

Meerlaagse veiligheid in dijkring 9

Onderzoek naar de invloed van maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag op het overstromingsrisico in dijkring 9 en of deze maatregelen kostenefficiënt toepasbaar zijn.



18 juni 2013

Figuur voorpagina; Gezicht op
Hasselt en de stenen dijk.
Bron afbeelding Ref.21

Meerlaagse veiligheid in dijkkring 9

Onderzoek naar de invloed van maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag op het overstromingsrisico in dijkkring 9 en of deze maatregelen kostenefficiënt toepasbaar zijn.

Verantwoording

Datum	18 juni 2013
Versie	Definitief aangepast (gevoelige en vertrouwelijke informatie is verwijderd)
Titel	Meerlaagse veiligheid in dijkkring 9
Projectnummer	0220503
Aantal pagina's	157 (inclusief bijlagen)
Student	L. Knook
Studentnummer	1562933
Telefoon	0627128458
Email	Luuk.Knook@student.hu.nl lknook@hotmail.com
Opleiding	Civiele techniek, Hogeschool Utrecht
Cursuscode	TCIT-AF08-12
Begeleiding	
Eerste begeleider	dr. ir. I.G.M. Wientjes
Tweede begeleider	dr. ir. J.A.M. Stuijbergen
Bedrijfsbegeleider	dr. M. van Dijk
Tweede lezer Tauw	ir. R.M. van Dam

Afstudeerbedrijf

Tauw bv
BU Water
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
Telefoon +31 30 28 24 82 4
Fax +31 30 28 89 48 4

I Voorwoord

Als ik uit mijn slaapkamerraam van mijn ouderlijk huis in Vianen kijk, kijk ik tegen de Lekdijk aan en uit over de uiterwaarden. Hoewel ik nog nooit echt hoog water heb meegemaakt, ben ik me er wel bewust van het risico dat ik loop door in het rivierenland te wonen. Het is echter verbazingwekkend hoe weinig leeftijdsgenoten zich hiervan bewust zijn. Toen ik aan een oud klasgenote uit legde dat ik 'op iets met overstromingen' afstudeerde, maakte zij bijvoorbeeld de opmerking: *'maar overstromingen komen in Nederland toch helemaal niet voor'*. Schijnbaar was ze zich er niet van bewust dat wonen aan een rivier ook gevaren met zich meebrengt.

Aan de oostkant van Vianen is een nieuwe woonwijk geplant: Hoef en Haag. Deze wijk geldt als pilot project voor meerlaagse veiligheid. Zo wordt een deel van de wijk in de plannen omringd door een extra kade en is het de ambitie om alle woningen een veilige eerste etage te geven. De eerste opmerking die mijn vader maakte toen ik dit aan hem vertelde was: *'Ik zou daar dus niet gaan wonen, want de dijk is daar dus niet sterk genoeg'*. Tja, hij heeft een punt. Want waarom zou er in extra maatregelen geïnvesteerd worden als er al een waterkering ligt, die bovendien pas een aantal jaren geleden verbeterd is?

Nog iets verder naar het oosten ligt de Diefdijk, de oude compartimenteringskering tussen de Betuwe en de Vijfheerenlanden. Waar de A2 deze dijk kruist, staat een groot bord met *'Nieuwe Hollandse Waterline'*. Links en rechts van de rijksweg bevinden zich opgeknapt kazematten (en een doorgezaagd!). Ik vraag me af hoeveel automobilisten beseffen dat ze een primaire waterkering passeren en geen museumstuk.

Puur op basis van eigen ervaringen, waarvan ik er bovenstaand een aantal beschrijf, denk ik dat voorlichting en onderwijs de beste investeringen zijn die er in waterveiligheid gedaan kunnen worden. Neem waterveiligheid bijvoorbeeld verplicht op in het onderwijsprogramma en laat kinderen ervaren wat de risico's van water zijn. Of plaats aan de oostelijke zijde van Diefdijk een bord met, *'7 M WATER, bij een overstroming'* en aan de westelijke zijde een bord met *'DROOG'*. Zo krijgen meer mensen meer besef van de gevolgen van overstromingen.

Door meer besef onder de bevolking zal waterveiligheid hoger op de politieke agenda komen te staan (en blijven staan) waardoor er, ook op de lange termijn meer geld in waterveiligheid geïnvesteerd zal worden. Bij weinig besef en de afwezigheid van overstromingen zal de politiek echter steeds minder geld over hebben voor waterveiligheid of haar toevlucht zoeken in 'op korte termijn goedkopere' alternatieven, waardoor een overstroming, met alle gevolgen van dien, slechts een kwestie van tijd is.

Dit onderzoek laat zien dat een aantal alternatieve ingrepen het overstromingsrisico in dijkkring 9 kostenefficiënter kan reduceren dan het verbeteren van de primaire waterkering. Maar ook dat het toepassen andere meerlaagse veiligheidsmaatregelen in de meeste Nederlandse dijkringen, naar verwachting geen kostenefficiënte reductie van het overstromingsrisico oplevert in vergelijking met het conventionele verbeteren van de waterkeringen.

II Samenvatting

Het overstromingsrisico van een gebied per jaar, is het product van de kans op een overstroming per jaar en de gevolgen van een overstroming. Het overstromingsrisico kan verkleind worden door de kans op een overstroming te verkleinen of door de gevolgen van een overstroming te beperken. Het verkleinen van de overstromingskans kan gerealiseerd worden door de waterkeringen te verbeteren (laag 1), het beperken van de gevolgen van een overstroming kan door maatregelen in de ruimtelijke ordening (laag 2) of door de overstromingsramp te 'beheersen' (laag 3). Het combineren van de verschillende waterveiligheidslagen wordt meerlaagse veiligheid genoemd.

In dit onderzoek wordt onderzocht wat de invloed is van maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag op het overstromingsrisico in één bepaald gebied en of de ingrepen het risico kosten efficiënt verminderen in vergelijking met het verbeteren van de waterkeringen. Hierbij wordt ingezoomd op dijkkring 9 omdat dit gebied gunstige eigenschappen heeft als: een lage bevolkingsdichtheid, een relatief lage economische waarde en de nabijheid van hoge grond. Mogelijk dat door deze specifieke gebiedseigenschappen, maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag het overstromingsrisico effectiever reduceren dan het verbeteren van de waterkeringen. Het uitgangspunt hierbij is dat de huidige sterkte van de bestaande waterkeringen gehandhaafd blijft. Binnen dit onderzoek komen de volgende maatregelen aan bod:

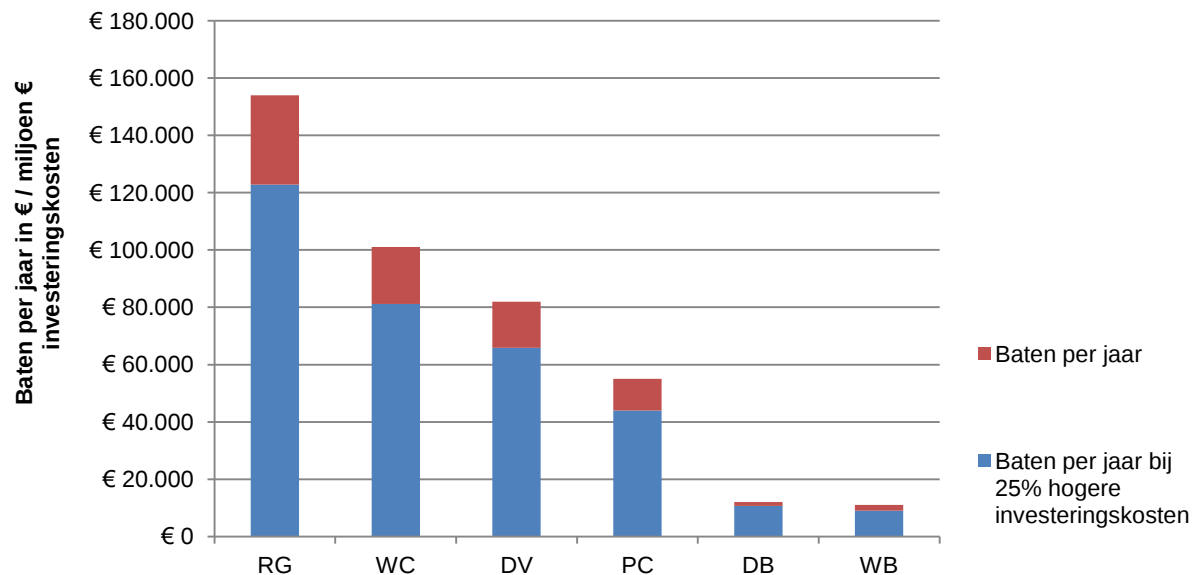
Partiële compartimentering (PC)
Waardebeschermde compartimentering (WC)
Retentiegebied (RG)
Evacuatie (EV)

Wetproof maken van bebouwing (WB)
Dryproof maken van bebouwing (DB)
Het waterrobuust maken van vitale infrastructuur.
(WVI)

In de eerste fase van het onderzoek is onderzocht wat de kosten zijn van de toegepaste maatregelen. Voor de ingrepen evacuatie en waterrobuuste infrastructuur zijn geen kosten bepaald omdat hier geen eenvoudige gegevens voor beschikbaar zijn. Vervolgens is bepaald wat de invloed is van de risicoreducerende ingrepen op het overstromingsrisico.

In grafiek II.I worden de resultaten met elkaar vergeleken door weer te geven wat de baten per jaar zijn. Dit zijn het aantal euro's dat de totale verwachtingswaarde per jaar verminderd, per miljoen euro die de maatregel aan investeringskosten vergt. In de grafiek ontbreken de maatregelen evacuatie en waterrobuuste vitale infrastructuur omdat voor deze ingrepen geen kosten zijn bepaald.

Grafiek II.I. Baten per jaar, per maatregel, op basis van de totale verwachtingswaarde



Op basis van deze vergelijking kan worden geconcludeerd dat het enkel de ingrepen retentiegebied en waardebeschermende compartimentering kostenefficiënter zijn dan het verbeteren van de primaire waterkering. Ook is de verwachting dat evacuatie een kostenefficiënte maatregel zal zijn. Op basis van de resultaten voor dijkkring 9 is echter de verwachting dat voor de meeste Nederlandse dijkkringen de grootschalige inzet van deze maatregelen niet kostenefficiënt is. Dat een aantal maatregelen in dijkkring 9 wel kostenefficiënt toegepast kunnen worden komt door de specifieke gebiedseigenschappen van het gebied.

Aanbevolen wordt om de maatregelen retentiegebied en waardebeschermende compartimentering voor dijkkring 9 verder uit te werken. Daarnaast wordt aanbevolen om een vergelijkbare analyse voor meerdere dijkkringen uit te voeren.

Tijdens dit onderzoek is gebleken dat de software (HIS SSM, VNK risicotool) waarmee dit onderzoek is uitgevoerd nog niet geschikt is om de invloed van ingrepen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag op het overstromingsrisico te bepalen. Daarom wordt aanbevolen op een instrument te ontwikkelen of bestaande instrumenten te verbeteren waarmee dit wel goed in beeld kan worden gebracht.

