,50

De tabel laat zien dat de baten/kostenverhouding alleen hoger is dan 1,0 als de overstromingskans relatief groot is, namelijk 1:1.250 per jaar. De berekende baten/kostenverhouding is dan ook met veel onzekerheden omkleed.

Uit oogpunt van kosten en baten scoren de tracés langs de Hertogswetering iets 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. Een dergelijk tracé vormt een continue en herkenbare lijn in het landschap door de consequente koppeling aan de wetering. Het is bovendien een tracé dat verscheidene meekoppelkansen (natuur, recreatie, wonen, landbouw) biedt.

Als het gaat om het perspectief van gevolgbepanking scoren de tracés Hertogswetering-Oost en Parallel-Oost het best. Dit is een logisch uitvloeisel van het feit dat bij deze beide tracés het overstroomde gebied het meest verkleind wordt. Vanuit het oogpunt van robuustheid scoort het tracé Hertogswetering-West het best.

4.5.7 Conclusies en aanbevelingen

Een doorbraak van de primaire waterkeringen langs de Maas kan tot omvangrijke overstromingen leiden. In geval van een doorbraak op het traject van Keent tot Oijen bedraagt de economische schade ca. acht miljard euro en worden meer dan 100.000 mensen getroffen. Door aanleg van een compartimenteringskering kunnen de schade en het aantal getroffen worden gereduceerd tot 20 á 50% van die zonder compartimenteringskering. De reductie is daarbij afhankelijk van het tracé van de compartimenteringskering.

In de casestudie zijn in samenspraak met partijen in de regio vijf alternatieve tracés verkend voor een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch. Behalve het noord-zuidlopende tracé uit de RBSO-studie zijn vier tracés ontwikkeld met een oost-westoriëntatie, die beter aansluiten bij de ontwikkeling van de stedelijke regio

Waalboss (Waalwijk – 's Hertogenbosch – Oss). De tracés zijn beoordeeld op hun effectiviteit en inpasbaarheid.

In de casestudie is geen voorkeur uitgesproken voor compartimentering van deze dijkkring. De studie beoogde immers slechts om heldere, regionaal gedragen beslisisinformatie bijeen te brengen. Om conclusies te kunnen trekken over de wenselijkheid van compartimentering is een bredere afweging nodig. Dat neemt niet weg dat – indien in de toekomst tot compartimentering zou worden besloten – er een voorkeur bestaat voor een tracé langs de Hertogswetering. Die voorkeur is vooral ingegeven door de goede landschappelijke inpasbaarheid en de mogelijkheden tot meekoppeling met gebruiksfuncties in het gebied. Ook vanuit het oogpunt van kosten en baten is een tracé langs de Hertogswetering iets gunstiger dan de andere onderzochte tracés.

4.6 Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden

4.6.1 Aard van de casestudie

De studie Rampenbeheersing Overstromingen Rijn en Maas (RBSO) vormt de directe aanleiding voor de casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden (dijkkring 43) evenals de landelijke analyse naar kansrijkdom (hoofdstuk 3). In de RBSO-studie zijn, in vervolg op het advies van de commissie Luteijn over noodoverloopgebieden, alternatieven verkend om de overstromingsrisico's in het rivierengebied beter te beheersen. Een compartimenteringsdijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal kwam in de RBSO-studie op basis van een eerste verkenning als kansrijk naar voren. Zo'n dijk voorkomt dat dijkkring 43 geheel onder water komt te staan na een onverhoopte dijkdoorbraak langs de Waal, het Pannerdensch Kanaal of de Nederrijn/Lek en reduceert aldus de omvang van de schade en het aantal mogelijke slachtoffers.

Het doel van de casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden was om een diepgaande verkenning uit te voeren naar nut en implicaties van een compartimenteringsdijk in de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden. De casestudie beperkt zich niet alleen tot de zone langs het Amsterdam-Rijnkanaal, maar heeft als zoekgebied voor de compartimenteringsdijk de gehele dijkkring.

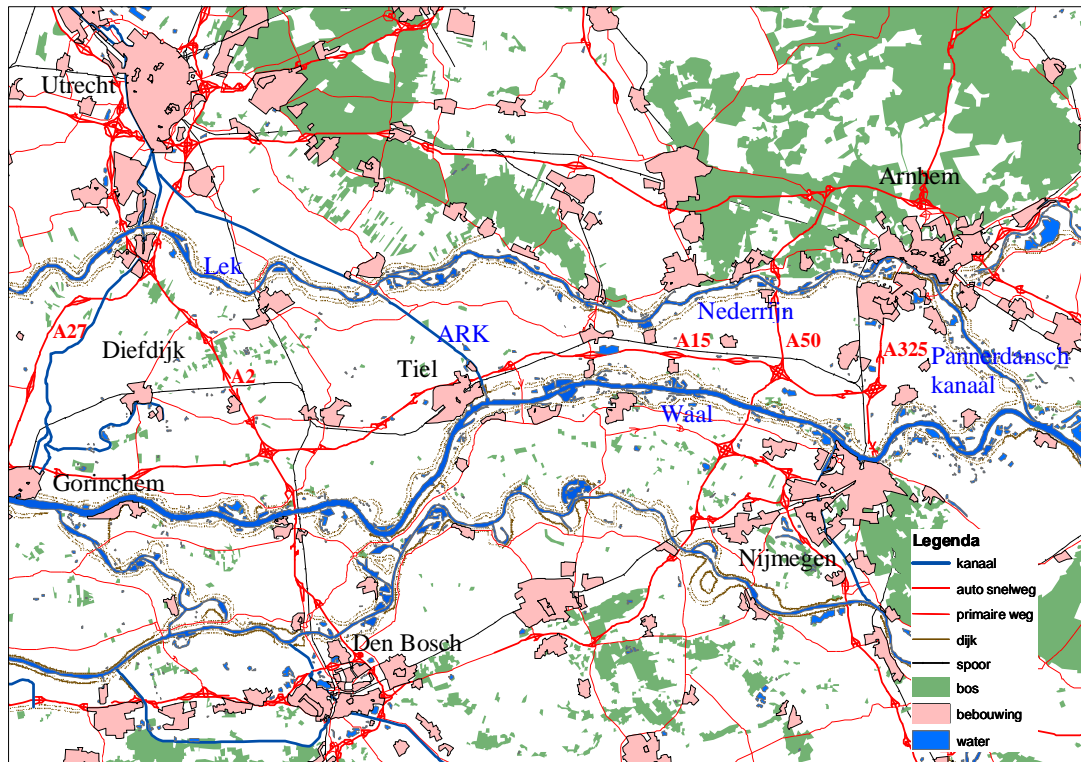
De casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden was erop gericht om heldere en relevante beslisisinformatie bijeen te brengen en niet op een investeringsbeslissing over de aanleg van een compartimenteringsdijk (dus nog geen technisch-ruimtelijk ontwerp). De studie is uitgevoerd in samenspraak met de betrokken regionale instanties en met inbreng van andere belanghebbenden. De Provincie Gelderland was trekker van de casestudie.

4.6.2 Kenschets van het gebied

Dijkkring 43 is gelegen in de provincies Gelderland en Zuid-Holland. Aan de noordzijde wordt het dijkkringgebied begrensd door de Nederrijn en de Lek, aan de oostzijde door het Pannerdensch Kanaal en aan de zuidzijde door de Waal en de Boven-Merwede. Aan de westzijde wordt de dijkkring begrensd door de Diefdijk. De dijkkring helt af in westelijke richting (Figuur 4.18).

Het gebied is te kenschetsen als een landelijk gebied met een aantal grote woonkernen en belangrijke infrastructuur. In het oosten van de Betuwe bevinden zich de uitbreidingsgebieden van Nijmegen en Arnhem (KAN). Belangrijke woonkernen zijn verder Tiel, Gorinchem-oost en Culemborg. In totaal wonen er ca. 300.000 mensen in het gebied.

Het gebied wordt in oost-west richting doorkruist door de A15 en de Betuwespoorlijn en in noord-zuid richting door de A27, A2, A50 en A325. Deze soms wat hoger gelegen lijnelementen, evenals secundaire keringen en kades in het gebied zijn van invloed op het overstromingspatroon; ze vertragen de doorstroming naar lagergelegen gebieden.



Figuur 4.18 Studieggebied Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden (dijkkring 43)

Het oppervlak van het dijkkringgebied is ruim 62.000 ha en de totale lengte van de primaire kering is ca. 195 km. Daarmee is de dijkkring relatief groot in vergelijking tot andere dijkkringen in Nederland. Hij staat in de top 10. Het grote hellende oppervlak, de grote lengte van de primaire kering en de insluiting tussen twee belangrijke rivieren maken de dijkkring kwetsbaar voor overstromingen.

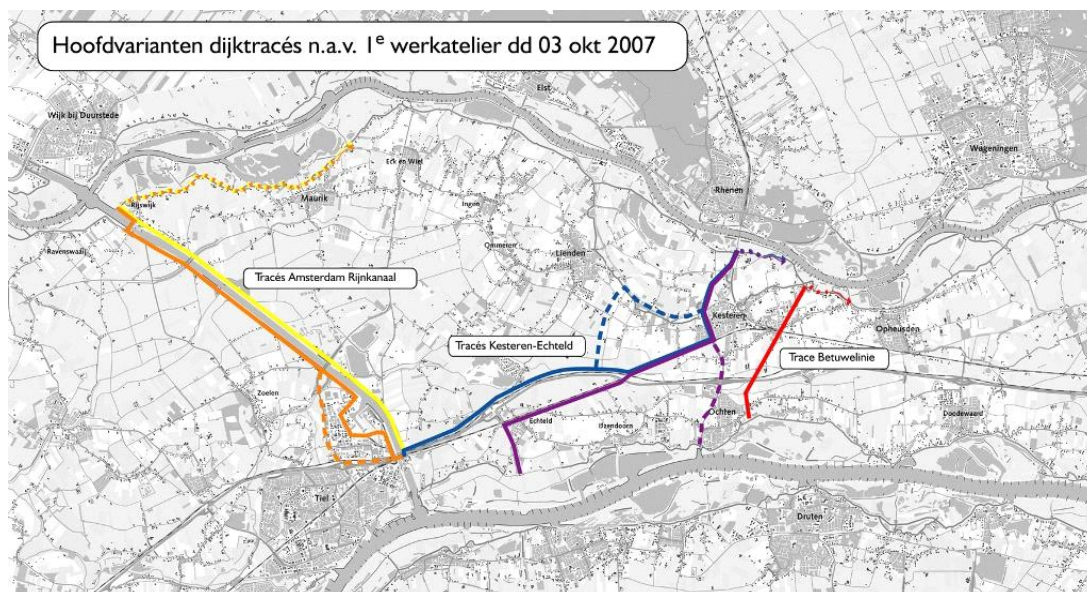
Overstromings simulaties laten zien hoe het gebied overstroomt na een dijkdoorbraak langs de Waal of de Nederrijn. De doorbraaklocaties Bemmelen, Elden en Tiel kunnen als representatief beschouwd worden voor de verschillende riviertrajecten. Als gevolg van een doorbraak in de primaire kering langs de Waal bij Bemmelen overstroomt vrijwel heel dijkkring 43, terwijl na een dijkdoorbraak bij Tiel het deel ten oosten van het Amsterdam-Rijnkanaal droog blijft. Na een dijkdoorbraak bij Elden stroomt ca. 3/4 van het oppervlak van dijkkring 43 onder. De verwachte economische schade wordt geschat tussen de 7 en 19 miljard euro (na een dijkdoorbraak bij Elden resp. Bemmelen), terwijl het aantal getroffen inwoners tussen de 120.000 en 260.000 ligt.

De aanleg van een compartimenteringsdijk in de Betuwe kan de blootstelling aan overstromingen van een groot deel van het gebied verminderen. Omdijken van Gorinchem lijkt vanuit baten/kostenoogpunt niet aantrekkelijk: de beperking van de overstromingsgevolgen heeft effect op een zeer klein gebied, terwijl er forse investeringen moeten worden gedaan.

4.6.3 Alternatieve tracés

In een werkatelier met belanghebbende partijen is gesproken over het nut van compartimenteren van dijkkring 43. Ook is bepaald welke compartimenteringstracés in aanmerking komen voor nadere verkenning, rekeninghoudend met regionale plannen en ontwikkelingen. Aangezien een eerste verkenning op basis van aanwezige overstromings simulaties en een globale kosten-batenanalyse uitwees dat dijktracés in de smalle wespentaille van de Betuwe en/of langs het Amsterdam-Rijnkanaal het meest kansrijk zijn, is dit gebied als zoekgebied gekozen. Met de gebiedskennis van de aanwezige deelnemers zijn de tracévarianten bepaald zoals weergegeven in Figuur 4.19:

- 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.



Figuur 4.19 Drie hoofdvarianten voor compartimentering van de Betuwe, Tiel- en Culemborgervwaarden

4.6.4 Inpasbaarheid

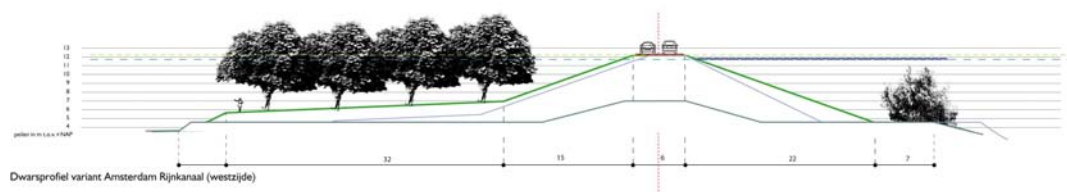
Per tracé zijn de ontwerpgegevens en –oplossingen geïnventariseerd en op kaart aangegeven (zie Ter Maat et al., 2008). Door ontwerp schetsen te maken zijn niet alleen de ontwerpkeuzen inzichtelijk gemaakt, maar kon ook getoond worden hoe (on)aantrekkelijk het landschap zou kunnen worden en was het mogelijk zinvol te communiceren over de ingreep met de meest belanghebbende partijen. De alternatieve tracés worden in de volgende paragrafen beschreven.

Alternatief tracé Amsterdam-Rijnkanaal, westelijke dijk

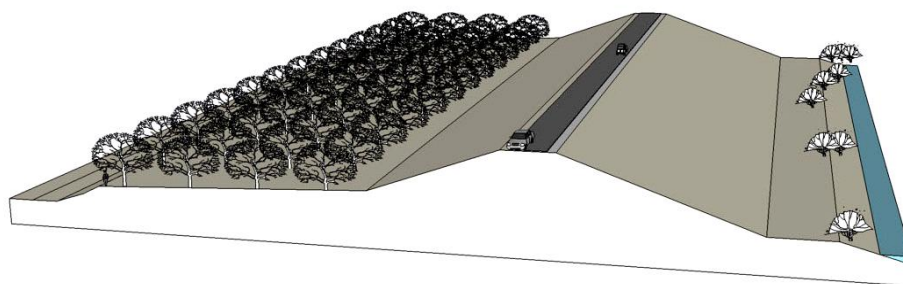
Een mogelijke compartimenteringsdijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal kan het best als 'kanaaldijk' getypeerd worden. Het tracé heeft een praktische inslag: langs het kanaal ligt al een dijk die met een relatief weinig ingrijpende verhoging tot compartimenteringsdijk is om te vormen. Ook zijn de gronden langs het kanaal in eigendom van de staat, wat realisatie eenvoudiger maakt. Tevens kan het kanaal als aanvoerroute van zand en klei gebruikt worden. De westelijke dijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal is in Figuur 4.19 aangegeven met een oranje doorgetrokken lijn.

Het verschil in functionaliteit tussen een dijk aan de westzijde van het kanaal en aan de oostzijde heeft te maken met de rol van de dijk; deze dient veeleer om de Tieler- en Culemborgerwaarden te beschermen dan om water aan de oostzijde te 'bergen'. Tijdige lozing via het Amsterdam-Rijnkanaal is dan gewenst. Indien de dijk aan de westzijde getraceerd wordt kunnen bestaande waterstaatswerken (zoals de schut- en keersluis) optimaal gebruikt worden om het water weer af te laten op de rivier nadat een overstroming heeft plaatsgevonden. Dat is een stuk moeilijker als de dijk aan de oostzijde ligt.

Een nadeel van een dijk langs het kanaal is dat deze de bestaande doorsnijding van de oeverwallen en het open komgebied accentueert.



Figuur 4.20 Voorbeelddoorsnede van een nieuwe compartimenteringsdijk. In lichte tinten zijn het technisch profiel en de huidige kanaaldijk zichtbaar. (Getoond: alternatief tracé Amsterdam-Rijnkanaal westelijke dijk)



Figuur 4.21 Voorbeeldschets van een compartimenteringsdijk (Getoond: alternatief tracé Amsterdam-Rijnkanaal westelijke dijk)

Voorgesteld is om een nieuwe waterkering te maken aan de westzijde van het kanaal (de bestaande dijk dient 5 meter opgehoogd te worden om voldoende waterkerend te zijn) die past bij de stoere dimensies van het kanaal, een eenduidige uitstraling van het lengteprofiel heeft en refereert naar de beeldtaal van de Betuwe. De weg, die nu onderlangs de dijk loopt, kan op de dijk gelegd worden. Nadeel is dat de dijk in het zuiden om of door een bedrijventerrein moet worden gelegd.

Alternatief tracé Kesteren-Echteld

Deze compartimenteringsdijk kan het best als 'infrastructuurdijk' getypeerd worden. Het tracé kwam naar voren na het bestuderen van bestaande grondlichamen in het landschap gecombineerd met de wens om een tracé van noordoost naar zuidwest te laten lopen; dit laatste in verband met de kruinhoogten van de aangrenzende rivierdijken. Dit tracé is in Figuur 4.19 aangegeven met een paars doorgetrokken lijn. Er zijn verschillende varianten mogelijk waardoor het tracé als een soort snoer door het landschap slingert en soms zelfs haakse bochten maakt.

De compartimenteringsdijk bestaat uit het bestaande grondlichaam van de N223 ten westen van Kesteren, die ook over de brug naar Rhenen loopt. Aan de zuidwestzijde van Kesteren doet zich bij de kruising met de spoorlijn Arnhem-Tiel een keuze voor in twee varianten:

- in zuidelijke richting langs de westzijde van Ochten richting de Waalbandijk;
- in westelijke richting evenwijdig aan de spoorlijn.

De westelijke variant geniet de voorkeur, omdat hier de dijk smaller en onopvallender vormgegeven kan worden. De compartimenteringsdijk ligt aan de zuidzijde van de spoorlijn met een fietspad op de kruin.