Inhoud

I	Voorwoord.....	7
II	Samenvatting	9
1	Inleiding.....	17
1.1	Achtergronden	17
1.1.1	Algemene historische achtergrond waterveiligheid in Nederland.....	17
1.1.2	Meerlaagse veiligheid.....	19
1.1.3	Het project Veiligheid Nederland in kaart.	20
1.2	Doelstelling	21
1.2.1	Waarom dit onderzoek?	21
1.2.2	Keuze casestudie gebied	21
1.2.3	Doel van het onderzoek	22
1.3	Afbakening	22
1.4	Uitvoering en nauwkeurigheid	24
1.4.1	HIS SSM.....	25
1.4.2	VNK risicotool.....	25
1.4.3	Problemen met HIS SSM en de VNK2 risicotool bij de uitwerking van dit onderzoek. .	25
1.5	Leeswijzer	26
2	Dijkkring 9	27
2.1	Gebiedsbeschrijving dijkkring 9.....	27
2.1.1	Dijkkringen die overeenkomsten vertonen met dijkkring 9.....	29
2.2	Huidige situatie waterveiligheid	30
2.2.1	Resultaten risicoanalyse VNK2 voor dijkkring 9.....	30
2.2.2	Kosten van een 10 maal zo hoog beschermingsniveau	34
3	Toepassen van risicoreducerende maatregelen in dijkkring 9	35
3.1	Partiële compartimentering	35
3.1.1	Compartimenteringstracé N340, ten noorden van Dalfsen	37
3.1.2	Compartimenteringstracé noordelijke regionale kering Dedemsvaart en N377	37
3.1.3	Compartimenteringstracé noordelijke regionale kering Meppelerdiep	38
3.1.4	Kosten partiële compartimentering.....	38
3.2	Waardebeschermende compartimentering	39
3.2.1	Waardebeschermende kering Meppel	40

3.2.2	Waardebeschermende kering Zwartsluis	41
3.2.3	Waardebeschermende kering Hasselt	41
3.2.4	Waardebeschermende kering bedrijventerrein Hessenpoort	42
3.2.5	Waardebeschermende kering Dalfsen	43
3.2.6	Waardebeschermende kering Rouveen – Staphorst	43
3.2.7	Kosten	43
3.3	Retentiegebied	44
3.3.1	Retentiegebied Bomhofsplas	44
3.4	Evacuatie.....	46
3.5	Wetproof maken van bebouwing.....	50
3.6	Dryproof maken van bebouwing.....	51
3.7	Waterrobuust maken van vitale infrastructuur.....	52
3.7.1	Elektriciteit.....	52
3.7.2	Drinkwater	52
3.7.3	Aardgas	54
3.8	Werkwijze kostenraming	54
3.8.1	Wijze kostenraming compartimenterende maatregelen en retentiegebied.	54
3.8.2	Wijze kostenraming wet- en dryproof maken bebouwing	55
3.8.3	Overige maatregelen.....	55
3.8.4	Nauwkeurigheid kostenraming	55
4	Uitwerking en resultaten van het toepassen van risicoreducerende maatregelen	56
4.1	Partiële compartimentering	56
4.1.1	Uitwerkingskader	56
4.1.2	Werkwijze	57
4.1.3	Resultaten	58
4.1.4	Discussie	59
4.2	Waardebeschermende compartimentering.	59
4.2.1	Uitwerkingskader	59
4.2.2	Werkwijze	59
4.2.3	Resultaten	61
4.2.4	Discussie	61
4.3	Retentiegebied Bomhofsplas	62
4.3.1	Uitwerkingskader	62
4.3.2	Werkwijze	62
4.3.3	Resultaten	62
4.3.4	Discussie	63
4.4	Evacuatie.....	63
4.4.1	Uitwerkingskader	63
4.4.2	Werkwijze	63

4.4.3	Resultaten	64
4.4.4	Discussie	64
4.5	Wetproof maken van bebouwing.....	68
4.5.1	Uitwerkingskader	68
4.5.2	Werkwijze	68
4.5.3	Resultaten	69
4.5.4	Discussie	69
4.6	Dryproof maken van bebouwing.....	70
4.6.1	Uitwerkingskader	70
4.6.2	Werkwijze	70
4.6.3	Resultaten	71
4.6.4	Discussie	72
4.7	Waterrobuust maken van de vitale infrastructuur.....	73
4.7.1	Uitwerkingskader	73
4.7.2	Werkwijze	73
4.7.3	Resultaten	74
4.7.4	Discussie	74
4.8	Dijkverbetering	75
4.8.1	Uitwerkingskader	75
4.8.2	Werkwijze	75
4.8.3	Resultaten	75
5	Vergelijking van resultaten, conclusies en aanbevelingen.....	76
5.1	Vergelijking van de resultaten	76
5.1.1	Vergelijking op basis van investeringskosten.....	77
5.1.2	Vergelijking op basis van de economische verwachtingswaarde.....	78
5.1.3	Vergelijking op basis van de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers.....	79
5.1.4	Vergelijking op basis van de totale verwachtingswaarde	80
5.1.5	Vergelijking op basis van baten per jaar	81
5.2	Conclusies.....	82
5.3	Doorkijk naar andere dijkringen op basis van de resultaten voor dijkkring 9	83
5.4	Aanbevelingen.....	84
6	Nawoord.....	86
7	Literatuur.....	87
7.1	Rapporten en publicaties.....	87
7.2	Artikelen	88
7.3	Internet	88

8	Begrippen.....	89
	Bijlage 1. Meerlaagsveiligheid in andere landen	91
	Bijlage 2. Nadere beschrijving methode VNK2 voor dijkkring 9.	94
	Bijlage 3. Overstromingspatronen dijkkring 9 per ringdeel.	99
	Bijlage 4. Overzicht ‘harde’ meerlaagse veiligheids maatregelen.	105
	Bijlage 5. Kostenraming risicoreducerende maatregelen.	112
	Bijlage 6. Beschrijving van de gebruikte modellen.	128
	Bijlage 7. Excelberekeningen ter bepaling van de nieuwe verwachtingswaarden.	136
	Bijlage 8. Aangepaste schade- en slachtoffergrids per breslocatie ter uitwerking van compartimentering.	147
	Bijlage 9. Correctie indirecte schade.....	153
	Bijlage 10. SIC Codes.....	156

1 Inleiding

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk worden de achtergronden achter dit onderzoek beschreven en wordt het begrip meerlaagse veiligheid verklaard. Vervolgens wordt in de 2^e paragraaf beschreven waarom dit onderzoek wordt uitgevoerd, waarom is gekozen voor dijkkring 9 als casestudie gebied en wat het doel van dit onderzoek is. In paragraaf 3 wordt de afbakening en de schaal van dit onderzoek beschreven. Paragraaf 4 geeft een kort beeld van de gehanteerde werkwijze in dit onderzoek. Paragraaf 5 geeft ten slotte een leeswijzer voor dit rapport.

1.1 Achtergronden

Om te begrijpen waarom de al eeuwen bestaande (en goed functionerende) Nederlandse waterkeringen aangevuld zouden kunnen worden met andere waterveiligheidslagen, wordt eerst de historische achtergrond beschreven. Hierin wordt vervolgens wordt het begrip meerlaagse veiligheid geplaatst en nader verklaard. Omdat dit onderzoek gelinkt is aan het project VNK 2 wordt ook dit project beschreven.

1.1.1 Algemene historische achtergrond waterveiligheid in Nederland

Nederland bevindt zich in de delta van de Rijn, de Maas, de Schelde en van een aantal kleinere rivieren zoals de Overijsselse Vecht. Het wonen in een deltagebied heeft voor de mens vele voordelen zoals vruchtbare landbouwgrond en gemakkelijke transportmogelijkheden over het water. Het nadeel is echter dat bij hoge rivier afvoeren het laaggelegen gebied langs de rivier kan overstromen. Voor de eerste bewoners van de Nederlandse delta, nomadische jagers en verzamelaars, was dit niet zo'n groot probleem. Zij pakte hun spullen bijeen en vluchtte naar hoger gelegen grond. Naarmate men zich echter meer permanent ging vestigen steeg ook de waarde van bezittingen. Om waterschade te voorkomen vestigden onze voorouders zich daarom in eerste instantie op de hoger gelegen plaatsen in het landschap. Als er geen hooggelegen plaatsen beschikbaar waren dan werden er kunstmatige verhogingen opgeworpen (in Friesland terp, in Groningen wierde en in Noord Holland werf genoemd [Ref.40]). Vandaag de dag liggen nog steeds een groot aantal oudere stads- en dorpskernen relatief hoger dan het omliggende land.

Naarmate de bevolkingaantallen en daarmee de bevolkingsdichtheid en het belang van landbouw toenamen, werd het aantrekkelijker om waterkeringen aan te leggen. Op deze manier konden grote gebieden effectief beschermd worden. Waterkeringen aanleggen en onderhouden vergde echter veel mankracht en grote financiële investeringen en diende dus goed gereguleerd te worden. Uit deze behoefte ontstonden de waterschappen. Het omdijken werd verder

geperfectioneerd door rivieren en zeearmen af te dammen. Zo werd het aantal kilometers dijk verkort en kon het achterliggende land nog beter beschermd worden. Een voorbeeld hiervan is de afdamming van de Kromme Rijn in 1122 in opdracht van de Utrechtse bisschop Godebald bij Wijk bij Duurstede [Ref.40]. Na een dijkdoorbraak werden de waterkeringen telkens verbeterd. Zo werden deze in de loop van de tijd steeds hoger en breder.

Naast het aanleggen van waterkeringen werd de waterveiligheid verbeterd door de rivieren te reguleren en te normaliseren (of kanaliseren; het dwingen van de rivier tot een stroomgeul en verwijderen van meanders). Hiermee werd gestart aan het begin van de 18^e eeuw met de aanleg van het Pannerdensch kanaal (geopend in 1707 [Ref.38]) en de aanleg van de Pannerdensche kop (figuur 1.1), die de verdeling van het Rijnwater reguleert. In de 19^e en 20^e eeuw werden de rivieren genormaliseerd (de Overijsselse Vecht in 1908) door kribben aan te leggen en bochten af te snijden. Omdat water zich niet aan grenzen houdt en de waterveiligheid gebaad is bij een centraal gezag, werd in 1798 Rijkswaterstaat opgericht. Deze organisatie ging vanaf dat moment de waterveiligheid landelijk coördineren.

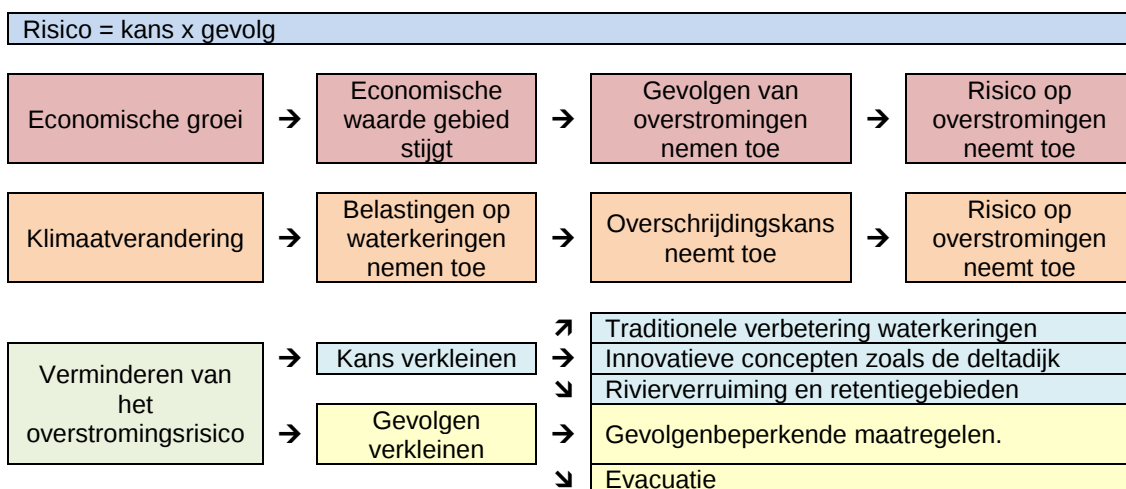


Figuur 1.1. De Pannerdensche kop reguleert de verdeling van het Rijnwater tussen het Pannerdensch kanaal en de Waal. Bron afbeelding: Ref.38

Na de vernietigende stormvloed van 1916 (waarbij ook delen van dijkkring 9 werden getroffen) en 1953 werd de bescherming tegen overstromingen vanuit zee met de Zuiderzeewerken en de Deltawerken verder uitgebreid. Ditmaal door grote estuaria af te sluiten met dammen en grote kunstwerken. Op advies van de deltacommissie werden waterkeringen ook genormeerd. De normering werd afhankelijk gemaakt van de gevolgen (hoe groter de gevolgen, des te lager de overschrijdingskans) die een overstroming voor een dijkkringgebied had. Dit was echter een globale inschatting omdat men toen nog niet in staat was om zowel de overstromingskansen als de gevolgen nauwkeurig te berekenen. Na de hoge rivierwaterstanden van 1993 en 1995 volgde ook grote programma's (bv. PKB Ruimte voor de Rivier) om ook de waterveiligheid voor het rivierengebied op niveau te brengen.

1.1.2 Meerlaagse veiligheid

Door economische groei blijft de economische waarde achter de dijk toenemen. Hiermee neemt ook de schade bij een eventuele overstroming toe (schematische weergave figuur 1.2). Door klimaatverandering bestaat daarnaast ook de kans dat de weeromstandigheden en daarmee de maatgevende belastingen op de waterkeringen veranderen.



Figuur 1.2. Schematische weergave overstromingsrisico

Om in de toekomst het risico op overstromingen gelijk te houden of te verkleinen dienen er maatregelen genomen te worden. Dit kan door opnieuw de waterkeringen te verbeteren (dit is in sommige situaties door bijvoorbeeld ruimtegebruik zeer complex en kostbaar) of door met andere maatregelen de gevolgen van overstromingen te beperken. Technische ontwikkelingen maken het mogelijk om het overstromingsrisico, ten opzichte van vroegere tijden, relatief nauwkeurig in kaart te brengen (subparagraaf 1.1.3 gaat hier dieper op in). Met deze informatie is het mogelijk om de meest kostenefficiënte combinatie te zoeken qua, tussen kans verkleinende en gevolgenbeperkende maatregelen. De uitwisseling van de verschillende overstromingsrisico beperkende maatregelen wordt meerlaagse veiligheid genoemd. Binnen dit begrip staan 3 veiligheidslagen centraal [Ref.7 en Ref.13];

- Laag 1 Het voorkomen van overstromingen door preventieve maatregelen zoals het aanleggen en verbeteren van waterkeringen en waterstandsverlaging door rivierverruiming.
- Laag 2 Het beperken van overstromingsgevolgen door maatregelen in de ruimtelijke ordening en het waterrobuust bouwen van gebouwen.
- Laag 3 Het beheersen van de overstromingramp door evacuatieplanning van volk en vee, crisismanagement, het beperken van de productieschade en het snel kunnen starten met herstelwerkzaamheden.

Voor hoogontwikkelde en relatief dichtbevolkte gebieden is preventie (laag 1) veruit de meest aantrekkelijke en kostenefficiënte waterveiligheidsstrategie. Voorkomen is immers beter dan genezen omdat in de praktijk blijkt dat de schade van overstromingen altijd nog groter is dan verwacht [Ref.11]. Er zijn echter ook gebieden waar een andere aanpak kansrijk is. Bijvoorbeeld omdat preventie alleen de waterveiligheid niet voldoende kan garanderen (bijvoorbeeld het Eiland van Dordrecht [Ref.13]) of omdat een gebied nog ontwikkeld moet worden (bijvoorbeeld de Zuidplaspolder [Ref.13], een grootschalige stedelijke ontwikkeling tussen Gouda en Rotterdam).

In veel andere landen, zoals de Verenigde Staten en Engeland, is de waterveiligheid grotendeels op gevolgenbeperking gebaseerd. In deze landen heeft het concept zich bewezen [Ref.15]. Het verschil met de situatie in Nederland is alleen, dat de economisch ontwikkelde gebieden zich in Engeland en de VS boven de normale zee- en rivierwaterstanden bevinden. Hier is in grote delen van Nederland geen sprake van. De aanpak in deze landen wordt beschreven in bijlage 1. Deze bijlage is voornamelijk gebaseerd op 'beperken van de gevolgen van overstroming' van het NIROV [Ref.15].

1.1.3 Het project Veiligheid Nederland in kaart.

Binnen het project veiligheid Nederland in kaart 2 (hierna VNK2) worden de overstromingsrisico's voor de Nederlandse dijkringen in kaart gebracht. In het voorafgaande project (VNK1) is hiervoor een instrumentarium ontwikkeld [Ref.34]. In het huidige project wordt een deel van dit instrumentarium toegepast.

Voorafgaand aan VNK zijn voor heel Nederland overstromingssommen gemaakt. Hieruit is per bres het overstromingsverloop bepaald en daarbij wat de waterdiepte en stroomsnelheid zijn. De schade en het aantal slachtoffers zijn hiervan afhankelijk en worden met modellen worden bepaald. Deze gegevens worden vervolgens gecombineerd met de faalkans van een dijkvak, zodat het risico voor het achterliggende gebied kan worden berekend [Ref.21]. De methode van VNK wordt nader beschreven in bijlage 2.

Omdat VNK relatief nauwkeurige informatie geeft waar overstromingen tot de meeste schade en slachtoffers leiden, kan er beter worden afgewogen waar investeringen in de Nederlandse waterveiligheid het effectiefst zijn. In november 2012 is de risicoanalyse voor dijkkring 9 afgerond. De resultaten hiervan zijn te vinden in paragraaf 2.2.

1.2 Doelstelling

1.2.1 Waarom dit onderzoek?

Vanuit de meerlaagse veiligheidsgedachte zijn er in de afgelopen jaren een aantal case studies uitgevoerd naar locaties waar gevolgenbeperking preventie kan aanvullen. De meeste studies hebben zich gericht op dichtbevolkte gebieden met een relatief hoge economische waarde (eiland van Dordrecht, centraal Holland) [Ref.21] of gebieden die relatief eenvoudig te compartimenteren zijn (Schouwen Duiveland, Betuwe) [Ref.2].

Er zijn echter nog geen case studies gedaan naar gevolgenbeperkende maatregelen in gebieden met een relatief lage economische waarde en een relatief laag aantal inwoners. Ook richten de meeste case studies zich niet op de vraag of de maatregelen kostenefficiënt zijn. Beide vragen zijn echter wel interessant, want mogelijk is met een kleine investering of met eenvoudige bestuurlijke maatregelen, het gevolg van overstromingen enorm te verkleinen en zo het risico terug te dringen.

1.2.2 Keuze casestudie gebied

Om de te onderzoeken wat de invloed is van gevolgenbeperkende maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag op het overstromingsrisico, wordt ingezoomd op dijkkring 9 als case studie gebied. Dit is een gebied dat voornamelijk in het noordwesten van de provincie Overijssel ligt. In paragraaf 2.1 wordt dit gebied nader beschreven. De redenen waarom gekozen is voor dijkkring 9 zijn als volgt:

- In het gebied is een groot natuurgebied aanwezig (nationaal park Weerribben-Wieden). Daarnaast kent het dijkkringgebied voornamelijk een agrarisch bodemgebruik. Hierdoor heeft het gebied een relatief lage economische waarde.
- Het debiet van het buitenwater (voornamelijk de Overijsselse Vecht en het Zwarte Water) is relatief klein. Hierdoor breid een overstroming zich relatief traag uit. Ook blijven de waterstanden na een overstroming relatief beperkt.
- De bevolkingsdichtheid is voor Nederlandse begrippen relatief laag en de bevolking die zich in het gebied bevindt, woont (met uitzondering van Staphorst / Rouveen) relatief geconcentreerd.
- Dijkkring 9 loopt op van west naar oost. De afstand tot hoge grond is daardoor nooit meer dan 15 km. Ook bevindt er zich relatief veel infrastructuur ten opzichte van de bevolking in het gebied.

Door de bovenstaande punten wordt geschat dat ingrepen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag (bijlage 4) kansrijker zijn dan in andere Nederlandse dijkringen. Zo bieden de relatief lage waterstanden ten gevolgen een overstroming kansen voor aangepast bouwen. De gunstige bevolkingsspreiding biedt kansen voor het aanleggen van waardebeschermende compartimenteringskeringen. De nabijheid van hoge grond en de grote hoeveelheid beschikbare infrastructuur maakt evacuatie kansrijk. Door het lage debiet van de Overijsselse Vecht en het Zwarte water lijkt ten slotte ook een retentiegebied kansrijk.

Door de specifieke gebiedseigenschappen van dijkkring 9 zijn de resultaten uit dit onderzoek enkel van toepassing op dijkkringgebieden met vergelijkbare parameters als:

- De economische waarde.
- De bevolkingsdichtheid.
- Een gunstige bevolkingsspreiding (weinig of geen lintbebouwing) in het gebied.
- Een relatief korte afstand tot hoge grond.
- De hoeveelheid infrastructuur in het gebied ten opzichte van de bevolking.
- De hoeveelheid 'uitgangen' uit het gebied.
- De oppervlakte.
- Het debiet van het buitenwater.

Door de bovenstaande gebiedseigenschappen zijn de resultaten uit dit onderzoek niet van toepassing op de meeste dijkkringgebieden langs de kust, estuaria en de grote Nederlandse rivieren. Dijkkringgebieden die overeenkomsten vertonen met dijkkring 9 liggen vooral langs de IJssel en worden beschreven in subparagraaf 2.1.1.

1.2.3 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het in beeld brengen van wat de invloed is van een aantal risicoreducerende maatregelen op het overstromingsrisico in dijkkring 9. Daarnaast wordt onderzocht of het toepassen van deze ingrepen kosten efficiënter is dan het verbeteren van de primaire waterkeringen. Op basis van de resultaten voor dijkkring 9 wordt ook een verwachting geschetst voor andere Nederlandse dijkringen.

1.3 Afbakening

Dit onderzoek richt zich primair op de risicovermindering van overstromingen. Deze risicovermindering kan worden bereikt met een aantal, vaak multidisciplinaire maatregelen onderstaand wordt per categorie aangegeven waar wel en waar niet op wordt ingegaan in dit onderzoek.