De gronddepots langs de Betuweroute worden gebruikt om de dijk van te maken. Dit levert meer 'lucht en ruimte' voor het landschap op. Bij de Linge, Betuweroute en A15 komt nu alle grote infrastructuur bij elkaar. De grote infrastructuur wordt allemaal in één keer gekruist bij de A15 en dat leidt tot één groot afsluitbaar waterbouwkundig werk op die plek. Na dit 'werk' wordt de compartimenteringsdijk aan de noordzijde van het spoor getraceerd om de dorpsrand van Echteld te ontzien. Vervolgens wordt aangesloten op het grondlichaam van de N325: de oprit naar de Prins Willem Alexanderbrug.

Alternatief tracé Betuwelinie

Deze compartimenteringsdijk, aangegeven met een rode doorgetrokken lijn in Figuur 4.19, heeft een cultuurhistorische lading en kan getypeerd worden als een Nieuwe Liniedijk. De vroegere dijk was aangelegd met een militair doel, maar hield ook water tegen. De linie is vijftig jaar geleden afgegraven om ruimte te bieden aan agrarische ontwikkelingen, maar is nog steeds herkenbaar in het landschap (verkavelingspatroon, naamgeving straten, kazematten, etc.).

In deze variant wordt de compartimenteringsdijk op het tracé van de Betuwelinie gelegd; dus in een rechte lijn met een knik ter hoogte van de Linge. Daarvoor is wel een breder tracé nodig, omdat de compartimenteringsdijk circa 2 meter hoger is dan vroeger. Het profiel van de compartimenteringsdijk is afgeleid van het oude profiel van de liniedijk met een gedekte weg aan de binnenzijde en een geknikt talud aan de buitenzijde.

Nadeel van dit tracé is dat herstructurering (recreatieterrein, deel industrieterrein, wonen, begraafplaats) plaats moet vinden. Dit biedt echter ook ontwikkelingskansen. Het tracé past namelijk goed in het landschap, doordat het tot een heldere scherpe scheiding tussen woon-/industriëuitbreiding (westzijde) en natuur/open gebied (oostzijde) leidt en op de scheidslijn de cultuurhistorische situatie (oude Betuwelinie) herstelt. De bebouwing ligt daarbij aan de gunstige zijde van de dijk. Het maken van een fietsroute op de compartimenteringsdijk kan de noord-zuidstructuur weer versterken. Deze route zou uitstekend aan kunnen sluiten op de toeristisch-recreatieve structuur van de Grebbelinie.

4.6.5 Effectiviteit

Overstromingspatroon

De overstromingsberekeningen laten zien dat de aanleg van een compartimenteringsdijk ervoor zorgt dat het gebied benedenstrooms van de kering gevrijwaard blijft van overstroming, maar dat de waterdiepten 'bovenstrooms' van een compartimenteringsdijk toenemen. De overstromingsdiepte ter hoogte van de N233 neemt – na een dijkdoorbraak bij Bommel – toe met zo'n 4,5 m als een compartimenteringsdijk wordt gelegd op het Betuwelinietracé, en met 4,0 m als deze wordt aangelegd op het Kesteren-Echteldtracé. Een goede spuiconstructie om water snel terug te leiden naar de rivier kan de maximale waterstand in het gebied echter beperken. Ook kan een spuiconstructie voorkomen dat eventueel water over de Nederrijndijk gaat stromen. Deze suatiewerken zijn echter minder effectief dan doelbewust lozen via de sluisen bij het Amsterdam-Rijnkanaaltracé. Dan blijft de toename van de overstromingsdiepte beperkt tot 0,5 m á 1,5 m afhankelijk van of wordt geloosd naar de Waal danwel naar de Nederrijn. Het voordeel van lozen op de Nederrijn is de grotere spuicapaciteit van de bestaande sluis en de lagere waterstand in de rivier, zodat er meer en eerder kan worden gespuid dan bij de Waal het geval is.

Door de geringere afvoercapaciteit van de Nederrijn moet wel rekening gehouden worden met mogelijke cascaderwerking, zodat het maximumlozingsdebiet gelimiteerd is. Een goede uitlaatconstructie in combinatie met een compartimenteringsdijk is dus belangrijk.

Bijdrage aan gevolgbeperking

Een compartimenteringskering beoogt zowel bij te dragen aan het beperken van economische schade als ook aan beperking van andere gevolgen van overstroom voor de maatschappij. Die bijdrage kan worden afgemeten aan een aantal criteria, waaronder het aantal getroffen, de dreiging van slachtoffers, en de economische schade. Een overzicht van de bijdrage aan de gevolgbeperking is gegeven in tabel 4.16.

Tabel 4.16 Bijdrage aan gevolgbeperking door de alternatieve tracés

Alternatief tracé	Huidige situatie		Betuwelinie		Kesteren-Echteld		ARK-west met sluis naar Waal		ARK-west met sluis naar NR/Lek	
	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E
Doorbraaklocatie (B = Bommel / E = Elden)										
Schade (miljard euro)	26,9	7,8	19,1	7,9	22,3	8,5	12,7	7,1	10,9	6,1
Baten (miljard euro)			7,8	-0,1	4,6	-0,7	14,2	0,7	16,0	1,7
Getroffen inwoners (x 1000 personen)	302	141	161	111	170	96	156	97	155	95
Vershil aantal getroffen (x 1000 personen)			141	30	132	45	146	44	147	46
Slachtoffers (index) (t.o.v. huidige situatie)	100	100	110	150	110	200	40	130	20	100
Toename van overstromingsdiepte bij N233 (t.o.v. huidige situatie) met beperkt suatie (m)			4,5	3,0	4,0	2,5	1,5	1,0	0,5	0,0

4.6.6 Vergelijking van tracés

Kostenraming

Tabel 4.17 geeft een indruk van de investeringskosten die gemoeid zijn met de aanleg van een compartimenteringsdijk. De totale kosten voor het tracé Kesteren-Echteld zijn het hoogst, omdat over de grootste afstand een nieuwe groene dijk moet worden aangelegd die tevens belangrijke verkeersaders kruist (A15, Betuweroute). De kosten voor het tracé ARK-west zijn het laagst per km, omdat de aanwezige dijk langs het kanaal wordt gevolgd en het tracé het eenvoudigst ingepast kan worden.

Tabel 4.17 Globale kostenraming van de alternatieve tracés op basis van RBSO kentallen

Alternatief tracé	Kosten van tracés (miljoenen euro)			Lengte tracé (km)	Kosten per km (mln euro/ km)
	Dijken	Kunstwerken	Totaal		
Betuwelinie	27	54 + p.m.	81	4	20
Kesteren-Echteld	51	94 + p.m.	145	9	15
ARK-west	78	9 + p.m.	87	10	9

* p.m. : Kosten voor een eventuele spuiconstructie zijn nog niet geraamd.

Eerstejaarsrendement

Voor de bepaling van het eerstejaarsrendement van de referentiesituatie moeten de economische baten per overstroming (Tabel 4.16) nog worden omgerekend naar een gemiddelde jaarlijkse baat in het referentiejaar 2015. Daarbij wordt uitgegaan van een jaarlijkse economische groei van 2% en een kans op overstroming voor dijkkring 43 van 1:1.250 (norm) en 1:2.000 (aansluitend op Klijn et al., 2007). De resultaten zijn getoond in Tabel 4.18. Een negatieve waarde betekent dat de situatie verslechtert ten opzichte van de situatie zonder compartimenteringsdijk. De totale jaarlijkse kosten zijn eveneens opgenomen in de tabel.

Tabel 4.18 wijst uit dat de baten/kostenverhouding varieert van ongeveer 0 (dijkdoorbraak bij Elden, relatief weinig water) tot een waarde van 0,5 tot 3,1 (dijkdoorbraak Bemmel, veel water, overstromingskans 1:2.000) afhankelijk van het tracé. Het tracé ARK-west scoort het gunstigst en is voor beide doorbraaklocaties en beide bestaande sluizen positief. Als de kosten voor een aanpassing van de sluizen meegenomen zouden worden in de berekening, zal de verhouding iets kleiner worden, maar is het tracé naar alle waarschijnlijkheid nog steeds het meest kosteneffectief. In het tracé Kesteren-Echteld zijn de jaarlijkse kosten het hoogst en de jaarlijkse baten het laagst, waarmee dit tracé op beide indicatoren het slechtst scoort.

Tabel 4.18 Baten/kostenverhouding voor de alternatieve tracés op basis van het eerstejaarsrendement

Tracé	Jaarlijkse kosten (mln euro/jaar)	doorbraaklocatie	Jaarlijkse baten in 2015 (mln euro/jaar)		Baten / Kosten in 2015	
			kans 1:1.250	kans 1:2.000	kans 1:1.250	kans 1:2.000
Betuwelinie	2,8	Bemmel	7,2	4,5	2,6	1,6
		Elden	-0,16	-0,1	0	0
Kesteren-Echteld	5,1	Bemmel	4,32	2,7	0,8	0,5
		Elden	-0,64	-0,4	-0,2	-0,1
ARK-west, spuien Waal	3	Bemmel	13,28	8,3	4,3	2,7
		Elden	0,64	0,4	0,2	0,1
ARK-west, spui NR/Lek	3	Bemmel	15,04	9,4	5,0	3,1
		Elden	1,6	1	0,5	0,3

Opgemerkt wordt dat de baten/kostenverhouding voor een doorbraak te Bemmel en te Elden apart worden vermeld. Een doorbraak langs de Waal wordt als maatgevend beschouwd. De Waal heeft een hogere afvoer, kent de meeste knelpunten en de waterstand is ruim 1 m hoger dan die op de Nederrijn. Ook kenden de dijken langs de Waal in 1995 piping- en stabiliteitsproblemen. De vraag is welk deel van de 1:2000 dijkkringkans toegekend kan worden aan de verschillende doorbraaklocaties. Uitgaande een verdeling 50% Waal, 20% Pannerdens Kanaal en 30% Nederrijn zou de gewogen gemiddelde baten/kostenverhouding uitkomen op een waarde die ongeveer een factor 2 lager is dan de baten/kostenverhoudingen zoals berekend voor een doorbraak te Bemmel.

Overige criteria

De alternatieve tracés zijn tevens getoetst aan de perspectieven voor meekoppeling van functies, landschappelijke inpasbaarheid, beheersbaarheid en onderhoudbaarheid, gevoeligheid ten aanzien van de hydraulische randvoorwaarden en flexibiliteit. Hierin liggen de toekomstige ontwikkelingen zoals klimaatverandering en verdere verstedelijking alsmede het robuust functioneren van de compartimenteringsmaatregel besloten. Bij de beoordeling van de invloed op de ruimtelijke kwaliteit is onder meer geput uit de informatie die is ingewonnen tijdens het 2^e werkatelier, waarbij belanghebbende partijen uit de regio (gemeenten, etc.) vertegenwoordigd waren. Het resultaat van de kwalitatieve beoordeling is opgenomen in Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Globale kwalitatieve beoordeling tracés op ruimtelijke kwaliteit, robuustheid en flexibiliteit

Beoordelingsaspect	Tracé Betuwelinie	Tracé Kesteren-Echteld	Tracé ARK-west
1. Ruimtelijke kwaliteit			
1.1. Inpasbaarheid	Tracé past goed in landschap, leidt tot heldere scheiding tussen bebouwd en open gebied; bebouwing aan gunstige zijde van de dijk.	Past in lijnstructuur landschap maar tast open landschap in noordelijk richting verder aan.	Compartimenteringsdijk versterkt (aanwezige) tweedeling gemeente Buren door de grotere hoogte van de dijk.
1.2. Meekoppeling	Strakkere scheiding tussen woon- en industrieuitbreidingen (westzijde) en open landelijk gebied (oostzijde).	Dijk kan fungeren als fietsroute en evacuatieleroute; dijk in zoekgebied windmolens gemeente Buren.	Eventueel weg over de dijk, fruitbomen langs de dijk; beleving neutraal.
2. Robuustheid			
2.1 Beheersbaarheid en onderhoudbaarheid	Kent relatief veel coupures	Kent relatief veel coupures, waaronder ingewikkelde kruising A15, Betuweroute, Linge	'Logisch' gelegen naast het Amsterdam-Rijnkanaal, waar al een dijklichaam aanwezig is
2.2. Gevoeligheid hydraulische randvoorwaarden	Grootste afname van de berging bij bovenmaatgevende afvoer; lage spuiconstructie draagt bij aan gevolgbepierking	Forse afname van de berging bij bovenmaatgevende afvoer; lage spuiconstructie draagt bij aan gevolgbepierking	Geringste afname van de berging bij bovenmaatgevende afvoer; spuien via Marijkesluizen naar Nederrijn heeft voorkeur boven spuien via Bernardsluizen naar de Waal
3. Flexibiliteit	Uitbreidingsmogelijkheden KAN geringst (relatief gevoelig voor overstrooming indien op maaiveldniveau gebouwd wordt)	Bepierking in uitbreidingsmogelijkheden KAN	Geringste invloed op KAN

Gunstigste tracé

In zijn de alternatieve tracés kwalitatief gescoord ten opzichte van elkaar. In de tabel geldt de huidige situatie als referentie situatie (=0) en zijn de alternatieven daar tegen afgezet met een bandbreedte van ++ tot - - (variërend van goed tot slecht). Uit de tabel valt af te lezen dat een compartimenteringsdijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal het gunstigst scoort.

Tabel 4.20 Scoretabel voor alternatieve tracés

Alternatief tracé	Kosten	Baten	Dreiging slachtoffers	Getroffen personen	Ruimtelijke kwaliteit	Robuustheid	Flexibiliteit
Betuwelinie	-	+	-	++	++	-	--
Kesteren-Echteld	--	-	--	++	-	--	-
ARK-west	-	++	+	++	0	+	0

++ = goed, + = voldoende, 0 = neutraal, - = onvoldoende, -- = slecht

4.6.7 Conclusies en aanbevelingen

Alles overziend heeft het tracé Amsterdam-Rijnkanaal-west voor een compartimenteringsdijk in dijkkring 43 de voorkeur. Dit tracé is het meest gunstig vanuit kostenbatenoogpunt en is het meest robuust, omdat er maar één coupure aanwezig is. Bovendien is het mogelijk voor het spuien gebruik te maken van het kanaal en de bestaande sluizen. De achtergrondstudie van GeoDelft (Heemstra, 2007) laat zien dat ophogen van de dijk mogelijk is op zodanige wijze dat een standzekere constructie ontstaat.

De dijk langs het kanaal kan bij een goed ontwerp prima ingepast worden in de omgeving; onder meer komt de dijktafel lager uit dan de kruinlijn van de huidige bomerij en door de aanleg van een fietspad op de dijk ontstaat uitzicht over de omliggende komgebieden.

Met de aanleg van dit tracé is men dicht bij het splitsen van de dijkkring in twee afzonderlijke dijkkringen. Vanuit de casestudie wordt dan ook gesuggereerd om serieus in overweging te nemen dijkkring 43 op te splitsen in twee nieuwe dijkkringen en de nieuwe compartimenteringsdijk op te nemen in de Wet op de Waterkering en een officiële status te geven.

Vanuit ruimtelijk kwaliteitsoogpunt verdient het Betuwelinietracé overweging. Het tracé past goed in het landschap, doordat het tot een heldere scheiding tussen woon- en industrieuitbreiding (westzijde) en (nieuwe) natuur/opengebied (oostzijde) leidt en op de scheidslijn de cultuurhistorische situatie (oude Betuwelinie) herstelt. Dit tracé zou het overwegen waard zijn indien als lagere dijk uitgevoerd, zodat deze de schade in het oostelijk deel niet vergroot en de dijk een passender dimensionering krijgt.

In een combinatie met het Amsterdam-Rijnkanaaltracé kan het Betuwelinietracé bijdragen aan een nog verdere gevolgbepaling. Een lagere dijk (kerend tot het maximumwaterniveau waarop het water lokaal opgestuwd wordt door de opgehoogde Amsterdam-Rijnkanaal dijk, m.a.w. ongeveer 2,9 m dijkhoogte) heeft als voordeel dat er meer tijd is voor het evacueren van de dorpen aan de westzijde van de dijk bij maatgevende en bovenmaatgevende afvoeren. Tegelijkertijd blijft de maximumwaterdiepte aan de oostzijde beperkt, zodat de uitbreidingswijken van het KAN-gebied niet veel dieper overstromen. Beide leiden tot een lager slachtofferisico en schaderisico. Bovendien is een lagere Betuweliniedijk ook bij een dijkdoorbraak bij lagere rivierafvoeren of vanaf de Nederrijn nog altijd effectief.

4.7 Overzicht resultaten casestudies

In alle casestudies draagt de aanleg van een goed gepositioneerde compartimenteringsdijk bij aan een reductie van de economische schade, een vermindering van de aantallen getroffen en een kleiner slachtofferisico.

Compartimentering is echter slechts in één casestudie kosteneffectief als de directe economische baat wordt vergeleken met de investeringskosten. Om de belangrijkste redenen hiervoor te achterhalen worden de kosten en economische baten van de casestudies op een rijtje gezet. Let wel: de niet-economische baten (slachtofferisico en getroffen) worden daarbij niet betrokken!

Tabel 4.21 geeft een overzicht van de kostenramingen in de verschillende casestudies. De kosten variëren van 10 miljoen euro voor het ophogen van het westelijke deel van de Oude Maasdijk tot bijna 400 miljoen euro voor het ophogen van de Prinsendijk en de dijk langs de Oude Rijn ten oosten van Bodegraven. Voor de meeste onderzochte tracés valt de kostenraming tussen de 100 en 200 miljoen euro.

Tabel 4.21 Overzicht investeringskosten alle onderzochte tracés in miljoen euro

Casestudie	tracé	kosten totaal	kosten per km	aanvul- lende kosten prim. kering	opm
Betuwe	Betuwelinie	81	20		66% kunstwerken
	Kesteren-Echteld	145	15		64% kunstwerken
	ARK-West	87	9		90% ophogen bestaande dijk
Maaskant	Hertogswetering oost*)	141	6		
	Hertogswetering west*)	96	8		
	Parallel_oost	178	7		
	Parallel_west	112	9		
	RBSO	113	7		
Zuidelijk Flevoland	A27	206	10	144	35% aanleggen A27
	ZZ-Flevoland	138	6	208	
	oostkant A6	174	8	84	
	Hoge Ring	328	9	61	veel afsluitbare doorgangen
	spoorlijn	51	3	144	
Centraal Holland	Oude Maasdijk (Vluchtenburg)	10	5		
	Oude Maasdijk (zijdijk-zanddijk)	11	3		
	H.v.Holland-Den Haag via N211	72	9		relatief veel woningen
	H.v.Holland-DH west van N211	63	7		
	Katwijk N206	162	11		hoge kosten wegaanleg
	Katwijk oost N206	185	12		20% bebouwing
	Hollandsche IJssel	210	8		70% bebouwing
	Prinsendijk + Oude Rijndijk	383	13		30% bebouwing
	ARK geheel	89	2		aanname: vold. ruimte voor ophogen bestaande dijk
	ARK zuid. van Utrecht	28	3		aanname: vold. ruimte voor ophogen bestaande dijk

Tabel 4.22 toont de verwachte economische baat bij een overstroming in termen van vermeden schade. Deze bedraagt maximaal 16 miljard euro wanneer een compartimenteringsdijk wordt aangelegd in de Betuwe aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal, met lozing van water op de Nederrijn-Lek en een doorbraak langs de Waal. In de meeste andere situaties bedraagt de baat minder dan 10 miljard euro.