- **Bouwkundige maatregelen:** Binnen dit onderzoek wordt onderzocht wat de invloed is van het waterrobuuster maken van bebouwing op het overstromingsrisico en wat de kosten hiervan zijn. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van kengetallen. Hoe bebouwing waterrobuuster kan worden gemaakt valt buiten de scope van dit onderzoek.
- **Ruimtelijke en waterbouwkundige maatregelen:** Binnen dit onderzoek wordt onderzocht wat de invloed is van ruimtelijke maatregelen op het overstromingsrisico. Om de kosten voor deze maatregelen te bepalen worden deze tot schetsontwerp uitgewerkt. De verdere uitwerking van deze maatregelen valt buiten de scope.
- **Waterkeringen:** Waterkeringen vormen de kansfactor binnen het overstromingsrisico. Door de kans op voorkomen te verkleinen kan ook het overstromingsrisico worden verminderd. Om deze reden worden de uitkomsten uit dit onderzoek wel vergeleken met die van waterkeringen. Hiervoor is wel onderzocht wat de invloed is van het verbeteren van de waterkeringen. Hoe deze verbeteringen er uit zijn valt buiten de scope.
- **'Zachte' bestuurskundige maatregelen:** Binnen dit onderzoek wordt enkel onderzocht wat de invloed is van evacuatie op het overstromingsrisico door verschillende evacuatiefracties met elkaar te vergelijken. Hoe deze evacuatiefracties in de praktijk worden gehaald en wat de kosten van een evacuatie zijn, valt buiten de scope van dit onderzoek. Ook andere 'zachte' maatregelen vallen buiten de scope.
- **Vitale infrastructuur:** Binnen dit onderzoek wordt onderzocht wat de invloed is van de vitale infrastructuur op de economische schade ten gevolgen van een overstroming. De gegevens hiervoor zijn afkomstig uit de Analyse waterrobuuste inrichting [Ref.19]. In dit onderzoek wordt niet ingegaan op hoe vitale infrastructuur waterrobuust gemaakt zou kunnen worden. Daarnaast geldt als uitgangspunt dat uitval van de vitale infrastructuur niet van invloed is op het aantal slachtoffers.
- **Verantwoordelijkheden van overheden:** Binnen dit onderzoek wordt er niet op ingegaan binnen welke verantwoordelijkheden van welke overheden de risicoreducerende maatregelen vallen.

Binnen dit onderzoek gelden daarnaast de volgende uitgangspunten:

- De modellen (paragraaf 1.4) die voor dit onderzoek worden gebruikt, worden ook binnen het project VNK2 gebruikt. De modellen zelf en de aannames en uitgangspunten achter deze modellen staan binnen dit onderzoek niet ter discussie. Als hydraulische input voor deze modellen wordt gebruik gemaakt van dezelfde overstromingssommen als gebruikt in het project VNK2. Op deze overstromingsberekeningen wordt niet verder in gegaan en deze staan ook niet ter discussie. Als de input voor de modellen en/of de modellen zelf namelijk niet overeen zouden komen met die van VNK2, zou het niet mogelijk zijn de resultaten onderling met elkaar te vergelijken.

- De maatregelen die worden uitgewerkt hebben mogelijk invloed op de waterveiligheid van andere dijkringen door lokale ontlasting of juist additionele belasting. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek.
- Alle in dit onderzoek uitgewerkte maatregelen worden op dijkingschaal uitgewerkt. Op het lokaal toepassen van ingrepen wordt niet ingegaan. Ook het optimaliseren van maatregelen valt buiten de scope van het onderzoek.
- Alle prijzen in dit onderzoek zijn op basis van prijspeil 2006. Dit prijspeil komt overeen met het prijspeil dat gehanteerd wordt binnen VNK2. Om prijspeilen te corrigeren wordt gerekend met een fictieve inflatie van 2% per jaar. Ook dit komt overeen met VNK2.

1.4 Uitvoering en nauwkeurigheid

De uitvoering van dit onderzoek vond plaats in drie fases:

Voorafgaande aan het onderzoek heeft er literatuuronderzoek plaats gevonden. Hierin is onderzocht wat het begrip meerlaagse veiligheid inhoudt en welke maatregelen de 2^e en 3^e veiligheidslaag kent. Uit het totaal van deze maatregelen (bijlage 4) zijn een aantal maatregelen geselecteerd waarvan de verwachting was dat deze efficiënt en praktisch toegepast zouden kunnen zijn in dijkkring 9.

In de 2^e fase zijn deze maatregelen uitgewerkt tot schetsontwerpniveau en zijn, voor zover mogelijk, de kosten voor elke maatregel bepaald. De werkwijze en de nauwkeurigheid van de kostenraming wordt beschreven in paragraaf 3.8.

In de 3^e fase is bepaald wat de invloed is op het overstromingsrisico van elke maatregel. Hiervoor is gebruikgemaakt van 2 modellen: HIS SSM en de VNK risicotool. Deze worden onderstaand kort beschreven. Voor een uitgebreide beschrijving van beide modellen wordt verwezen naar bijlage 6. Als in dit rapport naar beide modellen wordt verwezen wordt de term VNK systematiek gebruikt.

1.4.1 HIS SSM

Om de economische schade en het aantal slachtoffers van overstromingen in kaart te brengen, wordt gebruik gemaakt van HIS SSM versie 2.5 (Hoogwater Informatie Systeem – Schade Slachtoffer Module). Dit model berekent per hectare, de schade en het aantal slachtoffers op basis van de waterdiepte, de stroomsnelheid en de stijgsnelheid (deze gegevens zijn afkomstig uit overstromingssommen, bijlage 3). Naast de directe economische schade wordt in HIS SSM ook die schade die ontstaat door bedrijfsuitval (b.u.), het doorsnijden van toevorroutes en door het verlies van toe en afnemende partijen meegenomen (beide indirecte schade).

De resultaten uit HIS SSM hebben een variatiecoëfficiënt van ongeveer 10% [Ref.12]. Naast versie 2.5 is er voor de maatregel dryproof maken van bebouwing (paragraaf 4.7) gebruik gemaakt van een experimentele versie van HIS SSM, ontwikkeld door Deltares. Deze versie heeft een afwijking in de berekening van de economische schade van 1,7% ten opzichte van versie 2.5.

1.4.2 VNK risicotool

Met dit model worden scenariokansen (bijlage 2) gecombineerd met de economische schade en het aantal slachtoffers tot verwachtingswaarden voor het economisch risico per jaar en het slachtofferrisico per jaar. De input voor de schade en het aantal slachtoffers is afkomstig uit HIS SSM. De scenariokans wordt berekend met PC-ring. Het bepalen van de scenariokans (en daarmee de PC-ring berekeningen) valt buiten de scope van dit onderzoek. Voor dit onderzoek worden de scenariokansen overgenomen van het project VNK2.

De kansberekeningen die zijn gemaakt met PC-ring hebben een variatiecoëfficiënt van ook ongeveer 10%. Omdat de VNK risicotool enkel de scenariokansen en de verwachtingswaarden voor de gevolgen met elkaar vermenigvuldigt, is de variatiecoëfficiënt voor de resultaten uit de VNK risicotool ongeveer 20%.

In de VNK risicotool kunnen de scenariokansen niet worden aangepast. Om de invloed van een aantal ingrepen op het overstromingsrisico te bepalen is dit echter wel vereist. Daarom zijn de verwachtingswaarden voor het risico voor deze maatregelen berekend met Excel. De input voor deze berekening wordt gevormd door de originele output uit de VNK2 risicotool.

1.4.3 Problemen met HIS SSM en de VNK2 risicotool bij de uitwerking van dit onderzoek.

Hoewel het volgens de gebruikershandleiding van HIS SSM [Ref.12] mogelijk zou moeten zijn om van de standaardmethode af te wijken, bleek dit in de praktijk echter niet goed mogelijk. Daarom zijn een groot deel van de resultaten uit HIS SSM of de VNK2 risicotool bewerkt met Excel (hoofdstuk 4). Dit heeft als nadeel dat slechts voor enkele maatregelen de invloed op het overstromingsrisico ruimtelijk kan worden weergegeven.

1.5 Leeswijzer

In dit rapport wordt beschreven wat de invloed is van een aantal ruimtelijke, bouwkundige en bestuurlijke maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag op het overstromingsrisico van dijkkring 9.

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de huidige situatie van het casestudiegebied. Hierin wordt ook ingegaan op dijkringen die overeenkomsten vertonen met dijkkring 9, de resultaten van de VNK2 risicoanalyse en de resultaten uit de Maatschappelijke kosten baten analyse [Ref.4] voor dijkkring 9.

In hoofdstuk 3 worden de ingrepen uitgewerkt tot schetsontwerpniveau, waarvan wordt verwacht dat ze het overstromingsrisico voor dijkkring 9 kosten efficiënt zouden kunnen verminderen. Daarnaast wordt beschreven wat de kosten van deze maatregelen zijn en hoe deze bepaald zijn.

Hoofdstuk 4 beschrijft de werkwijze en de resultaten van de gemaakte risicoberekeningen. Deze berekeningen geven aan wat de invloed is van de maatregelen uit hoofdstuk 4 op het overstromingsrisico.

Hoofdstuk 5 geeft vergelijkingen van de resultaten, de conclusies en de aanbevelingen. Als onderdeel van de conclusie wordt een doorkijk gegeven naar de mogelijke invloed van risicoverminderende maatregelen op het overstromingsrisico in andere dijkringen.

2 Dijkkring 9

In dit hoofdstuk wordt dijkkring 9 als gebied beschreven. Daarnaast wordt de huidige waterveiligheidssituatie beschreven. De resultaten uit de VNK risicoanalyse vormen hier een onderdeel van. Ook wordt ingegaan op wat het zou kosten om de waterkeringen een 10 maal zo groot beschermingsniveau te geven.

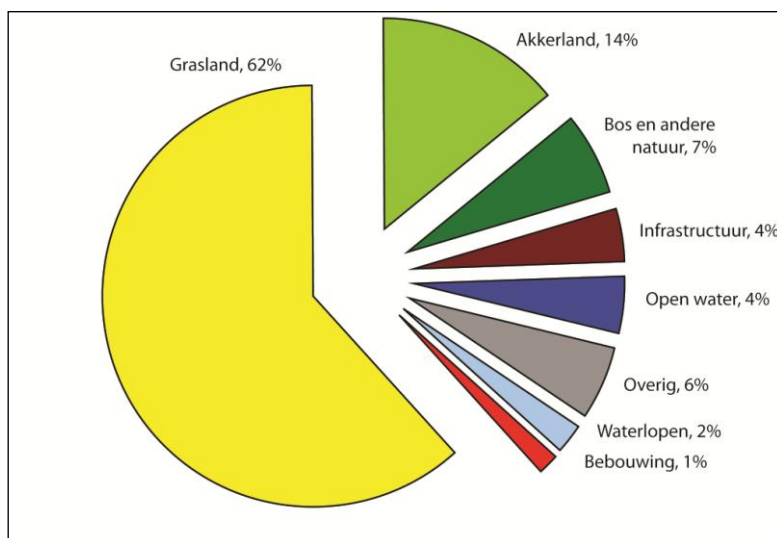
2.1 Gebiedsbeschrijving dijkkring 9

De dijkkring 9, Vollenhove (figuur 2.1) ligt in het noordwesten van de provincie Overijssel en voor een klein deel in de provincies Drenthe en Friesland. De dijkkring beslaat ca. 58.000 ha en heeft ca. 104.00 inwoners [Ref.21]. Binnen het gebied liggen de volgende relatief grotere plaatsen: Meppel, Staphorst, Dalfsen, Hasselt, Nieuwleusen en Zwart Sluis. Voor Nederlandse begrippen is het gebied relatief dun bevolkt met gemiddeld 180 inwoners per vierkante kilometer. Het gebied wordt gekenmerkt door landbouw en natuurgebied als voornaamste bodemgebruik (85%). Daarnaast wordt de dijkkring doorkruist door een aantal belangrijke transportroutes: de A28, de spoorlijn Zwolle – Meppel en een aantal belangrijke hoogspanningsverbindingen.



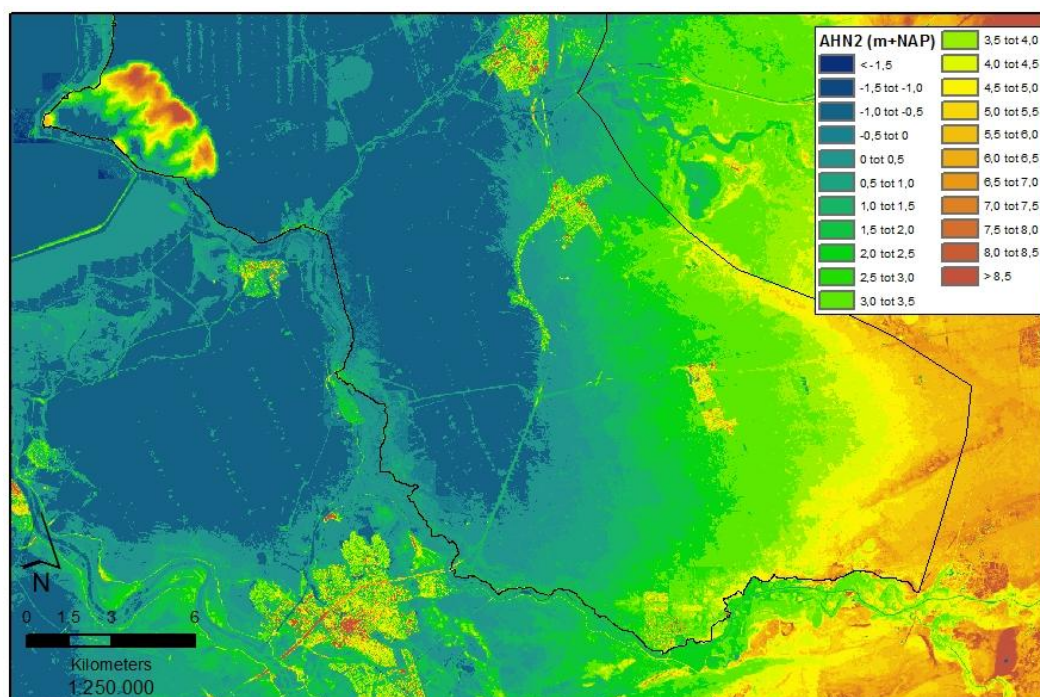
Figuur 2.1. Dijkkringgebied 9. Bron afbeelding: Ref.21

Het aandeel van bebouwing en infrastructuur op het bodemgebruik is met 5% echter klein. De verdeling van het bodemgebruik wordt weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.2. Bodemgebruik dijkkring 9. Bron afbeelding Ref.21

Dijkkring 9 wordt begrensd door hoge grond (figuur 2.3) in het oosten. In het noorden en noordwesten grenst de dijkkring aan dijkkring 6 en 7. De scheiding tussen dijkkringen wordt gevormd door primaire keringen van de categorie c. Alleen in het zuiden en westen wordt de dijkkring begrensd door primaire waterkeringen categorie a (figuur 2.1). Deze liggen langs de Overijsselse Vecht, het Zwarte Water en het Zwarte Meer [Ref.21]. Deze waterkeringen hebben als overschrijdingsnorm 1/1250 per jaar. Dit betekent dat deze keringen sterk genoeg moeten zijn om de hydraulische belasting te kunnen keren die gemiddeld eens in de 1250 jaar voorkomt. De waterkeringen ten zuiden van het Meppelerdiep worden beheerd door het waterschap Groot Salland, ten noorden van het Meppelerdiep vallen deze onder het beheer van waterschap Reest en Wieden.



Figuur 2.3. Overzicht hoogteligging zuidelijk deel dijkkring 9. Bron afbeelding

2.1.1 Dijkringen die overeenkomsten vertonen met dijkkring 9.

Dijkkringgebieden met vergelijkbare gebiedseigenschappen als dijkkring 9 (subparagraaf 1.2.2) bevinden zich voornamelijk langs de IJssel. Zo hebben de dijkringen 49, 51 en 52 een vergelijkbare bevolkingsdichtheid, bevolkingspreiding en afstand tot hoge grond. Voor de dijkringen 50 en 53 geldt dat de afstand tot hoge grond ongeveer gelijk is, maar dat er zich enkele (grote) steden in het gebied bevinden. Ook een aantal dijkringen in het waddengebied (de Waddeneilanden, dijkringen 1 t/m 5) vertonen enkele overeenkomsten. Hier geldt echter wel dat de belasting van zee komt waardoor het overstromingsverloop en de waarschuwingstijd anders zijn. Ten slotte vertonen ook enkele dijkringen (bijvoorbeeld dijkkring 42) in het bovenrivieren-gebied van de Waal, Neder-Rijn en de Maas overeenkomsten. Hier geldt echter dat de hydraulische belasting groter is waardoor het overstromingsverloop (voornamelijk de stijgsnelheid) anders zal zijn.

2.2 Huidige situatie waterveiligheid

De waterkeringen van dijkkring 9 behoren tot de oudste van Nederland. Een belangrijk deel van de waterkeringen zijn voormalige zeeweringen die het achterland beschermden tegen water uit de Zuiderzee. De primaire waterkering bestaat naast dijken ook uit verholten keringen. Dit zijn zandige verhogingen in het landschap die als waterkering dienen [Ref.21]. Verholten keringen komen allen voor ten oosten van Dalfsen en zijn pas recent als waterkering aangemerkt. De waterkeringen langs de Overijsselse Vecht zijn voornamelijk groen, dit betekent dat de bekleding bestaat uit gras. Pas vanaf de samenvloeiing met het Zwarte Water bevindt er zich een lokale weg op de dijk. Tussen Hasselt en Zwartsluis en tussen Zwartsluis en de Kardoelersluis ligt de N331 op de kering. In de 3^e toetsronde zijn de waterkeringen van dijkkring 9 getoetst op de faalmechanismen hoogte, stabiliteit en bekleding en de onderliggende deelfaalmechanismen. In totaal zijn 18 dijkvakken afgekeurd, met een totale lengte van ongeveer 16 km.

Net ten zuiden van Hasselt ligt de ca. 1 km lange Stenendijk. Deze waterkering stamt uit de middeleeuwen en is de laatste gemetselde waterkering in Nederland [Ref.21 en Ref.40]. De Stenendijk is in de derde toetsronde afgekeurd op stabiliteit [Ref.31]. In het historische centrum van Hasselt wordt de waterkering gevormd door een niet duidelijk te onderscheiden grondlichaam. De kering loopt hier dwars door de stad. Op of aan de kering bevinden zich een aantal rijksmonumenten [Ref.31]. In Zwartsluis, ten westen van de Kolksluis, volgt de waterkering een nieuw tracé buiten de historische kern. De waterkering ligt hier direct langs het Zwarte Water. Het oude tracé bevindt zich in de historische kern van Zwartsluis. Net ten westen van Zwartsluis sluit het nieuwe tracé weer aan op de dijk. Ten oosten van de kolksluis bevindt zich bebouwing aan de waterkering.

2.2.1 Resultaten risicoanalyse VNK2 voor dijkkring 9.

De verwachtingswaarde van de economische schade als gevolg van een overstroming in de dijkkring bedraagt € 6,3 miljoen per jaar [Ref.21]. Deze verwachtingswaarde is een gewogen gemiddelde van alle mogelijke uitkomsten, met de overschrijdingskansen als gewichten [Ref.18]. De gevolgen van een doorbraak zijn echter niet evenredig over het gebied verdeeld (figuur 2.4). In de bebouwde gebieden is het risico vele malen groter dan in de agrarische- en natuurgebieden, omdat de waarde van deze gebieden en daarmee de gevolgen, groter zijn.

Figuur 2.4. De verwachtingswaarde van de economische schade als gevolg van een overstroming weergegeven per hectare. Bron afbeelding: Ref.21

De verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers is 0,18 per jaar [Ref.21]. Het slachtofferisico kan worden weergegeven in het plaatsgebonden slachtofferisico en in het lokaal individueel risico. Het plaatsgebonden slachtofferisico beschrijft simpel gezegd de kans dat als een persoon omkomt ten gevolge van een overstroming als deze zich een heel jaar op een willekeurige plek bevindt. Hierin wordt het effect van een evacuatie niet meegenomen. Dit risico wordt weergegeven in figuur 2.5.

Figuur 2.5. Het plaatsgebonden risico in dijkkring 9, weergegeven per hectare. Bron afbeelding: Ref.21

In het lokaal individueel risico (LIR) wordt het effect van evacuatie wel meegenomen. Dit risico is weergegeven in figuur 2.6. In de toekomst wordt het lokaal individueel risico de nieuwe maatstaf voor waterveiligheid. De maximale verwachtingswaarde voor het LIR wordt 10^{-5} .

*Figuur 2.6. Het lokaal individueel risico in dijkkring 9, weergegeven per hectare.
Bron afbeelding: Ref.21*

2.2.2 Kosten van een 10 maal zo hoog beschermingsniveau

In het kader van de maatschappelijke kosten-batenanalyse waterveiligheid 21e eeuw [Ref.4] is een inschatting gemaakt, wat de kosten zijn om de primaire waterkeringen een 10 maal zo hoog beschermingsniveau te geven. Dit is uitgewerkt volgens de standaard systematiek kostenramingen van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. De onderbouwingen achter de kostenraming wordt beschreven in Ref.3. Bij de kostenraming zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd;

- Er is geen rekening gehouden met eventuele overhoogte en oversterkte. Dit betekent dat de kosten voor het verbeteren van de dijkvakken ten westen van Zwartsluis waarschijnlijk zijn overschat. Hier hebben de waterkeringen zowel een overhoogte als oversterkte omdat dit oude Zuiderzeedijken zijn
- De ontwerpen zijn zodanig gemaakt dat de omgeving zo min mogelijk wordt aangetast.
- De waterkering kent na verbetering de zelfde functies als voor de verhoging.
- De kosten voor het verbeteren worden per strekkende kilometer weergegeven. Dit is inclusief de binnen dat tracé gelegen kunstwerken. Voor elk kunstwerk is wel een aparte kostenraming gemaakt.

Er zijn 2 varianten uitgewerkt: een basisvariant en een 2de referentie. In de 2de referentie worden ook de kosten meegenomen voor de maatregelen tegen piping. Deze kosten zijn omgerekend naar een equivalent voor hoogte. Voor dijkkring 9 komen de kosten voor de basisvariant uit op € 84 miljoen en voor de 2de referentie op € 87 miljoen. Deze getallen zijn exclusief BTW en op basis van prijspeil 2009.

Omdat binnen dit onderzoek gebruik wordt gemaakt van prijspeil 2006, zijn ook deze prijzen gecorrigeerd. De kosten voor de basisvariant komen na correctie op € 79 miljoen, de kosten voor de 2^e referentie op € 82 miljoen.

3 Toepassen van risicoreducerende maatregelen in dijkkring 9

In dit hoofdstuk worden de ingrepen beschreven waarvan de verwachting is dat ze het overstromingsrisico in dijkkring 9 kostenefficiënt zouden kunnen verkleinen. Een volledig overzicht van de 'harde' risicoreducerende maatregelen is te vinden in bijlage 4. De volgende maatregelen worden in dit hoofdstuk uitgewerkt:

- Partiële compartimentering.
- Waardebeschermende compartimentering.
- Retentiegebied.
- Evacuatie
- Het wetproof maken van bebouwing.
- Het dryproof maken van bebouwing.
- Waterrobuust maken van de vitale infrastructuur.

Elke ingreep, met uitzondering van het waterrobuust maken van vitale infrastructuur en evacuatie, wordt in dit hoofdstuk uitgewerkt tot schetsontwerp niveau, met een bijbehorende kostenraming. Deze kostenraming is te vinden in bijlage 5, de werkwijze achter de kosten raming wordt beschreven in paragraaf 3.8. In paragraaf 3.4 wordt beschreven waarom de huidige evacuatie fracties voor dijkkring 9 te conservatief zijn en met welke evacuatiefractie reëler zouden zijn.