De jaarlijkse baat is eveneens maximaal bij de aanleg van een compartimenteringsdijk in de Betuwe aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze bedraagt, afhankelijk van de gebruikte kans op overstromen, 8 tot 13 miljoen euro per jaar. In Zuidelijk Flevoland en het Land van Heusden / de Maaskant varieert de jaarlijkse baat van orde 3 tot 5 miljoen euro per jaar. Opvallend is dat de laagste jaarlijkse baat te verwachten is in Centraal Holland. Dit komt vooral door de kleine overstromingskansen in deze dijkkring.

Tabel 4.22 Overzicht van de jaarlijkse baat en de baten/kostenverhouding van alle onderzochte tracés

Casestudie	tracé		baat bij overstroming (10 ⁹ euro)	jaarlijkse baat (miljoen euro)		kosten (miljoen euro)	Baten/kosten- verhouding in 2015	
				norm	Klijn et al., 2007		norm	Klijn et al., 2007
Betuwe, Tieler- en Culemborger waarden	Betuwelinie	Bemmel	7,8	7,2	4,5	81	2,6	1,6
		Elden	-0,1	-0,2	-0,1	81	0,0	0,0
	Kesteren- Echteld	Bemmel	4,6	4,3	2,7	145	0,8	0,5
		Elden	-0,7	-0,6	-0,4	145	-0,2	-0,1
	ARK-W sluis Waal	Bemmel	14,2	13,3	8,3	87	4,3	2,7
		Elden	0,7	0,6	0,4	87	0,2	0,1
	ARK-W sluis NR/Lek	Bemmel	16,0	15,0	9,4	87	5,0	3,1
Elden		1,7	1,6	1,0	87	0,5	0,3	
Land van Heusden / de Maaskant	HW oost		6,5	6,1	3,2	141	1,3	0,8
	HW west		3,9	3,6	2,3	96	1,1	0,7
	Parallel_oost		6,5	6,1	3,8	178	1,0	0,6
	Parallel_west		3,9	3,7	2,3	112	1,0	0,6
	RBSO		4,1	3,3	2,0	113	1,0	0,6
Zuidelijk Flevoland ¹	A27		8,5/-1,8 ²	2,9	1,2	350	0,2	0,1
	ZZ-Flevoland		8,7/-0,7 ²	3,0	1,2	346	0,3	0,1
	oostkant A6		7,3/-1 ²	2,4	1,0	258	0,3	0,1
	Hoge Ring	met A27	8,5/-2,8 ²	2,9	1,1	389	0,2	0,1
	spoorlijn	met A27	10,4/-0,2 ²	3,4	1,4	195	0,4	0,2
Centraal Holland	Oude Maasdijk	Vluchtenburg	1,5	0,2	0,1	10	0,5	0,3
		Zijdijk- Zanddijk	1,5	0,2	0,1	11	0,5	0,3
	H.v.Holland – Den Haag	N211	5,9	0,7	0,3	72	0,3	0,1
		west N211	5,9	0,7	0,3	63	0,3	0,2
	Katwijk	N206	4,4	0,5	0,3	162	0,1	0,1
		oost N206	4,4	0,5	0,3	185	0,1	0,0
	Hollandsche IJssel	zonder uitlaatw.	1,8	1,1	0,4	210	0,1	0,1
		met uitlaatwerk	8,0	4,7	1,9	220	0,6	0,2
	Prinsendijk en Oude Rijn dijk		0,1	0,1	0,0	383	0,0	0,0
	Amsterdam- Rijnkanaal	geheel	-0,3	-0,3	0,0	89	-0,1	0,0
Z. v. Utrecht		-0,5	-0,5	0,0	28	-0,5	0,0	

¹ kosten en baten/kostenverhouding inclusief ophogen primaire kering dicht bevolkte compartiment

² respectievelijk bij een doorbraak ter hoogte van de Oostvaardersplassen en Almere

De relatief geringe kosten, maar vooral de grote jaarlijkse baat, zorgen voor een gunstige baten/kostenverhouding voor het tracé aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal in de Betuwe (Tabel 4.22).

Het belang van de overstromingskansen voor de baten/kostenverhouding van een compartimenteringsdijk kan ook goed worden geïllustreerd door een vergelijking te maken tussen het RBSO-tracé in het land van Heusden / de Maaskant en het tracé tussen Hoek van Holland en Den Haag dat loopt via de N211. Deze tracés leiden tot een baat in het geval van een overstroming van respectievelijk 4,1 en 5,9 miljard euro. De kosten bedragen respectievelijk 113 en 72 miljoen euro.

Ofwel: het RBSO-tracé kent een iets geringere baat en ruim 50% hogere kosten dan het tracé tussen Hoek van Holland en Den Haag. Toch levert het tracé langs de Hertogswetering een baten/kostenverhouding van 1,0 op wanneer men uitgaat van een overstromingskans gelijk aan de norm of 0,6 wanneer de overstromingskans volgens Klijn et al. (2007) wordt gebruikt. Het tracé tussen Hoek van Holland en Den Haag komt uit op een veel lagere baten/kostenverhouding van 0,3 of 0,1. De reden voor dit verschil is het verschil in de overstromingskans. Deze is ruim vijf keer groter voor het Land van Heusden/ de Maaskant dan voor Centraal Holland.

5 Reflectie op de bevindingen in de casestudies

5.1 Inleiding

In hoofdstukken 1 t/m 3 is in algemene zin op nut en kansrijkdom van compartimentering ingegaan. Daarbij is verkend in welke dijkringen in Nederland compartimentering nuttig en kansrijk zou kunnen zijn. Voor enkele van de dijkringen waarvan werd geoordeeld dat compartimentering serieuze overweging verdient, zijn vervolgens casestudies uitgevoerd (hoofdstuk 4).

Uit die casestudies kunnen nu lessen worden getrokken. Die zouden aanleiding kunnen zijn om de eerdere beoordeling over nut en kansrijkdom van compartimenteren bij te stellen. Maar ze kunnen ook tot kanttekeningen leiden over de vraag of het gebruikte beoordelingskader wel volledig adequaat is om besluiten over compartimentering te nemen.

5.2 Nut en kansrijkdom van compartimenteren anders beoordeeld?

De beoordeling van de kansrijkdom van de in de casestudies verkende tracés van compartimenteringsdijken – en vooral de keuze van het meest wenselijke tracé – beruiste sterk op de economische rentabiliteit: de kosten van aanleg versus de baat in termen van vermeden schade, ofwel de baten/kostenverhouding.

Nu bleken in de casestudies met name de baten moeilijk te kwantificeren, omdat deze direct en vrijwel lineair gerelateerd zijn aan de kans op een overstroming: een gebeurtenis van dijkfalen, bresgroei, instroom en waterverspreiding. De economische baat wordt twee keer zo groot als de overstromingskans geen 1:2.000 maar 1:1.000 is, een factor 4 als het 1:5.000 is, enz. Dit lijken grote verschillen, maar ze zitten ruim binnen de bandbreedte van schattingen door erkende experts. De kostenschattingen lopen daarentegen veel minder uiteen. Verschillen daarin zijn vooral afhankelijk van de benodigde dijkhoogte en de mogelijkheid van bestaande infrastructuur gebruik te maken, en bij dat laatste de hoeveelheid te slopen bebouwing. De berekende schades kunnen naar schatting misschien wel een factor twee afwijken, maar dat is nog steeds veel minder dan dat de geschatte kansen uiteenlopen.

Dat betekent dat voor het kwantificeren van de baten de kans op een overstroming doorslaggevend is voor de uitkomst. En dus voor de baten/kostenverhouding.

Het schatten van de kans op een overstroming qua plaats, tijdstip van optreden, vorm van de hoogwatergolf e.d. is buitengewoon lastig en zeer sterk afhankelijk van aannames en uitgangspunten. Hoe groot is bijvoorbeeld de overstromingskans per dijkkring, hoe is dat per dijkvak, hoe per locatie, welke locatie is dan representatief, en in hoeverre moet de kans op (ook) een breuk elders worden meegerekend? Gaat het om een dijkbreuk bovenstrooms (Betuwe, Maaskant), langs de Waal of de Nederrijn (Betuwe), aan de zeezijde of rivierzijde (Centraal Holland), en hoe verandert de kans op (ook) een dijkbreuk meer benedenstrooms bij een bovenstroomse bres? enz. Een eenvoudige oplossing lijkt te zijn om het beschermingsniveau als maatstaf voor de kans te nemen en simpelweg te stellen: overschrijdingskans is overstromingskans. Dat leidt voor Centraal Holland tot een kans van 1:10.000 en bijvoorbeeld voor de Maaskant en de Betuwe 1:1.250. In de praktijk is de overstromingskans van Centraal Holland waarschijnlijk echter al snel een factor 2 kleiner (Klijn et al., 2007; onlangs bevestigd door recente inzichten verworven in het kader van WV21), en de economische baat dus ook. Daarmee wordt de economische rentabiliteit van compartimentering gering. De over-

stromingskans van de Maaskant en de Betuwe wordt geschat op ca 1:2.000 en daar geldt dus hetzelfde.

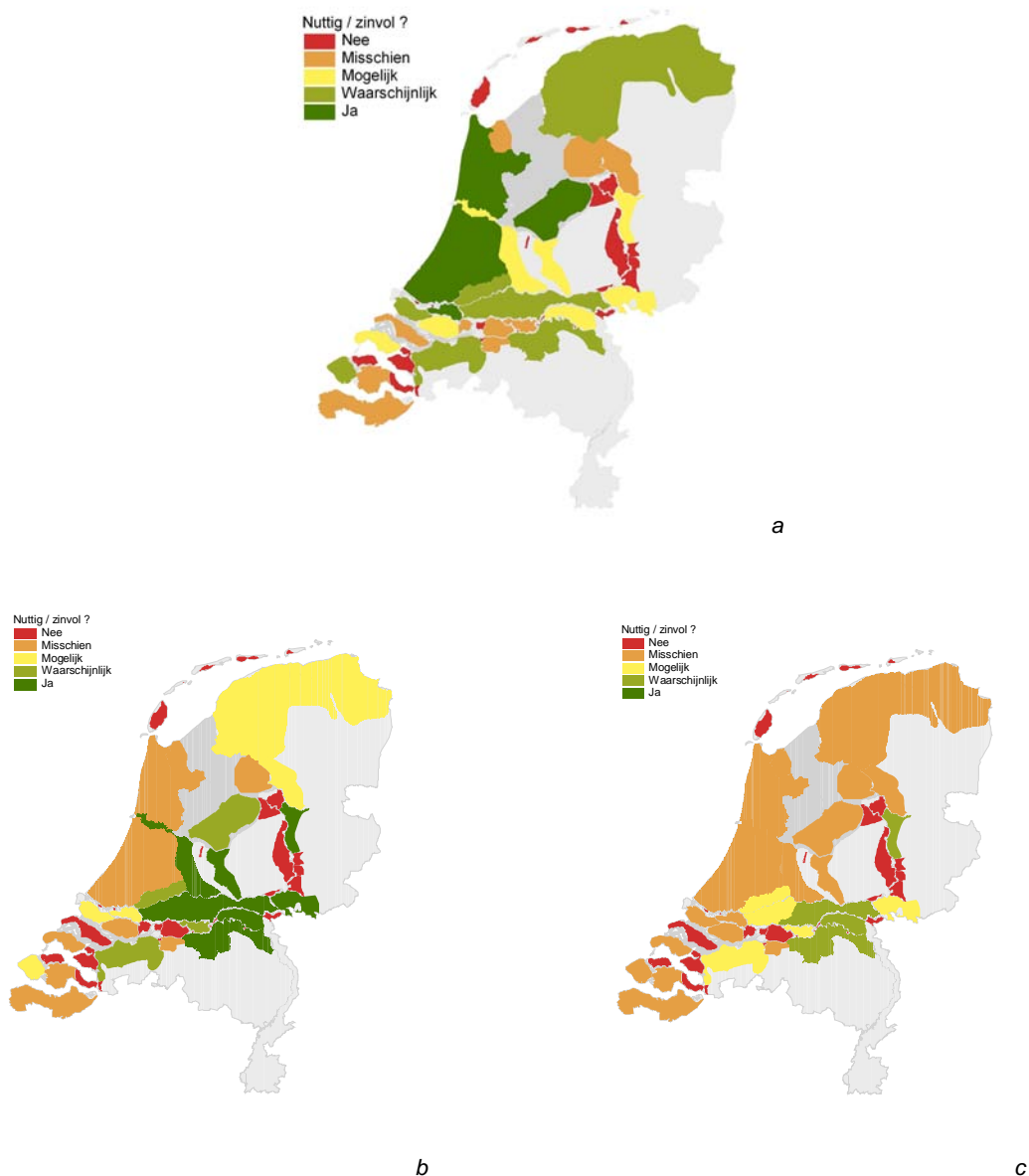
Omdat is geprobeerd uit te gaan van de 'beste schattingen' van overstromingskansen (na 2015, als de situatie geheel op orde is) is de in dit onderzoek berekende baat in veel casestudies relatief gering. Dat wil zeggen dat als de kans op een overstroming – door wat voor oorzaken ook – toch groter is, de baten/kostenverhouding gunstiger uitvalt. Ofwel: wanneer in de toekomst blijkt, bijvoorbeeld uit de resultaten van VNK2, dat de reële overstromingskansen groter zijn dan hier aangenomen, dan kan er voor verscheidene van de onderzochte dijkringen toch reden zijn compartimentering te overwegen.

De directe en vrijwel lineaire relatie tussen overstromingskans en baten/kostenverhouding betekent ook dat goed beschermde dijkringen mogelijk minder in aanmerking zouden komen voor compartimentering dan dijkringen met een lager beschermingsniveau. Ofwel: **'hoe beter een dijkkring beschermd is, des te minder rendabel compartimentering'**. Vanuit die gedachte zou de beoordeling van 'nut' (hoofdstuk 3) kunnen worden geamendeerd. Dat sluit aan bij het belangrijke inzicht dat normdifferentiatie en compartimentering niet los van elkaar beschouwd kunnen worden, maar in relatie tot elkaar moeten worden gezien; hier valt iets te kiezen en een vergelijking van baten/kostenverhoudingen is daarbij een belangrijk hulpmiddel. Zo leerde de RBSO-studie dat voor de dijkringen Maaskant en Betuwe compartimentering gunstiger uitpakt dan norm- en dijkverhoging (zie RBSO-studie).

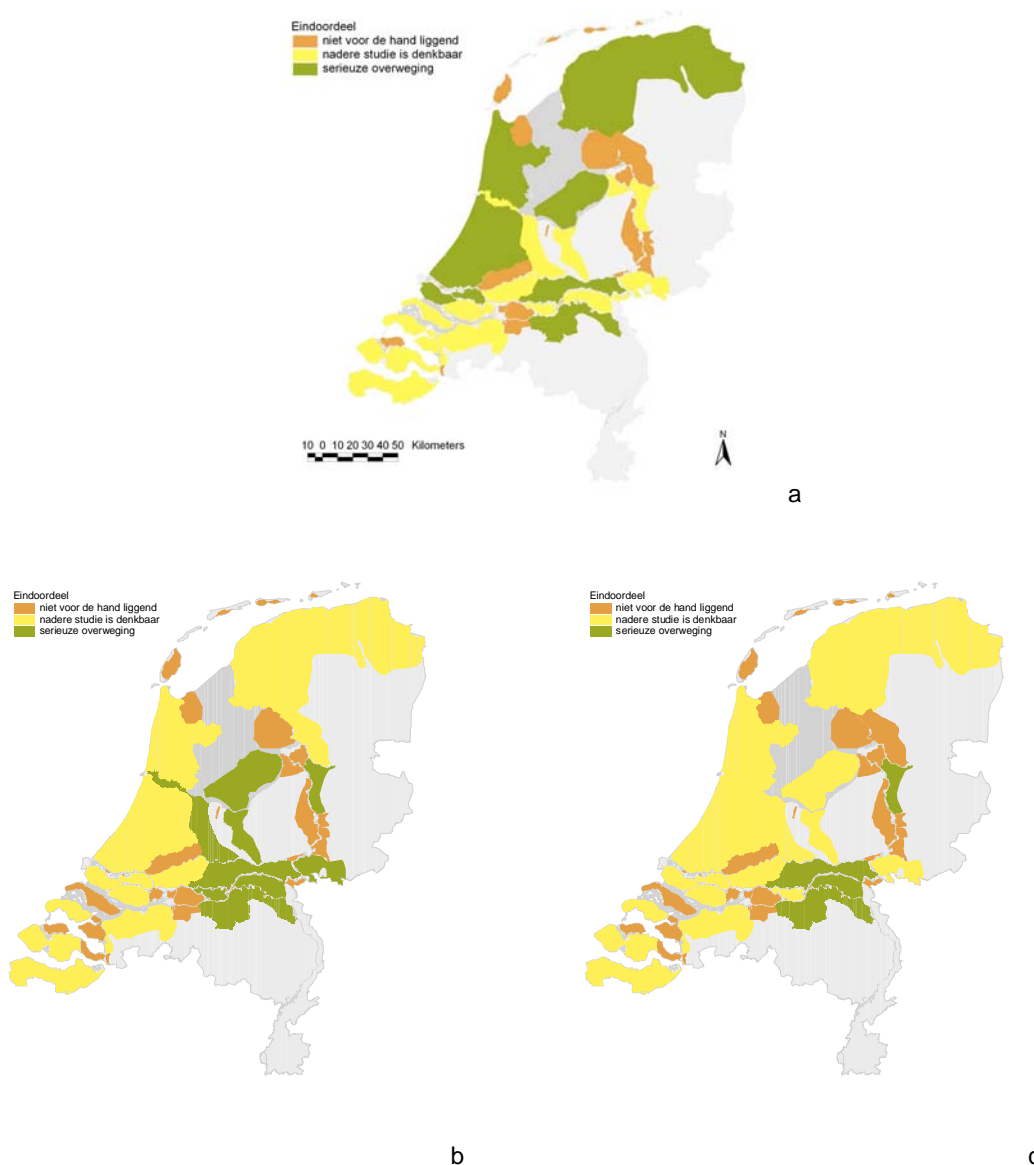
Om het simpel te houden zou men volgtijdelijk eerst het gewenste beschermingsniveau kunnen vaststellen op basis van onder meer de baten/kostenverhouding (zie bijv. van der Most, 2008) en daarna alsnog de rentabiliteit van compartimentering vaststellen¹⁶. Dan kan overstromingskans als additioneel criterium worden gebruikt voor de beoordeling van het 'nut' van compartimentering. Daarbij maakt het wel uit of wordt uitgegaan van het beschermingsniveau of van de feitelijke overstromingskans. In het laatste geval zouden met name de Gelderse Vallei en het Kromme-Rijngebied afvallen op grond van de nu zeer kleine overstromingskans. Maar het maakt ook uit of de huidige of de toekomstige overstromingskans wordt gebruikt.