In de paragraaf waterrobuuste vitale infrastructuur wordt enkel beschreven hoe kwetsbaar de vitale infrastructuur is voor overstromingen.

3.1 Partiële compartimentering

Deze maatregel betreft het opdelen van een dijkkringgebied in kleinere delen door middel van compartimenteringskeringen. Dit kunnen verbeterde lijnvormige objecten zijn, oude dijken of geheel nieuwe waterkeringen. Binnen dijkkring 9 komt het verbeteren van bestaande lijnvormige elementen tot compartimenteringskering het meest in aanmerking. Dit zijn voornamelijk provinciale wegen en regionale keringen die van de primaire waterkering, naar hoge grond lopen. Uit de risicoanalyse van VNK2 is gebleken dat deze structuren veelal een compartimenterende werking hebben [Ref.21]. Er wordt gebruik gemaakt van bestaande lijnvormige elementen omdat dit een aantal voordelen heeft:

- Het verbeteren van een bestaande regionale kering tot compartimenteringskering is goedkoper dan het aanleggen van een geheel nieuwe kering. Daarnaast heeft het als voordeel dat de regionale kering in de bestaande situatie ook al onderhouden moeten worden. Verbetering brengt dus weinig extra onderhoudskosten met zich mee.
- Voor weginfrastructuur geldt dat het goedkoper is om een geheel nieuwe waterkering aan te leggen dan een wegtracé te verbeteren tot compartimenteringskering. Er wordt echter toch van bestaande weginfrastructuur gebruik gemaakt omdat dit een groot aantal voordelen heeft: er ontstaan hoog gelegen evacuatielroutes, de onderhoudskosten blijven beperkt doordat de weg in de bestaande situatie ook al onderhouden dient te worden het landschap blijft in tact ten slotte ontstaat er de mogelijkheid om de aanlegkosten te drukken door het verbeteren gelijktijdig uit te voeren met het groot onderhoud aan de weg.

Van de regionale keringen wordt aangenomen dat deze in de huidige situatie qua stabiliteit voldoen en dat deze alleen verhoogd hoeven te worden (en daarmee ook verbreed, want als uitgangspunt wordt gehanteerd dat de taludhellingen gelijk blijven). Weginfrastructuur blijkt in de meeste gevallen qua stabiliteit ook te voldoen als waterkering [Ref.2]. Ook deze tracés dienen enkel verhoogd (en verbreed) te worden.

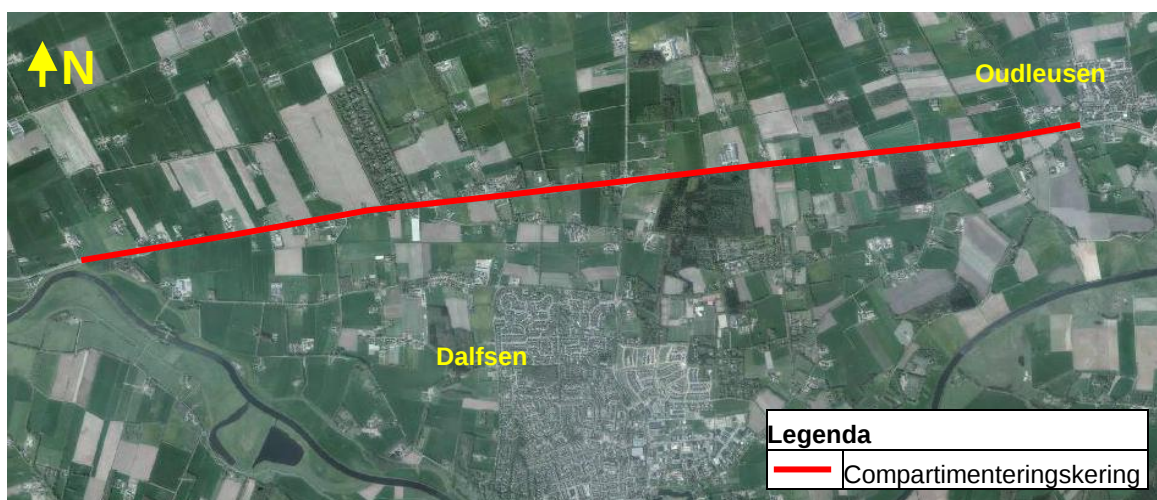
Binnen de tracés bevinden zich een aantal knelpunten in de vorm van bruggen, viaducten, sluizen en bebouwing. Hier heeft het verhogen van lijnvormige elementen meer voeten in de aarde. Bij kunstwerken kan er gekozen worden voor een roldeur of keersluis om deze 'gaten' te dichten. Dit is een betrouwbare maar relatief dure oplossing in vergelijking met de gebruiksfrequentie. Een alternatief voor een beweegbare kering zijn betonnen schotbalken met rubberen tussenstukken. Deze zijn bijvoorbeeld toegepast bij de A2 coupure in de Diefdijk, de compartimenteringsdijk tussen de Betuwe en de Vijfheerenlanden [Ref.26]. Het nadeel van betonnen schotbalken is, dat het aanvoeren en plaatsen relatief veel (zwaar) materieel vergt.

In de verkenning van nadere compartimentering van dijkkring gebieden [Ref.2], wordt dijkkring 9 qua vorm als kansrijk gebied beschreven. Daarnaast bevindt zich langs de compartimenterende tracés, in verhouding met andere studies, relatief weinig bebouwing, waardoor deze maatregelen goedkoper kunnen worden uitgevoerd.

Voor dijkkring 9 zijn drie partiële compartimenteringstracés uitgewerkt. Deze worden per tracé beschreven.

3.1.1 Compartimenteringstracé N340, ten noorden van Dalfsen

Dit tracé volgt de N340 (Hessenweg) vanaf de primaire waterkering tot aan Oudleusen (figuur 3.1). Het tracé heeft een lengte van ongeveer 7,2 km. De hoogte van de huidige weg ligt tussen NAP + 1,5 m, bij de primaire waterkering tot NAP + 3,5 ter hoogte van Oudleusen. Om water te kunnen keren dient het tracé over de gehele lengte verhoogt te worden tot NAP + 4 m. De compartimenteringskering wordt hiermee iets (ca. 0,5 m) lager dan de bestaande dijk. Dit is geen probleem omdat de verwachting is dat door het grotere oppervlak van dit compartiment, de waterstand lager zal zijn dan die van de Overijsselse Vecht. Lokaal vormt aanliggende bebouwing een knelpunt bij het verhogen van de weg, hiervoor is een extra kostenpost opgenomen in de kostenraming.



Figuur 3.1. Het compartimenteringstracé ten noorden van Dalfsen. Bron onderliggende luchtfoto:

3.1.2 Compartimenteringstracé noordelijke regionale kering Dedemsvaart en N377

Dit tracé loopt parallel aan de Dedemsvaart, van de oude Hanzestad Hasselt naar het industrieterrein de Meele nabij Nieuwleusen (figuur 3.2), aan de noordelijke zijde van de vaart. De lengte van dit tracé is ongeveer 10,2 km. Hoogte van het huidige tracé varieert van NAP + 1 m ten zuiden van Hasselt tot NAP + 2,2 bij de Meele. Over bijna de gehele lengte (8,9 km) wordt het tracé gevormd door de N377 (de rode lijn in figuur 3.2), deze weg ligt grotendeels op de regionale kering. Alleen het meest westelijke deel wordt gevormd door enkel de regionale kering (blauwe deel – 0,6 km) en een lokale weg (oranje deel – 0,7 km).

Om water te kunnen keren dient het bestaande tracé te worden verhoogd tot NAP + 3 m. Ter hoogte van de kruising met de A28 (ster 1 in figuur 3.2) worden geen problemen voorzien omdat de kade aan kan sluiten op het bestaand A28 talud. Ter hoogte van de spoorlijn Zwolle – Meppel

(ster 2 in figuur 3.2), dient een kunstwerk in de vorm van een schotbalkkering te worden aangebracht. De kosten hiervoor worden geschat op € 1.000.000.



Figuur 3.2. Compartimenteringstracé regionale kering Dedemsvaart – N377. Bron onderliggende

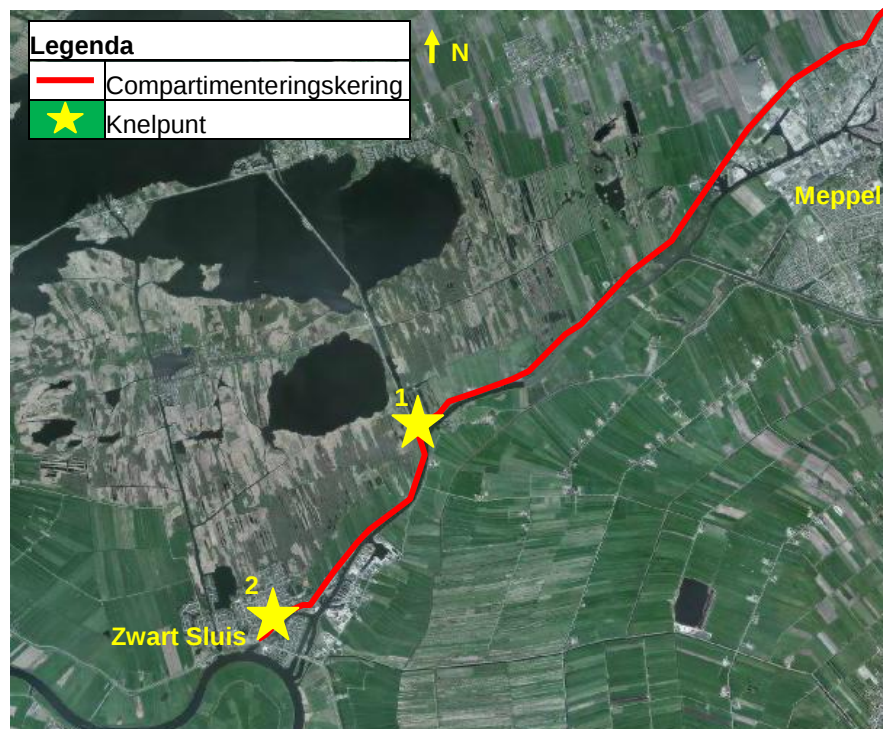
3.1.3 Compartimenteringstracé noordelijke regionale kering Meppelerdiep

Dit tracé ligt over de gehele lengte op de regionale waterkering langs het Meppelerdiep (figuur 3.3). Deze kering heeft in de huidige situatie constante hoogte van NAP + 1,3 m. Op de bestaande regionale kering bevinden zich ook de N334 en de N375. De lengte van dit traject is ongeveer 11,1 km. Om water te kunnen keren dient de kruin verhoogd te worden tot NAP + 3 m.

Knelpunten ontstaan ter hoogte van de Beukerssluis (ster 1 in figuur 3.3) en in Zwartsluis (ster 2 in figuur 3.3). Bij de Beukerssluis (CEMT II) dienen er schotbalkspinningen in het sluishoofd te worden aangebracht, zodat de sluis zonder al te veel aanpassingen hogere waterstanden kan keren. De kosten voor het aanbrengen van deze schotbalkspinningen wordt geschat op € 2 miljoen. Binnen Zwartsluis zorgen aanliggende bebouwing en kabels en leidingen mogelijk voor problemen. Hiervoor is een extra kostenpost van € 350.000 voor opgenomen.

3.1.4 Kosten partiële compartimentering

De totale kosten van partiële compartimentering worden geschat op € 40 miljoen (prijsspeil 2006, exclusief BTW). De onderbouwing achter deze kosten wordt gegeven in bijlage 5.



Figuur 3.3. Compartimenteringstracé noordelijke regionale kering
Meppelerdiep. Bron onderliggende luchtfoto: Ref.31.

3.2 Waardebeschermende compartimentering

In tegenstelling tot de vorige maatregel richt deze manier van compartimenteren zich specifiek op het beschermen van gebieden met een relatief hoge economische waarde. Binnen dijkkring 9 zijn dit voornamelijk gebieden met een bedrijfs- of woonfunctie.

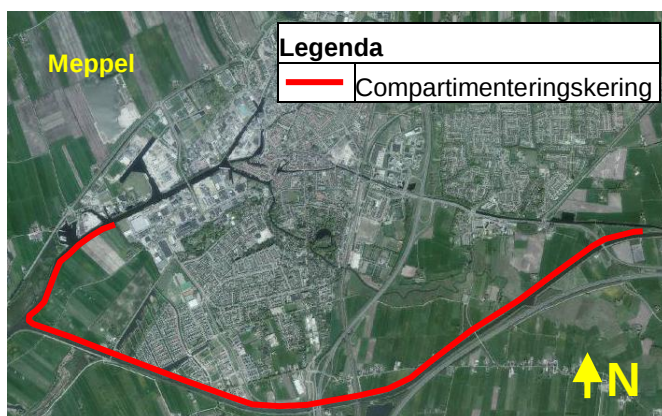
Uit de VNK2 studie voor dijkkring 9 wordt bij een overstroming het grootste deel van de schade aangericht in de kernen Dalfsen, Hasselt, Rouveen, Staphorst en Zwartsluis, de laaggelegen delen van Meppel, en het industriegebied Hessenpoort [Ref.21]. Niet al deze gebieden zijn geschikt voor waardebeschermende compartimentering. Gebieden met lintbebouwing (zoals Staphorst – Rouveen) hebben een ongunstige vorm. Ook Zwartsluis is door de vele doorkruisende watergangen lastig te omdijken. De waardebeschermende kering sluit in vrijwel alle gevallen aan op een dijk of op hoge gronden.

Bij het omdijken wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van hoger gelegen delen in het landschap. Denk hierbij aan regionale waterkeringen en wegen. Door het relatief grote oppervlakte van de dijkkring zullen de maatgevende waterstanden voor de waardebeschermende compartimenten lager zijn dan die voor de primaire waterkeringen. Daarnaast is het oppervlak van de beschermde compartimenten ten opzichte van het totale oppervlak van de dijkkring relatief klein. Het aanleggen van waardebeschermende compartimenteringskeringen zal daarom weinig invloed hebben op de waterdieptes na een overstroming. Door beide punten kunnen de nieuwe waterkeringen lager worden uitgevoerd dan de primaire keringen. Als uitgangspunt wordt een kruinhoogte van NAP + 3 m gehanteerd.

Voor dijkkring 9 zijn alleen waardebeschermende keringen uitwerkt rondom de grotere kernen binnen dijkkring 9. Dit zijn Meppel, Zwartsluis, Hasselt, Hessenpoort en Dalfsen. Daarnaast wordt beschreven waarom het aanleggen van een waardebeschermende kering rond Rouveen-Staphorst niet haalbaar is.

3.2.1 Waardebeschermende kering Meppel

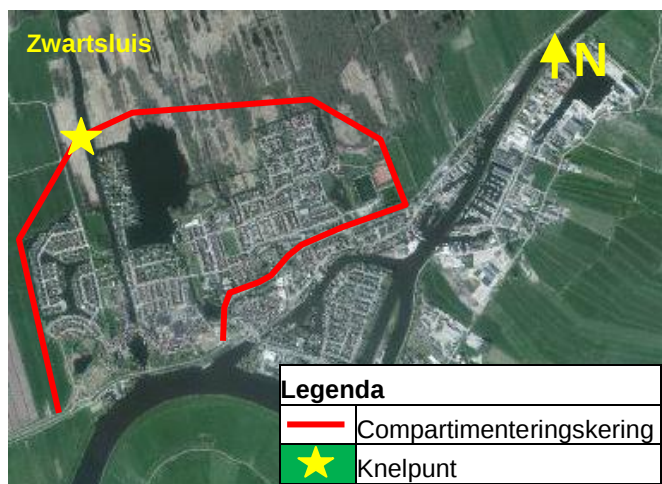
Om de laag gelegen delen van Meppel te beschermen tegen overstromingen, wordt de regionale kering langs het Meppelerdiep en de Omgelegde Hoogeveense vaart verhoogd tot NAP + 3 m (figuur 3.4). In de huidige situatie ligt de kruin van deze kering tussen NAP + 0,9 m en de NAP + 2 m. Het te verhogen tracé heeft een lengte van ca. 7,7 km en kruist de A32, de spoorlijn Zwolle – Meppel. Hier kan de verhoogde kering aansluiten op het bestaande (spoor)wegtalud.



Figuur 3.4. Waardebeschermende kering ter bescherming van Meppel.
Bron onderliggende luchtfoto: Ref.31.

3.2.2 Waardebeschermende kering Zwartsluis

Doordat Zwartsluis (figuur 3.5) door een aantal watergangen wordt doorkruist is het kostbaar en niet efficiënt om de gehele kern te omringen met een waterkering. Daarom wordt ervoor gekozen om slechts het deel ten westen van de N334 te beschermen. Dit is ook het laagst gelegen deel. Het bestaande N334 tracé dient hiervoor verhoogd te worden tot NAP + 3 m. Hier worden weinig problemen verwacht met aanliggende bebouwing. Wel wordt er een extra kostenpost opgenomen in verband met kruisende kabels en leidingen. Daarnaast dient er ten noorden en ten westen een nieuwe waterkering met een hoogte van NAP +3 m te worden aangelegd. Ter afsluiting van de Arembergergracht (de ster in figuur 3,5) dient een damsluis te worden aangelegd. De kosten hiervoor worden geschat op € 2 miljoen.



Figuur 3.5. Waardebeschermende kering ter bescherming van een deel van Zwartsluis. Bron onderliggende luchtfoto: Ref.31.

3.2.3 Waardebeschermende kering Hasselt

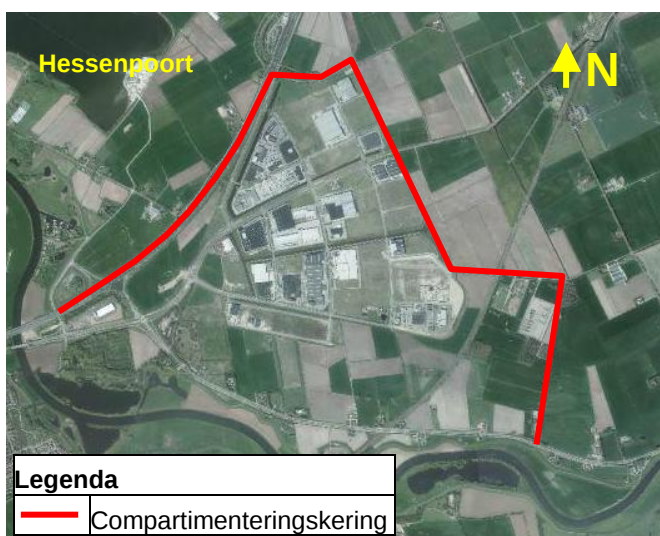
Hasselt is door haar ronde vorm relatief eenvoudig te voorzien van een waardebeschermende kering (figuur 3.6). Bij gebrek aan bestaande hoog gelegen elementen dient er een geheel nieuwe dijk te worden aangelegd. Deze kering dient een hoogte te hebben van NAP + 3 m. Om de Dedemsvaart (de ster in figuur 3.6) af te sluiten dient er een kunstwerk te worden aangelegd in de vorm van een vaste dam. De kosten voor dit kunstwerk worden geschat op € 0,5 miljoen. Het tracé heeft een lengte van 2,8 km. De hoogte van het maaiveld varieert tussen NAP – 0,5 m tot NAP + 0,2 m.



Figuur 3.6. Waardebeschermende kering ter bescherming van Hasselt. Bron onderliggende luchtfoto: Ref.31.

3.2.4 Waardebeschermende kering bedrijventerrein Hessenpoort

De waardebeschermende kering rondom het bedrijventerrein Hessenpoort, beschermt ook het oostelijker gelegen TenneT schakelstation Zwolle NO (figuur 3.7). De kering maakt voor ongeveer 1,9 km gebruik van de al hoog gelegen A28 (NAP + 2,5 m tot NAP + 1,7 m). Deze wordt echter verder verhoogd met een tuimelkade (figuur 3.10). Dit is goedkoper dan het verhogen van de gehele weg. De rest van de waardebeschermende dijk (circa 3,5 km) moet nieuw worden aangelegd. Ter hoogte van de kruising met de spoorlijn Zwolle – Meppel dient een kunstwerk aangelegd te worden. De kosten hiervoor worden geschat op € 0,5 miljoen.



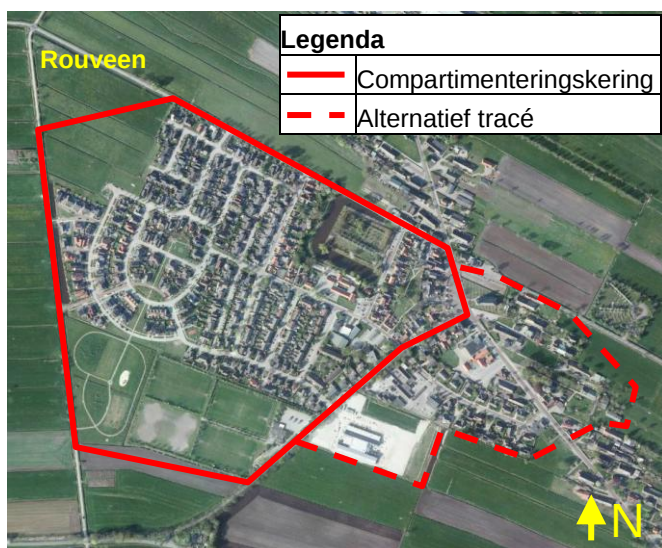
Figuur 3.7. Waardebeschermende kering ter bescherming van bedrijventerrein Hessenpoort en het oostelijker gelegen TenneT schakelstation Zwolle NO. Het schakelstation is in het oranje weergegeven. Bron onderliggende luchtfoto: Ref.31.

3.2.5 Waardebeschermende kering Dalfsen

De waardebeschermende kering die Dalfsen tegen overstromingen beschermd volgt hetzelfde tracé als de N340. Dit tracé wordt beschreven in paragraaf 3.1.1.

3.2.6 Waardebeschermende kering Rouveen – Staphorst

Figuur 3.8 laat zien dat enkel het beschermen van Rouveen lastig is. Niet alleen de inpassing vormt een probleem, Inwoners kunnen ook gevoel krijgen dat zij minder waard zijn dan hun buurman, die wel wordt beschermd door een extra dijk. Om deze redenen wordt deze variant als niet haalbaar beschouwd en wordt deze niet verder uitgewerkt.



Figuur 3.8. Waardebeschermende kering ter bescherming van Rouveen. Er zijn meerdere tracés mogelijk maar inpassing blijft lastig. Bron onderliggende luchtfoto: Ref.31.

3.2.7 Kosten

De kosten voor het aanbrengen van waarde beschermende keringen rondom de bovenstaande kernen worden schat op € 23 miljoen (prijspeil 2006, exclusief BTW). De onderbouwing achter deze kosten wordt gegeven in bijlage 5.