Bij wijze van voorbeeld wordt hier een andere beoordeling van het 'nut' van compartimenteren uitgewerkt (aanpassing op Figuur 3.2b). Hierbij is niet uitgegaan van de absolute baat bij een overstroming, maar van de jaarlijkse baat. Daarbij is uitgegaan van een overstromingskans gelijk aan de overschrijdingskans (ofwel de norm) en gelijk aan de overstromingskans geschat door Klijn et al. (2007). De eindbeoordeling van het nut en kansrijkdom is eveneens aangepast. Daarbij wijzen we er nadrukkelijk nogmaals op dat de beoordeling beïnvloed is door de bestaande gecompartmenteerdheid, omdat die invloed heeft op de belangrijkste beoordelingscriteria, nl. schade en slachtoffers; waar compartimentering niet zo zinvol wordt gevonden kan dit ook het gevolg zijn van een goed functionerende bestaande gecompartmenteerdheid!

¹⁶ Maar dan wordt impliciet prioriteit gehecht aan bescherming boven gevolgbeperking. En men zou evengoed het omgekeerde kunnen doen: eerst compartimenteren, waarna het beschermingsniveau lager kan blijven.



Figuur 5.1 Nut van compartimentering (a) op grond van gevolgen bij een overstroming, (b) rekening houdend met kosten-effectiviteit uitgaande van overschrijdingskans, en (c) rekening houdend met kosten-effectiviteit uitgaande van de overstromingskans volgens Klijn et al. (2007). Het nut van compartimentering wordt verhoudingsgewijs kleiner voor dijkringen langs de kust (met kleine overstromingskans) en groter voor dijkringen langs de rivieren (met verhoudingsgewijs grotere overstromingskans).



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

5.3 Een andere grondslag dan baten/kostenoverwegingen?

De idee 'hoe beter een dijkring beschermd is, des te minder rendabel compartimentering' gaat niet alleen voorbij aan niet-economische baten (slachtoffers en getroffen), maar ook aan het feit dat compartimentering een ander doel dient dan (nog verdere) bescherming, namelijk het beperkt houden van een ramp en het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting. Dat betekent mogelijk dat de baten/kostenverhouding niet zo'n belangrijk criterium zou moeten zijn. Misschien heeft het in de casestudies wel teveel aandacht en nadruk gekregen.

Rond deze vraag is nog een verkenning uitgevoerd naar de normatieve grondslag voor gevolgbeperkende maatregelen in het algemeen en compartimentering in het bijzonder (Klijn & De Grave, 2008).

Daarin is ingegaan op de vraag of er – hoe onwaarschijnlijk een overstroming ook is – geen principiële grens moet worden gesteld aan de maximaal aanvaardbare gevolgen van overstromingen als blijkt dat gevolgbeperkende maatregelen qua baten/kostenverhouding niet interessant zijn. De vragen die werden geadresseerd zijn:

- 1 Wat kunnen we als maatschappij dragen, met andere woorden, hoe groot is onze veerkracht. Is er een absoluut schadeplafond vast te stellen waarbij we als maatschappij een ramp niet meer te boven zullen komen?
- 2 Wat willen we als maatschappij dragen, met andere woorden, wat vinden we als maatschappij nog acceptabel als we spreken over economische schade, getroffen en dodelijke slachtoffers.

Allereerst is de vraag gesteld of er een absolute bovengrens is aan de schade of het aantal slachtoffers waarvan Nederland zich niet meer zou kunnen herstellen; een soort maximale draagkracht dus. Vervolgens is verkend wat de consequenties zouden zijn van het doen van een normatieve uitspraak – in de vorm van een richtwaarde die ‘de overheid’ zichzelf oplegt – betreffende maatschappelijk aanvaardbare schade, aantallen getroffen (als maat voor immateriële schade) en/of aantallen slachtoffers, zonder daarbij rekening te houden met de kans op zo’n gebeurtenis. En tenslotte is dezelfde vraag gesteld, maar rekening houdend met de kans op overstroming. De verkenning leidde tot een aantal inzichten die hier – onder verwijzing naar het desbetreffende rapport (Klijn en De Grave, 2008; zie bijlage C) – zeer kort worden samengevat.

Een *absolute* grens, gebaseerd op een drempelwaarde betreffende de omvang van een natuur ramp die Nederland niet meer te boven zou komen, valt op basis van empirische gegevens uit de afgelopen eeuw niet te geven. De ramp van 1953 veroorzaakte een schade die overeenkwam met ca 6% van het toenmalig BNP en 23 % van de toenmalige Rijksbegroting. Op de ontwikkeling van het BNP heeft dit geen aantoonbaar effect gehad. Vanuit de macro-economie bezien is dus geen ‘grens’ overschreden. De ramp van 1953 staat desalniettemin in het geheugen gegrift door de aantallen slachtoffers onder mensen en huisdieren en het gevoel van ‘loss of control’. De ramp werd maatschappelijk niet ‘aanvaardbaar’ geacht. Men kan dit interpreteren als: economische ontwikkeling, zoals geïndiceerd door het BNP, biedt geen goed aanknopingspunt voor een zoektocht naar een ‘richtwaarde’ voor maximaal aanvaardbaar gevolg.

Een normatieve grens aan wat nog een uiterst aanvaardbaar gevolg is kan worden gebaseerd op schade, aantal getroffen en aantal dodelijke slachtoffers. Aan alle drie categorieën kan een arbitraire bovengrens worden gesteld. De vraag wordt daarmee niet zozeer welke ramp Nederland kan dragen, maar meer welke ramp Nederland bereid is te dragen. Een grote ramp met meer dan 1000 slachtoffers wordt waarschijnlijk als ‘blamage’ voor het Nederlandse beleid beschouwd, een even omvangrijke gebeurtenis met ‘slechts enkele tientallen’ slachtoffers kan als succes van het beleid inzake gevolgbeperking worden gezien; maar waar ligt de grens? De functionele eenheid voor het overstromingsrisicobeleid is daarbij de dijkring/ het dijkkringgebied. Er kan echter niet worden uitgesloten (het is zelfs waarschijnlijk) dat bij een grote ramp verscheidene dijkringen tegelijk worden getroffen: waarschijnlijk zijn dat er meer dan 1 maar veel minder dan 10.

Er is verkend hoeveel, en welke, dijkringen uitkomen boven enkele arbitrair gestelde ‘richtwaarden’; arbitrair gesteld op zo’n wijze dat niet alle, maar ook niet geen enkele dijkkring kwalificeerde.

Als grenzen zijn 1 resp. 2 % van het BNP als maximumschadebedrag verkend (7 resp. 14 miljard euro), maximaal 1% van de bevolking (160.000) of respectievelijk 100.000 getroffen, en als slachtofferaantal 1‰ van die getroffen, dat wil zeggen 100 te verwachten slachtoffers. Dit leidt tot aandacht voor respectievelijk 15 (3), 11 (17) en 11 van de 53¹⁷ dijkringen in Nederland, met een forse mate van correlatie tussen schade en aantal getroffen en een kleinere correlatie tussen aantal getroffen en aantal slachtoffers; dat laatste komt door verschillen in evacuatie-effectiviteit. De dijkringen die boven één van deze 'richtwaarden' uitkomen komen grotendeels overeen met de dijkringen die in hoofdstuk 3 zijn geselecteerd bij de evaluatie van het 'nut' en de kansrijkdom van compartimenteren, maar er zitten ook kleine dijkringen bij die daarvoor minder geschikt zijn.

Een 'grens' tussen aanvaardbaar en onaanvaardbaar gevolg kan ook worden vastgesteld in relatie tot een kans van optreden, zoals gebruikelijk in het externeveiligheidsbeleid, en met gebruikmaking van zogenaamde FN-curves. Dit heeft de voorkeur vanuit een wetenschappelijke risicobenadering, maar kent veel praktische problemen. Vrijling et al. (1998) hebben voorstellen gedaan voor toepassing van deze methode in het waterveiligheidsbeleid en ook voor normlijnen voor slachtofferrisico's (groepsrisico). Verkend is of dezelfde benadering ook bruikbaar is voor economische schade. Toepassing van deze benadering leidt in de praktijk tot de selectie van vrijwel dezelfde dijkringen waar gevolgbeperking aandacht verdient.

Op grond van benadering met richtwaarden voor maximaal aanvaardbare gevolgen van overstromingen is een indeling in dijkringen verkregen waarvoor gevolgbeperkende maatregelen meer dan wel minder gewenst zijn (Figuur 5.3). Het gaat hierbij om blootstellingsbeperkende maatregelen in brede zin hetgeen meer omvat dan compartimentering.

Alles overziend lijken grenzen van 'maatschappelijke onaanvaardbaarheid' relatief moeilijk te kunnen worden gebaseerd op economische schade, goed op aantallen getroffen, en het gemakkelijkst (met het grootste maatschappelijk draagvlak) op een maximaal aanvaardbaar aantal slachtoffers per dijkkringgebied. Gevolgbeperkende maatregelen die economische schade en aantallen getroffen beogen te beperken (compartimentering) zijn deels andere dan die beogen slachtoffers te voorkomen (ook, c.q. veeleer overstromingsbestendige dijkvakken voor bebouwingskernen en evacuatieplanning). Dat betekent dat het gebruik van een 'norm/richtwaarde voor maximaal toelaatbare gevolgen' die de overheid zichzelf zou opleggen bruikbaar kan zijn om op meer principiële gronden dan de baten/kostenverhouding – die door velen toch wel erg beperkt en 'rationeel-economisch' wordt gevonden – te besluiten tot gevolgbeperkende maatregelen. Of compartimentering dan wel de meest voor de hand liggende maatregel is behoeft nadere afweging (o.a. met overstroombare dijkvakken en evacuatieplanning), waarbij kosten-effectiviteit weer een rol kan spelen. En bij de keuze tussen verschillende tracés van compartimenteringsdijken speelt de baten/kostenverhouding natuurlijk ook een rol.

17. De zogenaamde 'dijkringen' langs de Maas die door een kade worden beschermd zijn hier niet meegenomen.



Figuur 5.3 Voorlopige beoordeling van gewenstheid van blootstellingsbeperkende maatregelen per dijkkring op grond van richtwaarden voor aanvaardbare gevolgen van overstromingen.

5.4 Overige bevindingen uit de casestudies

De casestudies hebben geleerd dat iedere situatie zo z'n eigen complicaties kent. Doordat casestudies in sterk verschillende gebiedstypen zijn uitgevoerd, kunnen hier nog enige generieke lessen uit worden afgeleid, die echter alleen als aandachtspunten naar voren kunnen worden gebracht. Achtereenvolgens wordt hier ingegaan op:

- de grote betekenis van reeds aanwezige dijken op het overstromingsverloop en daarmee op de baat van compartimentering;
- de (mogelijke) rol van een uitlaatwerk en/of het slechten van dijken daarbij;
- de moeilijkheden van het traceren van compartimenteringsdijken langs of op bestaande infrastructuur (het zogeheten 'meekoppelen');
- de financiële consequenties daarvan en de invloed op de baten/kostenverhouding;
- de relatie met normdifferentiatie;
- het punt van landschappelijke inpassing en ruimtelijke kwaliteit.

5.4.1 Betekenis van het overstromingsverloop

Het nut van compartimentering wordt hoofdzakelijk afgemeten aan de invloed op het overstromingsverloop. Dat er minder onder water loopt zou tot minder schade en minder getroffen moeten leiden. De baat wordt daarmee bepaald door het verschil in overstromingsverloop van de situatie met en zonder compartimenteringsdijk(en).

Nu wil het geval dat het overstromingsverloop in de nulsituatie mede wordt bepaald door de aanwezigheid van bestaande lijnelementen, zoals wegen, spoorlijnen, boezemkades e.d. Naar de standzekerheid van dergelijke in het gebied aanwezige keringen ten tijde van een overstroming kunnen echter slechts gissingen worden gedaan.

Deze hebben in sommige casestudies echter grote invloed op de berekende baat (verminderde schade). Dat is bijvoorbeeld het geval in Centraal Holland, waar vrijwel alle boezemkeringen tussen 0 m NAP en + 1 m NAP liggen.

In deze studie is – na ampel beraad – aangenomen dat deze keringen en overige lijnelementen niet bezwijken wanneer er water overheenstroomt of wanneer ze van de ‘verkeerde kant’ worden belast. Deze aanname heeft wel als gevolg dat de verwachte schade en aantallen getroffen in de nulsituatie relatief beperkt zijn. Zo blijft de Haarlemmermeer met Schiphol bijvoorbeeld altijd droog. Deze aanname is natuurlijk discutabel, omdat de standzekerheid van de genoemde lijnelementen onvoldoende bekend is. Er zou een groter gebied kunnen onderlopen, met meer economische schade en meer getroffen.

Door deze aanname is de in de casestudies berekende baat te beschouwen als een conservatieve schatting (relatief gering in plaats van groot). De conclusies ten aanzien van kosteneffectiviteit en de wenselijkheid van compartimentering en tracékeuze zijn dan ook robuust. Indien de standzekerheid gering is kan compartimentering wellicht in meer dijkkringen (met name langs de kust) economisch aantrekkelijk zijn.

5.4.2 Rol uitlaatwerken

In de casestudies Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden, Centraal Holland en Land van Heusden / de Maaskant bleken het overstromingsverloop en de gevolgen sterk af te hangen van de mogelijkheid de waterdiepte in de dijkkring beperkt te houden door tijdige lozing (suatie) van water naar de rivier, zowel in de nulsituatie als bij de tracéalternatieven. Zo bleek bij de casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden dat de waterstand in de dijkkring meters lager en het overstroomde areaal kleiner kon worden gehouden door water via het Amsterdam-Rijnkanaal terug te voeren naar de Nederrijn. Dat bleek ook bij de andere tracés te werken. Meer in het algemeen kan worden gesteld dat dit een uiterst relevant fenomeen is in alle dijkkringen in hellend terrein, dus de dijkkringen in het rivierengebied.

Het tijdig terugvoeren van water kan ook relevant zijn bij een dreigende systeemwerking, zoals een eventueel domino-effect van Betuwe naar Alblasserwaard. Om dit te voorkomen moeten de Dalemse overlaten worden geopend; die zijn daarvoor aangelegd. Maar het kan ook werken bij een overstroming van de Lopiker- en Krimpenerwaard en een dreigende doorslag naar Centraal Holland. Door de Krimpenerwaard aan de benedenstroomse zijde – bij Krimpen – te laten lozen (bijvoorbeeld door de dijk te slechten of weg te graven) kan het overlopen van de Hollandsche IJsseldijken worden verminderd.

Voor hellende dijkkringen dient onderzoek naar compartimenteringsdijken dan ook verschillende varianten van suatiewerken in beschouwing te nemen.

5.4.3 Meekoppelen met bestaande infrastructuur

In verscheidene casestudies is getracht compartimenteringsdijken langs of op bestaande infrastructuur te leggen. Daarbij zijn bestaande oude dijken (o.a. Oude Maasdijk en Hollandsche IJssel in Centraal Holland), wegtaluds (o.a. Kesteren-Ochten in de Betuwe), snelwegen en boezemkades (Hertogswetering in de Maaskant) verkend. Reden daarvoor was de veronderstelling dat dat kostenvoordelen met zich mee zou brengen, in de veronderstelling dat minder grondaankoop nodig zou zijn en dat ophogen goedkoper uit zou vallen dan volledig nieuwe aanleg.

In de praktijk viel dit vaak tegen, met consequenties voor de baten/kostenverhouding van de verschillende tracé-alternatieven. Met name lintbebouwing langs bestaande dijken (vooral in Centraal Holland) deed de kosten fors oplopen, omdat de bebouwing vlak tegen of zelfs in het dijktaalud stond. Dat vergt sloop of hele dure constructies. De kosten worden immers niet alleen bepaald door de lengte en hoogte, maar voor een aanzienlijk deel door inpassingsproblemen zoals die samenhangen met het aantal coupures/ kunstwerken, het aantal te slopen huizen, een eventuele weg op de dijk (snelweg moet bruikbaar blijven), etc. Uit de casestudies blijkt dat de investeringskosten sterk oplopen wanneer veel woningen dienen te worden gesloopt of wanneer dure constructies nodig zijn omdat de beschikbare ruimte beperkt is. Zo blijkt ophoging van veel van de reeds aanwezige dijken in Centraal Holland erg kostbaar omdat hier lintbebouwing aanwezig is. Sommige dijken, zoals die langs de Hollandsche IJssel en de Oude Rijn, lopen zelfs door woonkernen.

Ook de noodzaak om afsluitbare kunstwerken aan te brengen leidt tot hogere investeringskosten. Uit dit oogpunt is het veelal goedkoper om mee te koppelen met bestaande dijken langs waterlichamen dan met aanwezige hoger gelegen wegen. De hoge kosten voor kunstwerken blijken onder andere uit de casestudie Betuwe, Tieleren Culemborgerwaarden. Hier kruisen de tracés de Linge, de A15 en de Betuwelijn. Het ophogen van de dijk langs het Amsterdam-Rijnkanaal heeft als voordeel dat hier al in kruisingen is voorzien, respectievelijk via een duiker en via voldoende hoge bruggen. Bij de overige tracés is dit niet het geval en moeten afsluitbare coupures worden gemaakt. De gemiddelde kosten per kilometer dijk lengte vallen hierdoor ongeveer twee keer zo hoog uit.

Uit de casestudie Zuidelijk Flevoland is gebleken dat met name in bebouwde gebieden het aantal af te sluiten onderdoorgangen bij hoger gelegen wegen erg groot is, met repercussies voor de robuustheid. Het afsluitbaar maken kost veel geld en is weinig betrouwbaar, terwijl viaducten over een verhoogd aangelegde snelweg landschappelijk niet wenselijk zijn (die viaducten komen dan immers al snel 8 m boven maaiveld te liggen).

Het verhoogd aanleggen van reeds bestaande snelwegen leidt eveneens tot zeer hoge investeringskosten, omdat de weg bruikbaar moet blijven en er eerder voor een dijk naast de weg zal worden gekozen dan voor volledige reconstructie. Indien het verhogen plaats kan vinden op een moment dat de weg nog dient te worden aangelegd of toch wordt aangepakt, worden deze extra kosten vermeden.

Dit leidt tot de conclusie dat meekoppelen met bestaande elementen vaak helemaal niet zo voordelig uitpakt als verondersteld. Het vergt bijzondere aandacht om op een ogenblik van (re-)constructie van lijnelementen (snelwegverbreding, spoorverdubbeling) tot functiecombinatie en kostenbesparing te komen.

5.4.4 De relatie met normdifferentiatie

Compartimentering beoogt de gevolgen van een overstroming te beperken door het overstroomde areaal te verkleinen. Daarbij wordt in de praktijk vaak een kwetsbaar compartiment afgescheiden van een minder kwetsbaar compartiment, bijvoorbeeld Den Bosch van de rest van de Maaskant, of Almere van de rest van de Zuidelijk Flevoland. Voor de Betuwe is overwogen of Gorkum-Oost niet met een compartimenteringsdijk van de rest van de dijkkring zou moeten worden afgescheiden.¹⁸

¹⁸ Hiernaar vindt, naar verluidt, nog onderzoek plaats in opdracht van de gemeente Gorinchem.

Omdat dan veel schade in het relatief kwetsbare en soms kleine compartiment zou ontstaan indien de dijk het daar zou begeven, valt een zekere normdifferentiatie te overwegen. Een betere bescherming ter hoogte van zo'n stad, of alleen een steviger – doorbraakvrije – maar wel even hoge dijk. Dit om te voorkomen dat de waterkering juist daar faalt.

5.4.5 Landschappelijke inpassing en ruimtelijke kwaliteit

In enkele casestudies is meer in detail aandacht besteed aan de tracering, de ruimtelijke inpassing en het ontwerp van de dijklichamen zelf, met name voor de Betuwe en de Maaskant. Bij die casestudies zijn ook landschapsarchitecten betrokken geweest (respectievelijk Robbert de Koning en bureau Bosch & Slabbers). Dat kon, omdat het nut van compartimentering voor die dijkringen al eerder was vastgesteld (RBSO-studie, Ministerie van Verkeer en Waterstaat).

Uit de casestudies bleek dat compartimenteringsdijken soms onopvallend in het landschap konden worden ingepast (Amsterdam–Rijnkanaal west in geval van de Betuwe), soms een geheel eigen nieuw structurerend element in het landschap konden vormen, of daarentegen juist een belangrijke bijdrage konden leveren aan het beter en scherper scheiden van ruimtelijke eenheden (in de Betuwe bijvoorbeeld dichtbebouwd ten westen van Betuwelinie versus een open kommengebied ten oosten ervan). Ook zijn er ontwerpen voor de dijken zelf gemaakt, waarbij medegebruik als fietspad/evacuatie-route of als verblijfsrecreatieterrein mogelijk bleek (Betuwelinie). Voor de ontwerpen wordt verwezen naar de casestudierapporten (Ter Maat et al., 2008; Van der Most, 2008).

Als ervaring kan worden vermeld dat zowel 'onopvallende inpassing' als 'opvallende ruimtelijke structurering' mogelijk blijken. Het eerste kan worden beschouwd als relatief neutraal voor de ruimtelijke kwaliteit van een gebied, het tweede als een versterking van die ruimtelijke kwaliteit. Een nieuwe dijk behoeft dus geenszins als aantasting van het landschap te worden beschouwd. Dit wordt in de betreffende regio's (Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden respectievelijk Land van Heusden/ de Maaskant) ook onderkend.

6 Aanleg en beheer van compartimenteringsdijken¹⁹

6.1 Inleiding

Bij de aanleg en het beheer van compartimenteringswerken moet bij voorkeur aangesloten worden op de bestaande wetgeving op het gebied van waterstaat en ruimtelijke ordening²⁰. Dit hoofdstuk biedt een overzicht van wetgeving die mogelijk relevant is wanneer nieuwe compartimenteringswerken worden aangelegd dan wel aan bestaande constructies een compartimenteringsfunctie wordt gegeven. In het overzicht wordt zowel de bestaande relevante wetgeving betrokken als de wettelijke regelingen die op afzienbare termijn zullen gaan gelden. Het gaat dan om:

- de Wet op de Ruimtelijke Ordening 1965 (WRO) en de nieuwe Wet ruimtelijke ordening (Wro) die vermoedelijk medio 2008 in werking treedt;
- de Wet op de waterkering;
- de Tracéwet;
- de voor compartimentering relevante waterstaatswetgeving, waaronder ook de nieuwe Waterwet waarvan het wetsvoorstel momenteel bij de Tweede Kamer ter behandeling ligt.

Allereerst wordt ingegaan op de vraag op grond van welke wetgeving tot aanwijzing van compartimenteringswerken kan worden besloten en welke bestuursrechtelijke status daaraan is verbonden. Vervolgens wordt ingegaan op de vraag door welke wettelijke regimes het (passieve) beheer van compartimenteringswerken wordt geregeld.

Voor het waarborgen van de waterkerende functie van compartimenteringswerken is het nodig deze regelmatig te toetsen en waar nodig de compartimenteringskering te verbeteren. De aanpak hiervan is vastgelegd in de 'Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen'.

6.2 Juridisch kader voor aanleg

De WRO (Wro)

In Nederland is welke vorm van ruimtegebruik dan ook slechts toegestaan, wanneer die ingevolge het bestemmingsplan is toegelaten. Met andere woorden: iedere ruimtelijk relevante handeling moet in het bestemmingsplan passen; tenzij daarvoor vrijstelling van het bestemmingsplan is verleend. De meest bekende vorm van vrijstelling is die op grond van art. 19 WRO. Degene die de dijk of de constructie aanlegt of aanpast kan derhalve niet om de toestemmingsvereiste van de gemeente(raad) heen, tenzij vrijstelling is verleend.

In de nieuwe Wro wordt dit niet anders, zij het dat de bestaande art. 19-vrijstelling in die nieuwe wet enigszins wordt gemodificeerd en omgebouwd tot een zogenaamd 'projectbesluit' (zie art. 1.1 lid 1 onder f Wro). Voor een aantal gevallen is de vrijstelling van het bestemmingsplan geregeld in bijzondere projectwetten, te weten de Wet op de waterkering en de Tracéwet, alsook in de nabije toekomst de Waterwet.

¹⁹ Dit hoofdstuk is een bewerking van de notitie 'Juridische aspecten van compartimentering' (De Gier en Groothuijse, 2007; zie bijlage C)

²⁰ In geval van de feitelijke uitvoering van werkzaamheden zijn daarnaast tal van andere bestuursrechtelijke wetten van toepassing, zoals de Woningwet, de Natuurbeschermingswet 1998 en de Flora- en faunawet.

De nieuwe Wro brengt enkele nieuwe instrumenten voor rijk en provincie, die vooral bestemd zijn om de bovengemeentelijke sturingsmogelijkheden te vergroten. Het gaat dan om de Structuurvisie, het rijks- en provinciaal bestemmingsplan en projectbesluit en de Rijks- en provinciale coördinatieregeling. Op de aanleg van primaire en in de provinciale verordening aangewezen regionale waterkeringen is primair de regeling van het projectplan in de nieuwe Waterwet van toepassing, deze regeling is immers specifiek voor deze bestuurshandelingen in het leven geroepen. In de bestuurlijke afwegingen over het projectplan dient de planologische afweging een plaats te krijgen. Dat betekent dat het projectplan met het bestemmingsplan moet stroken dan wel – wat in de praktijk vaker zal voorkomen – met een ruimtelijk projectbesluit (op grond van art. 3.10 Wro) het bestemmingsplan buiten toepassing doet zijn.²¹

De huidige WRO kent in art. 49 een (plan)schadevergoedingsregeling, die enigszins gemodificeerd ook in afdeling 6.1 van de nieuwe Wro is opgenomen. In geval een planologisch besluit (bestemmingsplan of projectbesluit) leidt tot vermogenrechtelijke schade, dient deze door B&W – op verzoek – te worden vergoed “*tenzij de vergoeding al anderszins is verzekerd*”. Van het laatste is in elk geval sprake wanneer op grond van enige schadevergoedings- of nadeelcompensatieregeling (bijvoorbeeld van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat) reeds een tegemoetkoming in de schade is verstrekt. Er bestaat derhalve slechts een gemeentelijke verplichting tot planschadevergoeding op grond van de WROWro, voor zover de geleden schade niet reeds langs andere weg is vergoed. In dit verband is van belang, dat ook de nieuwe Waterwet een eigen schadevergoedingsbepaling kent, en wel ingevolge art. 7.11 Waterwet die van toepassing is voorzover de schade voortvloeit uit de uitoefening van een taak of bevoegdheid in het kader van het waterbeheer. Aan te nemen valt dat deze voorgaakt op de schadevergoedingsregeling van de WROWro, omdat de laatste een meer algemeen karakter heeft.

De Wet op de waterkering (Wwk)

Ingeval sprake is van een zgn. ‘primaire waterkering’ is daarop de Wwk van toepassing, die een eigen wettelijk regime inzake besluitvorming en uitvoering bevat. Centraal daarin staat het ‘dijkverbeteringsplan’, vast te stellen door de dijkbeheerder (in de regel het waterschap) en goed te keuren door gedeputeerde staten (GS).

De Wwk is echter uitsluitend van toepassing op de zogeheten primaire waterkeringen. dat zijn dijklichamen die dienen ter kering van het buitenwater van de Noordzee, het IJsselmeer en van de grote rivieren. Om het regime van de Wwk op een waterkering van toepassing te doen zijn, is de aanwijzing van die waterkering in een Bijlage van de Wwk vereist (art. 2 lid 1 Wwk). Dat impliceert dat alvorens nieuwe compartimenteringswerken volgens het regime van de Wwk kunnen worden aangelegd, deze dienen te worden opgenomen in de Bijlage van de Wwk. In de huidige situatie is er slechts een tiental compartimenteringskeringen aangemerkt als primaire waterkeringen waarop de Wwk van toepassing is. De Diefdijk is hiervan een voorbeeld.

Wanneer compartimenteringswerken zijn aangemerkt als primaire waterkering heeft dat tot gevolg dat de veiligheidsnormen als bedoeld in art. 3 lid 1 Wwk van toepassing zijn. Bovendien betekent dit dat, zolang de Waterwet nog niet in werking is getreden, de Wet beheer rijkswaterstaatwerken daarop van toepassing is.

²¹ Zie H.F.M.W van Rijswijk en F.A.G. Groothuijse, *Het wetsvoorstel Waterwet, Agrarisch recht 2007*, p. 246 en 247.

Compartimenteringsdijken en typen waterkeringen

Nederland kent verschillende typen waterkeringen. De meest bekende zijn de primaire waterkeringen. Deze zijn duidelijk gedefinieerd en hebben een wettelijke status. In de Wet op de Waterkering (1996) is omschreven welke keringen primair zijn, aan welke veiligheidsnorm ze moeten voldoen en welke eisen aan de beheerders worden gesteld voor handhaving van de veiligheidsnorm (de 5-jaarlijkse toetsing). Nederland kent ongeveer 3500 km primaire waterkeringen, die onderverdeeld zijn in type a-, b-, c- en d-keringen.

Daarnaast zijn er niet-primaire waterkeringen. Nederland kent ongeveer 14.000 km niet-primaire waterkeringen. Een deel van deze niet-primaire keringen (ca 11.000 km van de 14.000 km) zal worden of is reeds aangewezen door de provincies als regionale kering. Zij hebben aldus een formele status gekregen ten aanzien van normering, toetsing en verbetering. Het overige (niet door de provincie aangewezen) deel zou men als niet-regionale keringen kunnen zien.

waterkering	primair	categorie a (keren buitenwater, beschermen land)
		categorie b (keren buitenwater, maar grenzend aan water)
		categorie c (keren geen buitenwater, grenzend aan land)
		categorie d (categorie a, b of c, maar gelegen buiten de landsgrenzen)
	niet primair	regionaal (status toegekend door provincie)
		niet-regionaal (geen status toegekend door provincie)

Indien een compartimenteringsdijk wordt aangewezen door het Rijk zal dit een primaire waterkering, categorie c kunnen worden (denk aan de Diefdijk). Indien de kering wordt aangewezen door de provincie wordt het een regionale kering.

De Wwk is echter niet van toepassing op regionale waterkeringen. Voor de aanleg en wijziging van regionale waterkeringen bestaat geen bijzondere wetgeving of procedure, zodat alle benodigde toestemmingen, waaronder ook de planologische toestemming, daarvoor door de beheerder afzonderlijk zullen moeten worden aangevraagd. Ter verkrijging van deze toestemmingen zullen de daarop van toepassing zijnde procedures moeten worden gevolgd.

Ingevolge het Besluit m.e.r. is, gelet op Bijlage C onderdeel 12.1, de aanleg van een primaire waterkering en de wijziging of uitbreiding van een rivierdijk (over een lengte van 5 kilometer of meer) m.e.r.-plichtig. Het Besluit m.e.r. bedoelt, waar het spreekt van 'rivierdijken', uitsluitend de primaire waterkeringen langs de rivieren. Voor zover een compartimenteringsdijk als primaire waterkering is aangewezen kan sprake zijn van een m.e.r.-(beoordelings)plicht. Is geen sprake van aanwijzing als primaire waterkering dan is het niet waarschijnlijk dat de aanleg of wijziging van compartimenteringswerken m.e.r.-(beoordelings)plichtig zal zijn. Wat onverlet laat dat een MER op vrijwillige basis kan worden opgesteld.

Waterschapswet (geldend recht)

Wanneer een compartimenteringskering niet als primaire waterkering is aangewezen dan kan deze door provincie of waterschap worden aangemerkt als een regionale waterkering. Op regionale waterkeringen zijn de provinciale verordening (normen voor regionale waterkeringen) en de keur van toepassing. Wordt een compartimenteringskering (hoofdzakelijk) aangemerkt als waterkering, dan zullen provinciale staten het beheer daarvan in beginsel aan het waterschap moeten opdragen.

De Waterschapswet gaat uit van het primaat van de waterschappen als beheerder van waterkeringen, uitgezonderd de gevallen waarin een beheerstaak aan het rijk is toebedeeld. Voor het overige wordt noch in de Waterschapswet noch in enige ander onderdeel van de waterstaatswetgeving scherp omschreven welke overheid(slaag) bevoegd en verantwoordelijk is voor de aanleg van waterkeringen.

De primaire taak van de waterschappen als waterbeheerder laat onverlet dat de provincie, uit hoofde van haar algemene toezichtstaak in de waterstaatszorg, bevoegd is om de aanleg van een regionale waterkering in een verordening voor te schrijven. In deze richting wijst ook art. 56 lid 2 Waterschapswet, waarin wordt bepaald dat regeling en bestuur bij provinciale verordening van de waterschappen kunnen worden gevorderd. Deze bepaling wordt in de praktijk onder meer gebruikt ten behoeve van de (door de provincie noodzakelijk geachte) verbetering van waterstaatswerken. Duidelijk is dat deze bevoegdheidskwestie doorwerkt in de financiële verhoudingen tussen de betrokken overheden.

Nieuwe Waterwet (komend recht)

De Wwk wordt in de nieuwe Waterwet geïntegreerd. De procedure voor de aanleg en wijziging van waterstaatswerken is geregeld in hoofdstuk 5 van de Waterwet. Op de aanleg of wijziging van primaire waterkeringen blijft een gecoördineerde procedure van toepassing. In de Waterwet kan het toepassingsbereik van deze projectprocedure bij provinciale verordening worden uitgebreid naar door de regionale waterbeheerder aan te leggen of te wijzigen waterstaatswerken.

Voor de aanleg of wijziging van een compartimenteringskering is hoofdstuk 5 van de Waterwet van toepassing wanneer de kering kan worden aangemerkt als een waterstaatswerk. Ingevolge art. 5.2 Waterwet moet voor de aanleg of wijziging van een compartimenteringskering door de beheerder een projectplan worden vastgesteld. In geval het rijk beheerder is kan ook worden gekozen voor de toepassing van de rijkscoördinatieregeling. De kwestie van de bevoegdheid inzake de aanleg van *regionale* waterkeringen blijft overigens primair beheerst door de Waterschapswet (en niet door de Waterwet).

Op de aanleg of wijziging van *primaire waterkeringen* is de projectprocedure van paragraaf 5.2 Waterwet van toepassing. Op grond hiervan kunnen de uitvoeringsbesluiten worden gecoördineerd en voorbereid en rechtsbescherming tegen het projectplan en de uitvoeringsbesluiten worden gecoördineerd. Het projectplan van de beheerder moet worden goedgekeurd door Gedeputeerde Staten. Net als bij de Wwk moet de compartimenteringskering als primaire kering zijn opgenomen in de bijlage van de Waterwet alvorens de projectprocedure uit de Waterwet van toepassing is.

Evenals voor de aanleg en wijziging van primaire waterkeringen dient de beheerder op grond van art. 5.2 lid 1 Waterwet voor de aanleg en wijziging van *regionale* waterkeringen een projectplan vast te stellen. De gecoördineerde projectprocedure van paragraaf 2 van hoofdstuk 5 Waterwet, die hierboven reeds is beschreven, is daarop evenwel alleen van toepassing, indien provinciale staten dat bij provinciale verordening hebben bepaald (art. 5.3 Waterwet). Indien dit laatste niet het geval is en er evenmin sprake is van een primaire waterkering, dan zal voor de aanleg of wijziging van de compartimenteringskering moeten worden teruggevallen op de procedures van de Wro.

De gedoogplicht van art. 5.17 Waterwet heeft betrekking op de aanleg of wijziging van waterstaatswerken in zijn algemeenheid en kan bovendien worden opgelegd indien dat redelijkerwijs nodig is voor de verwezenlijking van de in art. 2.1 Waterwet genoemde doelstellingen, waaronder ook de voorkoming en beperking van wateroverlast en overstromingen. Bij het opleggen van de gedoogplicht is de beheerder volgens de memorie van toelichting gehouden het *evenredigheidsbeginsel* toe te passen. Indien de rechthebbende – al dan niet tegen een vergoeding – daaraan meewerkt, is het opleggen van een gedoogplicht niet nodig. Pas wanneer de rechthebbende weigert vrijwillig mee te werken aan de aanleg of wijziging van een waterstaatswerk, ontstaat voor de beheerder de bevoegdheid hem daartoe door middel van het opleggen van een gedoogplicht te dwingen.

Naast de bevoegdheid om voor de aanleg en wijziging van waterstaatswerken een gedoogplicht op te leggen voorziet de Waterwet in een plicht om onderhouds- en herstelwerkzaamheden aan waterstaatswerken te gedogen.

De Tracéwet

Voor de aanleg of verbetering van *hoofdinfrastructuur* (autosnelwegen, spoorlijnen en vaarwegen) kent de Tracéwet een eigen systeem van besluitvorming, leidend tot een *tracébesluit*, en coördinatie van vergunningverlening. De Tracéwet kent eenzelfde stelsel van coördinatie van uitvoeringsbesluiten als de Wwk, met als coördinerend bestuursorgaan de Minister van V&W. De Tracéwet kan overigens alleen van toepassing zijn op compartimenteringskeringen in het bijzondere geval dat de kering met hoofdinfrastructuur wordt gecombineerd.

Hoogwaterrichtlijn

De Hoogwaterrichtlijn heeft tot doel een kader te scheppen voor de beoordeling en het beheer van overstrominggerelateerde risico's. Gelet op de diverse geografische, hydrologische en vestigingspatronen in de EU krijgen de lidstaten in de richtlijn een grote mate van vrijheid bij de vaststelling van de doelstellingen voor het beheer van overstromingsrisico's. Uitgangspunt bij het uitwerken van eventuele maatregelen is het solidariteitsbeginsel. De beheersplannen van een lidstaat mogen in beginsel geen maatregelen bevatten die leiden tot een toename van het overstromingsrisico in stroomopwaarts of stroomafwaarts gelegen landen binnen hetzelfde (deel)stroomgebied. Omdat het niet aannemelijk is dat het aanleggen van compartimenteringskeringen zal leiden tot een vergroting van het overstromingsrisico in lidstaten binnen hetzelfde stroomgebied, staat de richtlijn naar alle waarschijnlijkheid niet in de weg van het aanleggen van compartimenteringswerken.

Toepasbaarheid van wetgeving voor aanleg

Uit een oogpunt van snelheid en efficiëntie van besluitvorming is gebruikmaking van een projectwet altijd te verkiezen boven het gebruik van reguliere wetgeving. De Wet op de waterkering (Wwk) is echter uitsluitend van toepassing op primaire waterkeringen, en momenteel slechts op een tiental compartimenteringsdijken. Voor de aanleg van compartimenteringsdijken is de Wwk dus slechts beperkt bruikbaar. Dezelfde conclusie kan worden getrokken met betrekking tot de Tracéwet, daar deze uitsluitend op de aanleg en wijziging van hoofdinfrastructuur betrekking heeft.

Met de komst van de Waterwet zal voorzien zijn in een projectprocedure (projectplan) die tot stroomlijning en versnelling van de besluitvorming zal leiden. Deze projectprocedure kan voor wat betreft regionale waterkeringen van toepassing worden verklaard bij provinciale verordening.

In alle andere gevallen valt men terug op de Wro (oud dan wel nieuw) en dienen ten behoeve van de aanleg van compartimenteringskeringen de bestemmingsplan- dan wel de projectprocedure alsook alle procedures voor de benodigde vergunningen e.d. op de reguliere wijze doorlopen te worden. Ook in de sfeer van de coördinatie van de benodigde uitvoeringsbesluiten (vergunningen e.d.) hebben de diverse projectwetten en ook de nieuwe Waterwet derhalve grote voordelen boven de reguliere wetgeving.

6.3 Juridisch kader voor beheer

Wet beheer rijkswaterstaatswerken (Wbr)

Voor zover een compartimenteringskering in beheer is bij het rijk, geldt voor activiteiten in, op, boven, over of onder die constructie een vergunningplicht op grond van de Wbr. De minister van V&W is het bevoegde gezag en hij kan de vergunning onder beperkingen verlenen of voorschriften aan de vergunning verbinden. Ingevolge art. 3 Wbr kan een vergunning slechts worden geweigerd, gewijzigd of ingetrokken ter bescherming van waterstaatswerken en ter verzekering van het doelmatig en veilig gebruik van die werken. Activiteiten die de stabiliteit van een compartimenteringskering in gevaar brengen kunnen derhalve door de Minister van V&W worden geweerd.

Keur

Voor de waterschappen is van belang dat in de keur uitsluitend regels worden gegeven ten aanzien van compartimenteringskeringen voor zover het *de zorg voor de waterkering* betreft en die taak bij *reglementaire provinciale verordening* aan het waterschap is toebedeeld (art. 1 en 2 jo. 56 en 78 Waterschapswet). Evenals bij compartimenteringskeringen in beheer bij het rijk kunnen in de keur activiteiten in, op, boven, onder of over een constructie in beheer bij het waterschap aan een ontheffingplicht worden onderworpen. In dat geval is het dagelijks bestuur van het waterschap het bevoegde bestuursorgaan. Voor zover die bevoegdheid in de keur is opgenomen kan het dagelijks bestuur de ontheffing onder beperkingen verlenen en aan de ontheffing voorschriften verbinden ter bescherming (of instandhouding) van de compartimenteringskering.

Waterwet

De Wbr wordt in de Waterwet geïntegreerd. Ingevolge art. 6.3 Waterwet jo. art. 6.10 Waterbesluit is het verboden om zonder vergunning van de minister van V&W van een primaire waterkering in beheer bij het Rijk of een daartoe behorende beschermingszone gebruik te maken, door daarin, daarop, daarboven, daarover of daaronder werkzaamheden te verrichten of werken te maken of te behouden.²² De vergunningplicht geldt niet voor activiteiten die noodzakelijk zijn in het kader van het beheer of de verruiming van waterstaatswerken, waaronder de aanleg of wijziging van waterstaatswerken.²³ De vergunning moet ingevolge art. 6.14 Waterwet worden geweigerd indien verlening niet verenigbaar is met de in art. 2.1 Waterwet genoemde doelstellingen. Om dezelfde reden kan een vergunning worden gewijzigd of ingetrokken. De doelstelling die in het kader van compartimenteringskeringen veelal aan de orde zal zijn is de beperking en voorkoming van wateroverlast en overstromingen.

Voor primaire waterkeringen in beheer bij het waterschap en de overige regionale waterkeringen (inclusief beschermingszone) blijft de keur het juridische kader waarin deze waterkeringen worden beschermd.

²² De primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk worden aangewezen bij amvb als bedoeld in art. 3.1 lid 1 Waterwet.

²³ Art. 6.10 lid 2 Waterbesluit.

Daarbij is wel van belang dat paragraaf 2 van hoofdstuk 6 Waterwet, waaronder ook de dwingende weigeringsgrond van art. 6.14 Waterwet, mede van toepassing is op de keurontheffing.²⁴

Toepasbaarheid van wetgeving voor beheer

Naar geldend recht is de Wet beheer rijkswaterstaatswerken van toepassing (vergunningplicht), voor zover de desbetreffende compartimenteringsdijk in beheer is bij het rijk. Voor zover de zorg voor het desbetreffende dijklichaam bij provinciale verordening aan het waterschap is opgedragen, geldt de keur van het waterschap (ontheffingplicht). Ook onder de nieuwe Waterwet blijft de keur het aangewezen instrument voor regulering van regionale waterkeringen (inclusief beschermingszones).

²⁴ Art. 6.9 Waterwet.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Het doel van de compartimenteringstudie was na te gaan of compartimentering een zinvolle maatregel is om de gevolgen van een overstroming te beperken en, zo ja, waar en onder welke voorwaarden? Op deze vraag is geen eenvoudig en kort antwoord te geven; de beheersing van het overstromingsrisico is in een zeer vol Nederland een gecompliceerde aangelegenheid. In dit hoofdstuk is getracht die complexiteit –en dus de rijkdom van het antwoord – recht te doen, en tegelijk de hoofdvraag van het onderzoek te beantwoorden. Daartoe zijn de conclusies geordend naar de drie onderdelen van de hoofdvraag, te weten:

- Is compartimentering een zinvolle maatregel?
- Zo ja, waar?
- En onder welke voorwaarden?

Voorafgaand aan deze beantwoording worden enkele meer algemene noties en bevindingen uit de studie gepresenteerd om de conclusies ten aanzien van de hoofdvraag in (historisch) perspectief te plaatsen.

Compartimenteren betreft het opdelen van een dijkkring in (een aantal) kleinere dijkkringen met als hoofddoel het verkleinen van het overstroome oppervlak.

Compartimenteren is gericht op het beperken van het (rest)risico bij gegeven (vaak zeer kleine) overstromingskansen. Het hoofddoel van compartimenteren is het verkleinen van het oppervlak dat overstromt in geval van een dijkdoorbraak. Met andere woorden een beperking van de blootstelling aan een overstroming. Compartimenteringsdijken kunnen daarnaast tot doel hebben een overstroming te vertragen of te geleiden om bijvoorbeeld een evacuatie te vereenvoudigen.

Veel dijkkringen kennen, bedoeld of onbedoeld, vaak al een vorm van compartimentering.

In het verleden zijn doelbewust enkele compartimenteringsdijken aangelegd. Een bekend voorbeeld is de Diefdijk tussen de Betuwe en de Alblasserwaard. In verscheidene grote dijkkringen, vooral langs de kust, is door de bedijkingsgeschiedenis een fijnmazig netwerk van dijkes en (regionale) waterkeringen ontstaan, dat compartimenterend werkt. Deze bestaande 'compartimentering' heeft tot gevolg dat deze grote dijkkringen bij een doorbraak slechts gedeeltelijk onderlopen en de schade beperkt blijft. Ook boezemkaden en andere keringen die niet als compartimenteringsdijk zijn aangelegd kunnen een dergelijke compartimenterende werking hebben, mits hun standzekerheid in geval van een overstroming voldoende gewaarborgd is.

De waterstaatkundige geschiedenis laat een wisselende belangstelling zien voor compartimentering.

Er wordt al over compartimentering gesproken zolang er dijken worden gebouwd. Ook in de recente geschiedenis is op een aantal momenten veel aandacht geschonken aan compartimentering. Zo heeft de Deltacommissie in haar eindrapport van 1960 uitgebreid aandacht geschonken aan de functie van secundaire waterkeringen bij het beperken van de gevolgen van overstromingen. Uit dit rapport is echter geen blijvende aandacht voor het onderwerp voortgekomen. Hierin kwam weer verandering met de studie van de TAW uit 1973.

Die studie gaf een belangrijke impuls aan de aandacht voor secundaire waterkeringen, die daarna echter weer verslaptte. Hernieuwde aandacht voor compartimenteren kwam er in de jaren negentig.

De argumenten vóór en tegen compartimentering zijn vandaag niet wezenlijk anders dan vroeger.

Historisch onderzoek wijst op de volgende argumenten vóór compartimentering: een beperking van het overstroomde gebied, een langzamere bresgroei, een beperking van de duur van de overstroming en betere mogelijkheden om een bres snel te dichten (vooral aan de orde bij getijdengebieden). Daarnaast kan compartimentering een zekere adempauze bieden voor het nemen van tegenmaatregelen en kunnen de dijken als vluchtplaats dienen voor mens en dier.

Ook de argumenten tegen compartimentering zijn niet nieuw. Gewezen wordt op de hoge kosten van aanleg en instandhouding van compartimenteringsdijken: dit geld zou beter kunnen worden gebruikt voor de versterking van de primaire waterkeringen. Andere bezwaren die in het verleden al werden onderkend zijn het toegenomen verdrinkingsgevaar in te kleine compartimenten en een gebrek aan ruimte om een nieuwe waterkering te kunnen aanleggen.

Vroeger werd er heel anders aangekeken tegen de omstandigheden waaronder een compartimenteringsdijk zou moeten functioneren.

Zijn de argumenten voor en tegen compartimenteren niet wezenlijk veranderd, anders is dat bij het beeld onder welke omstandigheden compartimenteringsdijken goed zouden kunnen functioneren. In het verleden zijn compartimenteringsdijken namelijk vooral aangelegd omdat de sterkte van de primaire keringen te wensen overliet. Compartimenteringsdijken werden dus vooral nuttig bevonden in geval van overstromingen door andere bezwijkmechanismen dan extreem hoogwater.

In het verleden is verscheidene keren overwogen compartimenterende dijken te verwijderen, maar slechts in een beperkt aantal gevallen is daadwerkelijk tot decompartimenteren overgegaan.

In de meeste van de beschouwde gevallen bleken de beoogde reductie in slachtoffer-risico's, in beheer- en onderhoudskosten, of de barrièrewerking bij ruimtelijke ontwikkelingen, onvoldoende doorslaggevend te zijn om tot decompartimentering over te gaan.

7.1.1 Is compartimentering een zinvolle maatregel?

Compartimenteren is op veel terreinen een beproefd concept om de gevolgen van een ramp te beperken.

Compartimenteren vindt op veel terreinen toepassing om de gevolgen van een ramp beter te beheersen. In de scheepvaart worden dubbele wanden en waterdichte compartimenten toegepast om zinken na een aanvaring te voorkomen. Gebouwen worden in compartimenten verdeeld om de uitbreiding van een brand te beperken; de compartimenten worden onderling gescheiden door brandbestendige wanden, vloeren en deuren. In de bosbouw worden percelen gescheiden door brandgangen om de uitbreiding van een bosbrand te vertragen en het bos beter toegankelijk te maken voor de brandweer.

Compartimentering kan effectief bijdragen aan het beperken van de gevolgen van een overstroming.

Het overstroomde oppervlak, de economische schade en het aantal getroffen nemen na de aanleg van een goed-gepositioneerde compartimenteringsdijk af.

De uitgevoerde casestudies laten zien dat een reductie van economische schade en aantal getroffen en met 50 – 80 % haalbaar is.

Vanuit een economisch perspectief is compartimentering slechts in een beperkt aantal gevallen een effectieve maatregel.

De verwachte afname van de jaarlijkse economische schade is in veel gevallen kleiner dan de kosten voor aanleg en onderhoud van een compartimenteringskering. Anders gezegd de baten/kostenverhouding van de maatregel is veelal kleiner dan 1. Dit hangt nauw samen met de kleine overstromingskans van dijkkringen, die te danken is aan de hoogte en kwaliteit van de primaire waterkeringen. Indien economische overwegingen prevaleren zal compartimentering slechts in enkele gevallen renderen.

Een normatieve uitspraak over de maximaal aanvaardbare omvang van de gevolgen heeft consequenties voor de toepasbaarheid van compartimentering.

In beginsel geldt 'hoe beter een dijkkring beschermd is, des te minder rendabel is compartimentering'. Daarbij moet wel worden aangetekend dat compartimentering ook een ander doel dient dan (nog verdere) bescherming, namelijk het beperkt houden van een ramp en het voorkomen van maatschappelijke ontwrichting. De zorg voor waterveiligheid is mede gericht op het beperken van maatschappelijke ontwrichting of maatschappelijk onaanvaardbare aantallen slachtoffers. Om die reden kan compartimentering toch worden overwogen, ook als de maatregel niet kosteneffectief is.

Grenzen aan wat maatschappelijke aanvaardbaarheid wordt gevonden lijken daarbij het best te kunnen worden gesteld op basis van het maximaal aanvaardbare aantal slachtoffers. In dit verband zij opgemerkt dat in andere domeinen, zoals brandpreventie en scheepsbouw, normen en voorschriften voor compartimenteren zijn ontwikkeld, die nu worden toegepast zonder dat in elk individueel geval een afweging wordt gemaakt van kosten en baten.

7.1.2 zo ja, waar?

Compartimentering komt vooral in aanmerking in 'gevaarlijk grote' dijkkringen, die gemakkelijk zijn op te delen.

'Gevaarlijk grote' dijkkringen zijn grote dijkkringen waarin veel mensen worden getroffen, mogelijk veel slachtoffers vallen en/of grote economische schade valt te verwachten.

De kosten voor de realisatie van een compartimenteringskering zijn afhankelijk van de lengte van de aan te leggen dijk en de mogelijkheid om mee te koppelen met bestaande lijnvormige elementen. De lengte van de dijk wordt vooral bepaald door de vorm van de dijkkring, de ligging ten opzichte van de bedreiging (dwars op een water of evenwijdig eraan of met water rondom), en de ruimtelijke verdeling van het landgebruik.

Op basis van een eerste verkenning is een achttal dijkkringen geselecteerd waar compartimentering serieuze overweging verdient (Figuur 3.2). Vier van deze zijn in de casestudies nader onderzocht. Andere dijkkringen waar compartimentering serieuze overweging verdient zijn: Friesland-Groningen, Noord-Holland, IJsselmonde en Voorne-Putten.

Het gebruik van de jaarlijkse baat (rekening houdend met de overstromingskans) in plaats van de 'absolute' baat (totale schade gegeven een overstroming) resulteert in een andere selectie van dijkkringen waar compartimentering kansrijk is.

Bij de eerste selectie van kansrijke dijkkringen, gebaseerd op de absolute baat, kwamen vooral de gevaarlijk grote dijkkringen naar voren, waaronder Centraal-Holland en Noord-Holland.

Indien de economische baten/kostenverhouding meer gewicht wordt toegekend, is compartimentering van dijkringen met een hoog beschermingsniveau, zoals de dijkringen langs de kust, verhoudingsgewijs minder aantrekkelijk.

In Flevoland zijn er, na formalisering van de Knardijk als compartimenteringsdijk, op dit moment geen aanvullende compartimenteringsdijken die voldoende rendabel en robuust zijn.

Een compartimenteringsdijk in Zuidelijk Flevoland is alleen bij een doorbraak ter hoogte van de Oostvaardersplassen effectief; bij een doorbraak nabij Almere zullen de gevolgen door een compartimenteringsdijk zelfs ernstiger kunnen zijn. De waterdiepte in een kleiner compartiment stijgt sneller dan zonder compartimentering. Om die reden dient compartimentering in Zuidelijk Flevoland vergezeld te gaan van normdifferentiatie, ofwel een duidelijk hoger beschermingsniveau van het stedelijke compartiment. Voor andere maatregelen in de sfeer van kansreductie, blootstellingbeperking en kwetsbaarheidbeperking, liggen in Almere – als grotendeels nog te bouwen stad – kansen. Als gevolg van de sterke groei van Almere kan de economische aantrekkelijkheid van compartimentering in de toekomst toenemen.

Deze conclusie kan worden beschouwd als representatief voor diepe polders, zoals de IJsselmeerpolders.

In Centraal-Holland is op basis van kosten-batenanalyses aanvullende compartimentering niet aantrekkelijk. Echter de bijdrage aan het verminderen van het aantal te verwachten slachtoffers en aan het beperken van maatschappelijke ontwrichting kan aanzienlijk zijn.

De lage rentabiliteit van compartimenteren hangt samen met de kleine overstromingskansen. Verder blijft de schade in de dijkkring beperkt doordat bij een doorbraak van de primaire kering slechts een deel van de dijkkring onder water loopt. De reeds aanwezige regionale keringen beperken het overstroomde oppervlak. Of de regionale keringen, zoals boezemkaden, sterk genoeg zijn om het buitenwater te keren dient overigens nader te worden onderzocht.

De primaire c-keringen (die de grens vormen tussen Centraal Holland en de aangrenzende dijkringen Kromme Rijn en Lopiker- en Krimpenerwaard) zijn de achilleshiel van Centraal-Holland. Deze keringen bieden dijkkring 14 mogelijk niet de beoogde bescherming van 1:10.000. Via de dijkringen Kromme Rijn en Lopiker- en Krimpenerwaard kan een deel van dijkkring 14 onderlopen wanneer zich een doorbraak vanuit de rivieren voordoet. De precieze kans op een dergelijke 'kettingreactie' is echter moeilijk vast te stellen.

Indien men in de kustgebieden compartimenteringsdijken overweegt, kunnen deze het best in de vorm van secundaire keringen worden uitgevoerd. Om te voorkomen dat in de kleine buitenste compartimenten veel slachtoffers vallen zijn goede evacuatieplannen noodzakelijk.

Deze conclusie is representatief voor alle grote dijkringen langs de kust, waaronder Noord-Holland en Friesland-Groningen.

De aanleg van een compartimenteringskering in het Land van Heusden / de Maaskant, reduceert, afhankelijk van het tracé, de economische schade en het aantal getroffen met 50 - 80%. De aanleg vergt forse investeringen en is vanuit economisch oogpunt onvoldoende rendabel.

In de RBSO-studie is voor compartimentering van deze dijkkring een baten/kostenverhouding van ca. 0,7 bepaald. Die beoordeling van de rentabiliteit wordt in deze studie bevestigd.

In de casestudie zijn verschillende mogelijke tracés verkend. In geval tot compartimentering zou worden besloten bestaat er een voorkeur voor een tracé langs de Hertogswetering. Die voorkeur berust op een relatief gunstige baten/kostenverhouding en is mede ingegeven door de goede landschappelijke inpasbaarheid en de mogelijkheden tot meekoppeling met gebruiksfuncties in het gebied.

In de Betuwe, Tiel- en Culemborgerwaarden is een compartimenteringsdijk economisch rendabel en ruimtelijk goed inpasbaar. Een tracé aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal heeft veruit de voorkeur; combinatie met een lagere dijk op de Betuwelinie is het overwegen waard.

Een compartimenteringsdijk aan de westkant van het Amsterdam-Rijnkanaal is het meest gunstig uit het oogpunt van kosten en baten. Dit tracé is ook het meest robuust, omdat er maar één coupure nodig is. De mogelijkheid om via het kanaal vroegtijdig water uit het overstroomde gebied te kunnen lozen blijkt de maximumwaterstand effectief te kunnen beperken. Ook kan de dijk langs het kanaal in beginsel goed worden ingepast in de omgeving.

Vanuit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit verdient ook het Betuwelinietracé overweging, maar niet als enig tracé. Een dijk op de Betuwelinie zou namelijk bij voorkeur als lagere dijk moeten worden uitgevoerd, zodat de schade in het oostelijk (KAN-)gebied ten gevolge van aanleg van de kering niet toeneemt en de dijk bovendien een passender dimensionering kan krijgen. In een combinatie met het Amsterdam-Rijnkanaaltracé kan het Betuwelinietracé bijdragen aan verdere gevolgbeperving.

In veel kustdijkkringen zijn de baten van compartimentering relatief laag doordat de aanwezige keringen (boezemkaden, regionale waterkeringen met een compartimenterende functie en voormalige primaire waterkeringen) ervoor zorgen dat slechts een (beperkt) deel van deze dijkkringen onder water stroomt.

Indien aangenomen wordt dat bestaande compartimenterende structuren niet bezwijken wanneer ze na een doorbraak van de primaire waterkering worden belast, blijft de omvang van een overstroming in veel kustdijkkringen beperkt. Bijgevolg zijn de baten van aanvullende compartimenteringsdijken beperkt.

Overwogen kan worden de belangrijkste van de aanwezige keringen een status als compartimenteringsdijk te geven. De standzekerheid van boezemkaden bij belasting vanaf de 'verkeerde' kant dient dan wel te worden onderzocht. Omgekeerd is het raadzaam om, indien men overweegt een regionale kering te slechten, eerst onderzoek uit te voeren naar het nut van de kering in het beperken van de omvang van een overstroming.

De uitkomsten van de kosten-batenanalyses voor de verschillende casestudies zijn sterk afhankelijk van de (veronderstelde) overstromingskans.

Voor het bepalen van de verwachte jaarlijkse baten moeten de baten in geval van een overstroming worden vermenigvuldigd met de kans op zo'n overstroming. Hoewel gewerkt wordt aan methoden om deze kans beter te bepalen (Veiligheid Nederland in Kaart) ontbreekt op dit moment nog de kennis om de overstromingskans voldoende nauwkeurig vast te stellen. Overstromingskansen worden vastgesteld met de best beschikbare kennis, maar het resultaat blijft erg gevoelig voor aannames. Een wijziging in aannames kan de overstromingskans gemakkelijk met een factor 2 of meer doen veranderen. Omdat de baten/kostenverhouding direct is gerelateerd is aan de overstromingskans, werkt deze kennisonzekerheid direct door in de rentabiliteitsvraag. In bijvoorbeeld de dijkkring Land van Heusden / De Maaskant zijn de jaarlijkse baten berekend, uitgaande van een overstromingskans van 1:2.000 per jaar (aansluitend bij de studie Nederland Later).

Bij die overstromingskans is de baten/kostenverhouding kleiner dan 1. Zou de overstromingskans gelijk zijn genomen aan de norm voor de overschrijdingskans van het maatgevend hoogwater (een kans van 1:1.250 per jaar) dan resulteert een baten/kostenverhouding groter dan 1.

7.1.3 en onder welke voorwaarden

Compartimentering is het meest effectief in het beperken van gevolgen in combinatie met aanvullende maatregelen, zoals suatiewerken (uitlaatwerken), differentiatie van beschermingsniveaus, en evacuatieplanning.

In dijkringen in het rivierengebied blijkt compartimentering in combinatie met een uitlaatwerk de effectiviteit in termen van gevolgbeperking te vergroten. De looptijd van de hoogwatergolf door de rivier is korter dan over land. Hierdoor bestaat veelal de mogelijkheid om water in het benedenstrooms gelegen deel van de dijkkring terug te laten stromen naar de rivier. Dit beperkt de waterdiepte in de dijkkring. De Dalemse overlaat bij Gorkum is aangelegd voor dit doel. In de onderhavige studie bleek een uitlaatwerk een positief effect te hebben bij alle doorbraken vanuit een rivier (dijkkring 15, 36 en 43).

Wanneer stedelijk gebied grenst aan de primaire waterkering is de veiligheid gediend als de compartimentering wordt vergezeld van een betere bescherming van het stedelijke compartiment.

Het overstroomde oppervlak, de economische schade en het aantal getroffen en nemen door de aanleg van een compartimenteringsdijk vrijwel altijd af. Daarentegen kan het aantal te verwachten slachtoffers bij het ontstaan van kleine compartimenten groter worden ten gevolge van een grotere stijgsnelheid en een grotere maximumwaterdiepte. Compartimentering dient in die situaties vergezeld te gaan van goede evacuatieplannen.

Een compartimenteringsdijk moet ook goed functioneren bij dijkfalen door bovenmaatgevende omstandigheden.

In het verleden meende men dat compartimenteringsdijken alleen nuttig waren als de dijk faalde door andere bezwijkmechanismen dan het optreden van extreem hoogwater, omdat men ervan uitging dat als de primaire kering het begaf ook secundaire keringen geen lang leven meer was beschoren. In de compartimenteringstudie is compartimenteren daarentegen vooral beschouwd als maatregel om het restrisico van overschrijding van maatgevende omstandigheden beter te beheersen. Dat stelt hoge eisen aan de robuustheid van de compartimenteringsdijk.

Om het functioneren van compartimenteringsdijken te kunnen waarborgen is het gewenst dat compartimenteringsdijken als zodanig zijn aangewezen bij wet of provinciale verordening.

Alleen wanneer compartimenteringsdijken formeel zijn aangewezen en wettelijk zijn verankerd, bijvoorbeeld in de Wet op de Waterkering, wordt hun hoogte en onderhoudstoestand onderworpen aan geregelde toetsing.

Compartimenteringsdijken kunnen met het bestaande wettelijk kader worden gerealiseerd.

Indien wordt overgegaan tot de aanwijzing of aanleg van een compartimenteringsdijk vormen de Wet op de Waterkering, de Waterschapswet en de WRO de wettelijke kaders. De Wet op de Waterkering is van toepassing indien de compartimenteringsdijk de status van primaire waterkering krijgt. In het geval van een regionale waterkering is de Waterschapswet van toepassing. De tracéwet biedt alleen een kader bij functiecombinatie met hoofdinfrastructuur.

Voor het beheer van compartimenteringsdijken vormen, indien het Rijk beheerder is, de Wet beheer Rijkswaterstaatswerken (Wbr) en de bijlagen bij de Wet op de Waterkering het juridische kader. Indien de beheerstaak bij reglementaire provinciale verordening aan het waterschap is toebedeeld, is de keur van toepassing.

7.2 Aanbevelingen

Om te komen tot een goed onderbouwd besluit rond de mogelijke aanleg van een compartimenteringskering is een brede afweging van kans- en gevolgbeperkende maatregelen noodzakelijk.

Een baten/kostenverhouding kleiner dan 1 hoeft niet automatisch te betekenen dat compartimentering geen zinvolle maatregel is. Omgekeerd hoeft een verhouding groter dan 1 nog niet te betekenen dat een compartimenteringsdijk onmiddellijk moet worden aangelegd. De beoordeling van nut en aantrekkelijkheid van compartimentering is mede afhankelijk van de kosteneffectiviteit en inpasbaarheid van andere maatregelen. Bij langgerekte dijkringen met een lange primaire waterkering kan de aanleg van een korte compartimenteringsdijk economisch aantrekkelijker zijn dan ophoging van de primaire kering (voor de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden is dit in RBSO vastgesteld). De aanleg van een korte compartimenteringsdijk kan in bepaalde dijkringen minder schade aan natuurlijke en culturele landschapswaarden veroorzaken dan dijkverzwaringen over de volle lengte.

Beslissingen over compartimentering moeten in samenhang met besluiten over beschermingsnormen worden genomen.

Beslissingen over compartimentering en kansverkleining moeten in samenhang worden genomen. Immers de baten/kostenverhouding (element van het 'nut') van kansverkleining (normverhoging) is afhankelijk van de verwachte gevolgen (slachtoffers en/of schade). Omgekeerd is de baten/kostenverhouding van compartimentering afhankelijk van de overstromingskans en dus van de beschermingsnorm.

In veel kustdijkringen beperken reeds aanwezige keringen (boezemkaden en voormalige primaire waterkeringen) het overstroomd oppervlak, mits de standzekerheid voldoende is gewaarborgd. De standzekerheid van deze keringen is echter nog onvoldoende bekend en dient nader onderzocht te worden.

Indien aangenomen wordt dat bestaande compartimenterende structuren niet bezwijken wanneer ze na een doorbraak van de primaire waterkering worden belast, blijft de omvang van een overstroming in veel kustdijkringen beperkt. De standzekerheid van de kering bij belasting vanaf de 'verkeerde' kant is echter onvoldoende bekend en dient te worden onderzocht. Alleen dan kan een realistische schatting worden verkregen van de gevolgen van een overstroming en in het verlengde daarvan van het nut van aanvullende compartimentering. Informatie over de standzekerheid is ook nodig indien wordt overwogen bestaande boezemkaden en/of voormalige waterkeringen aan te wijzen als compartimenteringsdijk.

Een vervolg op de uitkomsten van de verkenning van de regionale casestudies.

De analyse van de casestudies geeft aanleiding tot de volgende specifieke aanbevelingen voor vervolgv activiteiten:

- De casestudie voor de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden heeft laten zien dat er goede perspectieven zijn - ook vanuit economisch oogpunt - voor compartimentering van de dijkring. Deze uitkomst rechtvaardigt het uitvoeren van een planstudie naar het verhogen en versterken van de westelijke kanaaldijk van het Amsterdam-Rijnkanaal al dan niet in combinatie met een lage Betuwelinie.

- De verkennende casestudie voor Centraal-Holland heeft duidelijk gemaakt dat bestaande regionale keringen van grote invloed (kunnen) zijn op de omvang van een overstroming. De rol/betekenis van de regionale keringen dient nader verkend te worden, met daarbij aandacht voor de standzekerheid van deze keringen in geval van een doorbraak van de primaire waterkeringen.
- Tevens wordt naar aanleiding van de casestudie Centraal-Holland aanbevolen de systeemwerking tussen dijkringen 14, 15 en 44, waardoor Centraal Holland vanuit de rivieren zou kunnen overstromen, nader te onderzoeken.
- De rentabiliteit van een compartimenteringskering in de dijkkring Land van Heusden / De Maaskant is als matig beoordeeld; althans bij de gebruikte aannamen ten aanzien van de overstromingskans. Om meer gefundeerde conclusies te kunnen trekken over de wenselijkheid van compartimentering in deze dijkkring is een bredere verkenning nodig, waarbij compartimentering wordt gezien in samenhang met verhoging en versterking van (delen van) de primaire waterkeringen
- Uit deze studie volgen geen directe aanbevelingen voor verdere compartimentering van Zuidelijk Flevoland. Aanwijzing van de Knardijk als categorie-c kering ingevolge de Wet op de Waterkering ligt dermate voor de hand dat deze ook reeds wordt voorbereid.

Aanscherpen van het overzicht van kansrijkdom van dijkringen aan de hand van regionale casestudies voor die dijkringen waar compartimentering serieuze overweging verdient.

In de verkenning van de kansrijkdom is geconcludeerd dat voor een achttal dijkringen compartimentering serieuze overweging verdient. Vier van deze dijkringen zijn als casestudy beschouwd in de onderhavige studie. Met de uitvoering van deze regionale casestudies is een veel beter inzicht ontstaan in de effectiviteit en inpasbaarheid van compartimenteringskeringen in de betreffende dijkringen. Een dergelijke verkenning wordt ook wenselijk geacht voor de dijkringen Friesland-Groningen, Noord-Holland en Voorne-Putten.

Voordat verder onderzoek wordt uitgevoerd naar de mogelijkheden tot compartimentering van verscheidene grote dijkringen lijkt een maatschappelijk debat over onaanvaardbare economische schade, aantallen getroffen personen en slachtoffers gewenst.

Wanneer veel gewicht wordt toegekend aan de economische baten/kostenverhouding is compartimentering in dijkringen met een hoog beschermingsniveau niet rendabel, ook al wordt de schade bij een overstroming vaak met meer dan 50% gereduceerd. Een besluit tot compartimentering kan echter ook worden genomen op basis van – meer principiële – normatieve uitspraken (grenzen aan maatschappelijke aanvaardbaarheid). Grenzen aan maatschappelijke aanvaardbaarheid lijken het beste te kunnen worden gesteld op basis van een maximaal aanvaardbaar aantal slachtoffers.

8 Literatuur

- Alberts, F.W., 2006. *Achtergrondrapportage Ruimtelijke aspecten Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas*. Rapport Rijkswaterstaat-RIZA, (concept maart 2006).
- Alkema, D., 2003. *Waterstaatkundige inrichting van rivierpolders: een hernieuwde rol voor cultuurhistorische elementen*. CD-ROM met animaties en analyses van 28 overstromingssimulaties van het Land van Maas en Waal, uitgevoerd met een 2-dimensionaal overstromingsmodel. Projectbureau Belvedere, Utrecht & Universiteit Utrecht, Nederland.
- Arcadis, Royal Haskoning & Fugro, 2005. *Compartimenteringsdijken, kostenkennallen en kostenraming voor drie traces*. In opdracht van RWS/RIZA. Rapport 110403/OF5/007/001292/LB.
- Asselman, N.E.M., 2003. *HIS-simulatie Delta 2003*. WL-rapport Q3329, Delft.
- Asselman, N.E.M., 2006. *WINN-Verkenning compartimentering*. WL-rapport Q4112, Delft.
- Asselman, N., 2008a. *Compartimenteringstudie – casestudie Zuidelijk Flevoland*. Deltares rapport T2513.37, Delft.
- Asselman, N., 2008b. *Compartimenteringstudie – casestudie Centraal Holland*. Deltares rapport T2513.34, Delft.
- Baan, P., F. Klijn en M. van der Vat, 2007. *Beoordelingskader compartimentering: kosten, baten en overige criteria*. Achtergrond rapport Compartimenteringstudie. Deltares rapport T2513.22.
- De Bruine, E.P., 2006. *The influence of compartmentalisation on flooding in Central Holland*. Afstudeerscriptie TU-Delft-CiTG (bij prof. Savenije)
- Deltacommissie, 1961. *Eindverslag en interimadviezen. Deel 1*. Staatsdrukkerij- en uitgeversbedrijf, 's-Gravenhage.
- Eijgenraam, C..J.J., 2006. *Optimal safety standards for dike-ring areas*. CPB-discussion paper no 62, Den Haag.
- Groot, S. & B. Kolen, 2006. *Uitwerking showcase benenderivieren. Maasdijk*. HKV lijn in water, rapport PR1192.20, Lelystad
- Hesselink, A.W., 2002. *History makes a river; morphological changes and human interference in the river Rhine, The Netherlands*. Nederlandse Geografische Studies 292, KNAG, proefschrift Universiteit Utrecht.
- HKVLIJN IN WATER 2007. *Overstromingsberekeningen voor rampenbestrijdingsplannen dijkkringgebieden 14,15 en 44*. Rapport HKVLIJN IN WATER.
- Kind, J., 2005. *Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas, Achtergrondrapportage Kosten-batenanalyse*. RIZA rapport 2005.025.
- Kind, J., 2007. *Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw*. Concept Plan van aanpak, 18 juni 2007
- Klijn, F. & K.M. de Bruijn, 2001. *Leven met rivieren: meer veerkracht bij hoogwater door groene rivieren en/of calamiteitenpolders*. *Aarde & Mens* 5(2001)/2: 14-18
- Klijn, F., H. van der Klis, J. Stijnen, K.M. de Bruijn & M. Kok, 2004. *Overstromingsrisico dijkringen in Nederland, betooglijn en deskundigenoordeel*. WL-rapport Q3503.10, Delft.
- Klijn, F., P. Baan, K.M. de Bruijn & J. Kwadijk, 2007. *Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat; verwachtingen, schattingen en berekeningen voor het project Nederland Later*. WL-rapport Q4290, Delft.
- Knoeff, J.G., Van Mierlo, T. en Schoofs, C.A. , 2003. *Effectiviteit tweede waterkeringen fase 5*. Delft Cluster rapport 0.2.03.01-49, GeoDelft.
- Melisie, E.J., 2005. *Overstromingsrisico dijkkring 14*. Project VNK. VNK achtergrondrapport. Delft, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006. *Syntheserapport onderzoeksprogramma Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas*. Den Haag, ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005. *Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) hoofdrapport onderzoek overstromingsrisico's*.

-
- MNP (Milieu- en Natuurplanbureau), 2007. Nederland Later. Tweede duurzaamheidsverkenning. Bilthoven.
- Provincie Zuid-Holland, 1990. *De Lingewerken een waterstaatkundige 'noodzaak'*. Hoofdrapport en kaartbijlage, Prov. Zuid-Holland, Dienst Water en Milieu.
- RIVM (red. Ten Brinke & Bannink), 2004. *Risico's in bedijkte termen; een evaluatie van het beleid inzake de veiligheid tegen overstromen*. MNP, Bilthoven.
- Rijkswaterstaat & KNMI, 1961. *Verslag over de stormvloed 1953*. Den Haag: Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf.
- TAW, 1973. *De tweede waterkeringen in Nederland*. Verslag van de werkgroep Tweede Waterkeringen.
- Ter Maat, J., F. Klijn, R. de Koning & A. Wijbenga, 2008. *Compartimenteringstudie – casestudie Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden*. Deltares rapport T2513.35, Delft.
- Theunissen, R.P.G.J., 2006. *A probabilistic flood risk assessment and the impact of compartmentation*. Afstudeerscriptie TU-Delft-CiTG (bij prof. Vrijling).
- Van der Most, H., 2008. *Compartimenteringstudie – casestudie Land van Heusden/ De Maaskant*. Deltares rapport T2513.36, Delft.
- Van der Most, H., P. Baan & F. Klijn, 2006. *Differentiatie in bescherming tegen overstroming? Discussiestuk voor 'Waterveiligheid 21^e eeuw'*. WL-rapport Q4044/Q4143, Delft.
- Van Heezik, A., 2008. *Het voordeel eener dubbele defensie - de discussies rond het compartimenteren van dijkringen in het verleden*
- Van Mierlo, T., 2005. *Verkenning van systeemwerking in het bovenrivierengebied van Rijn en Maas*. Rapport WL|Delft Hydraulics.
- Vis, M., F. Klijn, S.A.M. van Rooij & M. van Buuren (eds.), 2001. *Living with floods. Resilience strategies for flood risk management and multiple land use in the lower Rhine River basin. Final report*. WL-report R3470, Delft.
- Wet op de Waterkering, 1996. Staatsblad 1996, nr. 8.
- Windhouwer, C.J., 2005. *Evacuatiestrategieën Provincie Flevoland: een eerste verkenning*
- Wouters, K., 2004. *Nut en noodzaak van de Slaperdijk als regionale waterkering*. HKV [lijn in water](#), rapport PR705.10, Lelystad

A Kenmerken van dijkringen die zijn gebruikt voor de bepaling van nut en kansrijkdom van compartimenteren

Tabel A.1 *Oppervlakte van de verschillende dijkringen. De dijkringen in het winterbed van de onbedijkte Maas zijn in verband met het kleine oppervlak buiten beschouwing gelaten, evenals Marken, IJburg en de Biesbosch, die wordt ontpolderd. Met rood respectievelijk rood + vet aangegeven welke dijkringen groter zijn dan 10.000 ha respectievelijk 100.000 ha*

Nr	Naam	Oppervlak (ha)
1	Schiermonnikoog	824
2	Ameland	3224
3	Terschelling	1880
4	Vlieland	23
5	Texel	12725
6	Friesland en Groningen	493513
7	Noordoostpolder	49367
8	Flevoland	97405
9	Vollenhove	50645
10	Mastenbroek	9546
11	IJsseldelta	11651
12	Wieringen	22336
13	Noord-Holland	153093
14	Zuid-Holland	222536
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	31812
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	39197
17	IJsselmonde	12555
18	Pernis	154
19	Rozenburg	305
20	Voorne-Putten	19385
21	Hoekse Waard	24544
22	Eiland van Dordrecht	4916
24	Land van Altena	16353
25	Goeree-Overflakkee	22458
26	Schouwen Duivenland	22094
27	Tholen en St. Philipsland	13878
28	Noord-Beveland	7753
29	Walcheren	20126
30	Zuid-Beveland west	26089
31	Zuid-Beveland oost	7546
32	Zeeuwsch Vlaanderen	71862
33	Kreekrakpolder	1411
34	West-Brabant	73696
34-a	Geertruidenberg	358
35	Donge	12561
36	Land van Heusden/de Maaskant	73153
36-a	Keent	104
38	Bommelerwaard	10887
39	Alem	94

Nr	Naam	Oppervlak (ha)
40	Heerewaarden	236
41	Land van Maas en Waal	27929
42	Ooij en Millingen	3433
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	62595
44	Kromme Rijn	63484
45	Gelderse Vallei	32470
46	Eempolder	1183
47	Arnhemse- en Velpsebroek	2044
48	Rijn en IJssel	36356
49	IJsselland	8688
50	Zutphen	4089
51	Gorssel	4678
52	Oost Veluwe	30890
53	Salland	28162

Tabel A.2 Verwacht aantal getroffen personen en aantallen slachtoffers als gevolg van een dijkdoorbraak (Klijn et al., 2007). Met rood is aangegeven dat het maximum aantal getroffen personen groter is dan 100.000 of het verwachte aantal werkelijke slachtoffers (nu of in de toekomst) groter dan 100.

nr	dijkkring	maximum aantal getroffen	deel onder water (%)	aantal slachtoffers				
				huidig			trend 2020	trend 2040
				min	ver- wacht	max.	verwacht	verwacht
1	Schiermonnikoog	800	100	0	1	4	1	1
2	Ameland	3.500	100	0	3	18	2	2
3	Terschelling	1.800	100	0	2	9	2	2
4	Vlieland	300	100	0	0	2		
5	Texel	14.000	100	1	13	70	16	15
6	Friesland en Groningen	1.046.400	5-30	10	165	1.256	185	185
7	Noordoostpolder	58.500	95-100	6	43	234	42	46
8	Flevoland	238.700	50-100	12	134	955	175	188
9	Vollenhove	83.000	50-100	0	10	83	12	14
10	Mastenbroek	32.200	50-100	0	4	32	5	5
11	IJsseldelta	45.400	100	0	7	45	7	7
12	Wieringen	20.100	95-100	2	15	80	20	21
13	Noord-Holland	949.300	5-30	9	150	1.139	163	174
14	Zuid-Holland	3.195.800	5-30	32	503	3.835	574	601
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	195.400	80-100	16	106	586	123	124
16	Alblasserwaard en Vijfh.landen	197.500	100	20	119	593	117	132
17	IJsselmonde	335.300	100	34	251	1.341	250	250
18	Pernis	4.400	100	0	3	18	3	2
19	Rozenburg	13.600	100	1	10	54	10	10
20	Voorne-Putten	149.900	50-100	19	169	1.124	179	183
21	Hoeksche Waard	82.900	50-100	4	37	249	45	56
22	Eiland van Dordrecht	98.200	100	10	74	393	79	75
23	Biesbosch	300	100	0	0	1		
24	Land van Altena	51.100	100	5	31	153	30	30
25	Goeree-Overflakkee	46.300	50-100	6	52	347	54	62
26	Schouwen Duivenland	33.200	50-100	4	37	249	41	41
27	Tholen en St. Philipsland	22.700	50-100	1	10	68	10	11
28	Noord Beveland	6.400	50-100	1	7	48	7	7
29	Walcheren	110.500	50-100	14	124	829	126	120
30	Zuid Beveland west	69.900	50-100	9	79	524	93	92
31	Zuid Beveland oost	18.800	50-100	2	21	141	22	23
32	Zeeuwsch Vlaanderen	105.700	5-20	1	20	159	21	20
34	West-Brabant	215.300	50-100	11	97	646	100	102
35	Donge	87.400	100	9	52	262	50	49
36	Land van Heusden/de Maaskant	400.200	5-50	0	35	400	39	40
38	Bommelerwaard	45.200	100	0	14	90	15	15
41	Land van Maas en Waal	190.500	90-100	2	57	381	64	66
42	Ooij en Millingen	10.700	100	0	3	21	4	5
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	299.000	70-100	2	80	598	88	92

nr	dijkring	maximum aantal getroffen	deel onder water (%)	aantal slachtoffers				
				huidig			trend 2020	trend 2040
				min .	ver- wacht	max.	verwacht	verwacht
44	Kromme Rijn	592.700	10-30	6	71	533	78	83
45	Gelderse Vallei	247.300	80-100	20	134	742	137	138
46	Eempolder	3.500	100	0	3	14	8	8
47	Arnhemse- en Velpsebroek	35.200	100	0	6	35	6	6
48	Rijn en IJssel	186.100	50-100	1	44	372	42	43
49	IJsselland	13.600	50-100	0	2	14	2	2
50	Zutphen	39.500	50-100	0	5	40	5	5
51	Gorssel	8.000	50-100	0	1	8	1	1
52	Oost Veluwe	85.100	50-100	0	11	85	10	11
53	Salland	185.900	50-100	1	23	186	24	23

Tabel A.3 Verwachte economische schade als gevolg van een dijkdoorbraak in miljoen euro (Klijn et al., 2007). De getallen voor dijkringen met een verwachte schade groter dan 5 miljard euro, respectievelijk 10 miljard euro zijn **rood** of **rood-en-vet** gemaakt; de betreffende maximumschades **oranje** of **oranje-en-vet**

nr	Dijkkring	huidig			trend 2020	trend 2040
		min.	verwacht	max.	verwacht	verwacht
1	Schiermonnikoog	50	90	90	119	157
2	Ameland	150	300	300	396	522
3	Terschelling	100	200	200	264	365
4	Vlieland	10	20	20	26	35
5	Texel	1200	2300	2300	3683	4889
6	Friesland & Groningen	55	600	1200	950	1270
7	Noordoostpolder	170	2100	4200	3115	4350
8	Flevoland	3500	7000	19000	12448	17870
9	Vollenhove	1300	2650	5300	4250	6160
10	Mastenbroek	750	1500	1500	2257	3080
11	IJsseldelta	600	1200	1200	1769	2419
12	Wieringen	1550	3100	3100	6032	8317
13	Noord-Holland	1800	3600	36300	5333	7430
14	Zuid-Holland	280	18600	37000	28406	39481
15	Lopiker- & Krimpenerwaard	2600	5100	10200	7986	10927
16	Alblasserwaard & Vijfheerenlanden	10700	21300	21300	30334	44474
17	IJsselmonde	5100	10100	20200	13992	19384
18	Pernis	300	500	500	620	818
19	Rozenburg	700	1400	1400	1848	2471
20	Voorne-Putten	4500	9000	17900	13002	18166
21	Hoeksche Waard	1600	3200	3200	5069	7969
22	Eiland van Dordrecht	4500	9000	9000	13266	17939
23	Biesbosch	30	60	60	79	104
24	Land van Altena	1200	2400	2400	3458	4663
25	Goeree-Overflakkee	1100	2100	4100	3208	4646
26	Schouwen Duiveland	1300	2500	5000	4871	6455
27	Tholen en St. Philipsland	700	1300	2500	1888	2662
28	Noord Beveland	200	400	700	568	748
29	Walcheren	4000	8000	16000	11629	15364
30	Zuid Beveland west	2700	5300	10500	8422	11380
31	Zuid Beveland oost	1200	2400	3400	4290	5672
32	Zeeuwsch Vlaanderen	500	900	17700	1346	1757
33	Kreekrakpolder	0	15	30		
34	West-Brabant	2800	5600	11200	9266	12424
34a	Geertruidenberg	100	200	200		
35	Donge	1800	3500	3500	5254	6943
36	Land van Heusden/de Maaskant	60	3800	7500	6085	8404
36a	Keent	0	0	0		
37	Nederhemert	0	3	3		
38	Bommelerwaard	1400	2800	2800	4277	5812
39	Alem	20	30	30	66	104
40	Heerewaarden	20	40	40	66	87
41	Land van Maas en Waal	2600	5200	5700	8474	11658
42	Ooij en Millingen	500	1000	1000	1716	2471
43	Betuwe & TCW	4800	13800	19800	23364	32190
44	Kromme Rijn	2400	5500	17000	8052	11310
45	Gelderse Vallei	900	5400	9000	8184	10962
46	Eempolder	50	100	100	277	383

nr	Dijkkring	huidig			trend 2020	trend 2040
		min.	verwacht	max.	verwacht	ver- wacht
47	Arnhemse- en Velpsebroek	400	700	700	1056	1409
48	Rijn en IJssel	1600	4900	6600	6996	9396
49	IJsselland	200	400	400	581	783
50	Zutphen	900	1800	1800	2389	3167
51	Gorssel	200	300	300	488	696
52	Oost Veluwe	400	2100	3400	3300	4524
53	Salland	1900	5400	8700	7788	10440

Tabel A.4 Vormindex ($1/2 * \text{omtrek} / \sqrt{\text{oppervlak}}$) als indicator voor langgerektheid en aldus voor te verwachten kosten van compartimentering. De gegevens over oppervlak en omtrek zijn afkomstig van DWW; de omtrek heeft betrekking op de gehele randlengte inclusief de grens met hogere gronden (dus is niet gelijk aan de dijk lengte). Als de vormindex groter is dan 2,5 is het dijkkringgebied langgerekt (of onregelmatig gevormd), waarmee de compartimenteringsdijk beperkt van lengte kan blijven. Met **rood** (resp. **rood + vet**) zijn die dijkringen aangegeven waarbij de vormindex groter is dan 2,5 resp. 3,5.

Nr	Naam	Oppervlak (ha)	Omtrek (m)	Vormindex
1	Schiermonnikoog	824	12814	2,2
2	Ameland	3224	36894	3,2
3	Terschelling	1880	27355	3,2
4	Vlieland	23	2315	2,4
5	Texel	12725	54329	2,4
6	Friesland en Groningen	493513	429446	3,1
7	Noordoostpolder	49367	92236	2,1
8	Flevoland	97405	143937	2,3
9	Vollenhove	50645	127164	2,8
10	Mastenbroek	9546	47813	2,4
11	IJsseldelta	11651	64002	3,0
12	Wieringen	22336	66519	2,2
13	Noord-Holland	153093	252247	3,2
14	Zuid-Holland	222536	234556	2,5
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	31812	106474	3,0
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	39197	110491	2,8
17	IJsselmonde	12555	62146	2,8
18	Pernis	154	5232	2,1
19	Rozenburg	305	8131	2,3
20	Voorne-Putten	19385	70811	2,5
21	Hoekse Waard	24544	69366	2,2
22	Eiland van Dordrecht	4916	37044	2,6
24	Land van Altena	16353	57835	2,3
25	Goeree-Overflakkee	22458	97257	3,2
26	Schouwen Duivenland	22094	85178	2,9
27	Tholen en St. Philipsland	13878	73124	3,1
28	Noord-Beveland	7753	48104	2,7
29	Walcheren	20126	68496	2,4
30	Zuid-Beveland west	26089	87377	2,7
31	Zuid-Beveland oost	7546	52987	3,0
32	Zeeuwsch Vlaanderen	71862	193413	3,6
33	Kreekrakpolder	1411	22776	3,0
34	West-Brabant	73696	178235	3,3
34-a	Geertruidenberg	358	10073	2,7
35	Donge	12561	57103	2,5
36	Land van Heusden/de Maaskant	73153	215090	4,0
36a	Keent	104	4392	2,2
38	Bommelerwaard	10887	65548	3,1
39	Alem	94	4740	2,4
40	Heerewaarden	236	10267	3,3
41	Land van Maas en Waal	27929	100746	3,0
42	Ooij en Millingen	3433	38025	3,2
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	62595	195585	3,9

Nr	Naam	Oppervlak (ha)	Omtrek (m)	Vormindex
44	Kromme Rijn	63484	232237	4,6
45	Gelderse Vallei	32470	106035	2,9
46	Eempolder	1183	20772	3,0
47	Arnhemse- en Velpsebroek	2044	26947	3,0
48	Rijn en IJssel	36356	140392	3,7
49	IJsselland	8688	52189	2,8
50	Zutphen	4089	27515	2,2
51	Gorssel	4678	35403	2,6
52	Oost Veluwe	30890	117233	3,3
53	Salland	28162	112672	3,4

B Lijst met betrokken personen

Landelijk 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 Kruijk	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

Onderzoeksteam

mw. N. Asselman	Deltares
dhr. F. Klijn	Deltares
dhr. H. van der Most	Deltares
mw. J. ter Maat	Deltares
dhr. P. Baan	Deltares
dhr. R. Maaten	Deltares
dhr. R. Passchier	Deltares
dhr. P. de Grave	Deltares
mw. S. van der Kruys	TUD (stagiaire bij Deltares)
mw. S. Holterman	HKV <u>LJN IN WATER</u>
dhr. J. Oost	HKV <u>LJN IN WATER</u>
mw. M. Groot Zwaaftink	Royal Haskoning
dhr. A. van Heezik	Van Heezik Beleidsresearch Beleidsresearch.nl
dhr. R. de Koning	Robbert de Koning landschapsarchitect BNT
dhr. S. Slabbers	Bosch - Slabbers
dhr. A. Veenstra	Bosch - Slabbers
dhr. J. Heersche	Bosch - Slabbers
dhr. R. van der Ploeg	Arcadis
dhr. A. de Gier	Centrum voor omgevingsrecht en –beleid, Univ. Utrecht
dhr. F. Groothuijse	Centrum voor omgevingsrecht en –beleid, Univ. Utrecht

C Overzicht producten Compartimenteringstudie

C.1 Rapporten

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

Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden

Syntheserapport Compartimenteringstudie

R. Moll en G.J. Meulepas (2008)

Royal Haskoning rapport 9T3147.A0

ISBN 978 90 369 1464 2

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

C.2 Achtergronddocumenten en rapporten op CD-rom

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 LIJN 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 “Gevolgbeperving
Overstromingen: Compartimenteren en andere ruimtelijke ingrepen” op 5 april 2007 in
het kader van Waterveiligheid 21^e eeuw
WL | Delft Hydraulics en Robbert de Koning Landschapsarchitect BNT (2007)