3.3 Retentiegebied

Door een gebied met een relatief lage economische waarde bij kritieke waterstanden onder water te laten lopen, wordt het overstromingsrisico voor (grotere) gebieden met een relatief grote economische waarde gereduceerd. Uitgangspunt bij deze ingreep is dat na het onderlopen van een retentiegebied, de dreiging voor stroomafwaarts gelegen delen van de dijkkring tot een verwaarloosbaar niveau wordt terug gebracht.

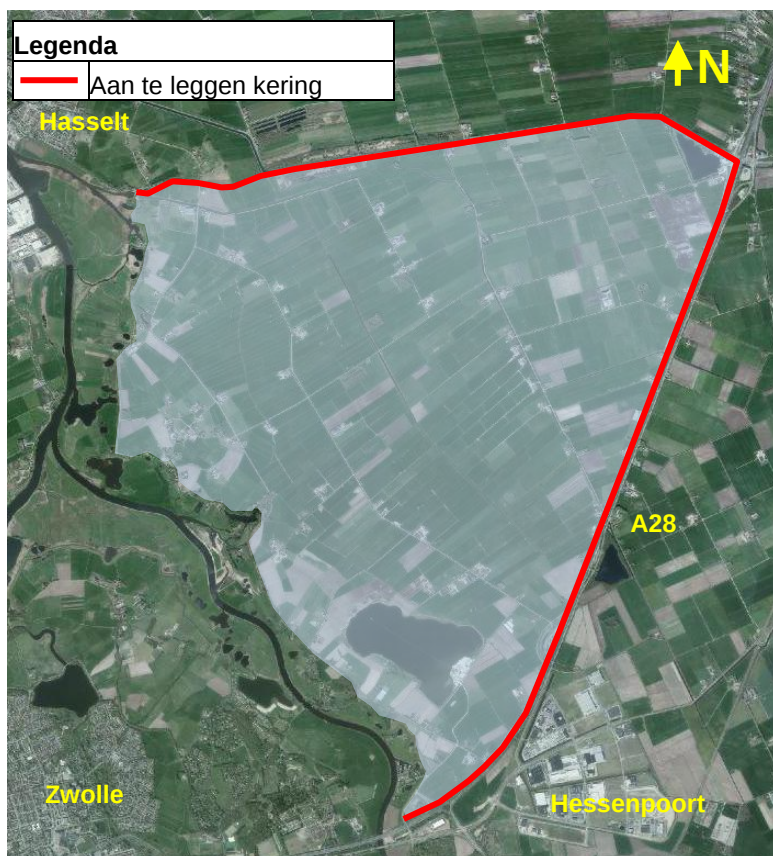
Langs de Vecht bevindt zich al een noodoverloopgebied, de noord en zuid Meene [Ref.37]. Dit 375 ha grote gebied ligt net ten noorden van Gramsbergen en kan bij kritieke waterstanden gecontroleerd onderwater worden gezet. Na inzet wordt de waterstand op de Vecht met 13 cm verlaagd (dit is circa 1/3 decimeringshoogte). In november 2000 is in opdracht van waterschap Velt en Vecht gestart met de inrichtingswerkzaamheden, dit omvatte onder andere de bouw van 2 inundatiesluizen en de uitbreiding van de bestaande gemaalcapaciteit. Eind 2002 is het gebied opgeleverd.

In dijkkring 9 komt het gebied tussen industrieterrein Hessenpoort en Hasselt in aanmerking als noodoverloopgebied. Dit gebied wordt hieronder beschreven. Voor dit gebied geldt dat het wel ingericht dient te worden als retentiegebied. De belangrijkste werkzaamheden bestaan uit het aanleggen van waterkeringen rondom het gebied. Net als bij compartimenteringskeringen komen bestaande lijnvormige objecten hiervoor het meest in aanmerking. Daarnaast dienen er maatregelen genomen te worden om de bebouwing in het gebied waterrobuuster te maken en dient er een kunstwerk aangelegd te worden om het water gecontroleerd in te laten.

3.3.1 Retentiegebied Bomhofsplas

Dit gebied komt in aanmerking als noodoverloopgebied omdat het relatief dun bevolkt is en omdat het ligt ingeklemd tussen bestaande lijnvormige structuren. Daarnaast zijn er in het gebied ook geen stedelijke ontwikkelingen geplant [Ref.31]. Wel komt een deel van het gebied in aanmerking voor natuur ontwikkeling. Het is ca. 2100 ha groot en er bevinden zich ongeveer 100 gebouwen in het gebied. Het maaiveld ligt gemiddeld rond het NAP [Ref.27]. Het gebied wordt weergegeven in figuur 3.9.

Om het gebied te scheiden van het dijkkringgebied dient de A28 (6,8 km) en de regionale waterkering ten zuiden van de Dedemsvaart (6,2 km) te worden verhoogd tot NAP + 3 m. De huidige A28 ligt tussen de NAP + 3 m en NAP + 1,3 m. Waar het huidige A28 talud een hoogtetekort heeft, wordt deze verhoogd met een tuimelkade (figuur 3.10). Dit is goedkoper dan verhoging van de gehele weg. Hiervoor dient lokaal wel de westelijke parallelweg gedeeltelijk te worden verplaatst. De hoogte van de regionale kering ligt tussen de NAP + 0,6 m en de NAP + 1 m. Deze dient geheel te worden verhoogd tot NAP +3 m. Inpassing vormt hier geen probleem.

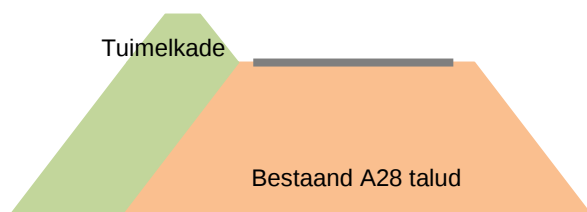


Figuur 3.8. Het retentiegebied Bomhofspas. Bron onderliggende luchtfoto: Ref.31.

Om het water gecontroleerd het gebied in te laten stromen dient er een inundatiesluis aangelegd te worden. De kosten voor dit kunstwerk worden geschat op € 1 miljoen. Na inundatie kan het gebied worden leeggepompt met het gemaal Streukelerzijl (capaciteit 21,1 m³/s [Ref.17]). Om schade aan de aanwezige bebouwing in het gebied te verminderen wordt de begane grond wetproof gemaakt. De kosten hiervoor worden geschat op €12.000 per gebouw.

Als er water wordt ingelaten tot een waterstand van + 1,5 m ten opzichte van het maaiveld, kan er ongeveer 31,5*10⁶ m³ water in het gebied worden geborgen. Het piekdebiet van de Overijsselse Vecht is ongeveer 620 m³/s [Ref.17], dit debiet komt 1 keer in de 100 jaar voor. Bij een inlaat van bijvoorbeeld 200 m³/s, kan het gebied ongeveer 40 uur lang instromend water bergen.

De totale kosten voor de aanleg van het retentiegebied Bomhofspas worden geschat op € 10 miljoen (prijspeil 2006 exclusief BTW). De onderbouwing achter deze kosten wordt gegeven in bijlage 5. In de kosten wordt de schade die wordt aangericht bij de inzet van het retentiegebied niet meegenomen.



Figuur 3.10. Verhoging van het bestaande A28 talud met een tuimelkade

3.4 Evacuatie

Door inwoners uit een gebied te halen kan het aantal slachtoffers worden verminderd. Succesvolle evacuatie is afhankelijk van een aantal parameters zoals de waarschuwingstijd, de afstand tot hoge grond of een andere dijkkring en de beschikbare infrastructuur.

Binnen VNK2 en in vergelijkbare studies wordt gerekend met 4 algemene evacuatiestrategieën. Elk scenario heeft zijn eigen evacuatiefractie en een verwachte kans dat het scenario optreedt. Deze zijn weergegeven in tabel 3.1 [Ref.21].

		Evacuatiefractie (-)	Conditionele kans (-)
Overstroming kort van tevoren verwacht of onverwacht	1. Geen evacuatie	0,0	0,2
	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,4	0,08
Overstroming ruim van te voren verwacht	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,67	0,4
	4. Georganiseerde evacuatie	0,8	0,32

Tabel 3.1. De evacuatie strategieën zoals gebruikt binnen VNK2.

Een belangrijke factor voor een succesvolle evacuatie is de aanwezige infrastructuur. Binnen dijkkring 9 bestaat de weginfrastructuur voornamelijk uit gebiedsontsluitende wegen en provinciale (N wegen). Deze wegen hebben een capaciteit tussen de 1400 en 1800 pae/u (personenauto equivalent per uur) [Ref.39]. Als aangenomen wordt dat alle personen uit een huishouden zich met een personenauto evacueren (dus 2,2 personen per voertuig [Ref.29]), is het mogelijk om de totale bevolking binnen 12 uur uit het gebied te evacueren. De afstand tot veilig gebied is echter ook dermate kort, dat een gezond persoon deze ook te voet of per fiets binnen 3 tot 4 uur kan afleggen.

Door de nabijheid van hoge grond (figuur 3.11 en tabel 3.3), de beschikbare infrastructuur en doordat er in vergelijking met andere dijkkringrings veel 'uitgangen' zijn, is de verwachting dat de evacuatiefracties in werkelijkheid hoger liggen dan de evacuatiefracties die binnen VNK2 worden

gehanteerd. Als daarnaast de bevolking zou worden voorgelicht over evacuatie bij een overstroming en als in kaart wordt gebracht waar hulpbehoevende inwoners zich bevinden, zal de evacuatiefractie nog verder toenemen. Daarnaast zorgt de langgerekte vorm van dijkkring 9 voor een andere conditionele kans op overstromingsscenario's 1 en 2. Bij een onverwachte overstroming is er namelijk ook voldoende tijd om te evacueren. Bij een doorbraak bij Dalfsen duurt het bijvoorbeeld ruim 24 uur voordat de overstroming Hasselt bereikt [Ref.31]. De nieuwe evacuatiefracties en kansen worden weergegeven in tabel 3.2. De argumenten voor de waarden in tabel 3.2 worden onder de tabel weergegeven.

		Evacuatiefractie (-)	Conditionele kans (-)
Overstroming kort van tevoren verwacht of onverwacht.	1. Geen evacuatie	0,0	0,1
	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,7	0,18
Overstroming ruim van te voren verwacht.	3. Ongeorganiseerde evacuatie	0,8	0,4
	4. Georganiseerde (verplichte) evacuatie	0,99	0,32

Tabel 3.2. Nieuwe evacuatiefracties en kansen voor dijkkring 9.

Argumentatie strategie 1.

De evacuatiefractie blijft gelijk omdat dit het scenario geen evacuatie is. De conditionele kans hierop is echter wel kleiner dan in andere dijkringen omdat de dijkkring relatief lang gerekt is. Hierdoor duurt het bij een doorbraak relatief lang voordat de gehele dijkkring overstroomd is en zal er dus eerder een ongeorganiseerde evacuatie plaats vinden.

Argumentatie strategie 2.

De evacuatiefractie wordt groter omdat hoge grond vanuit bijna elke locatie binnen dijkkring 9 snel te bereiken is (binnen 2 uur lopen). Door de bevolking voor te lichten hoe te evacueren kan de evacuatiefractie nog worden vergroot. Door de lage bevolkingsdichtheid is er daarnaast een kleinere kans op files en vertraging. Door de langgerekte vorm van de dijkkring wordt daarnaast de kans op deze strategie groter.

Argumentatie strategie 3.

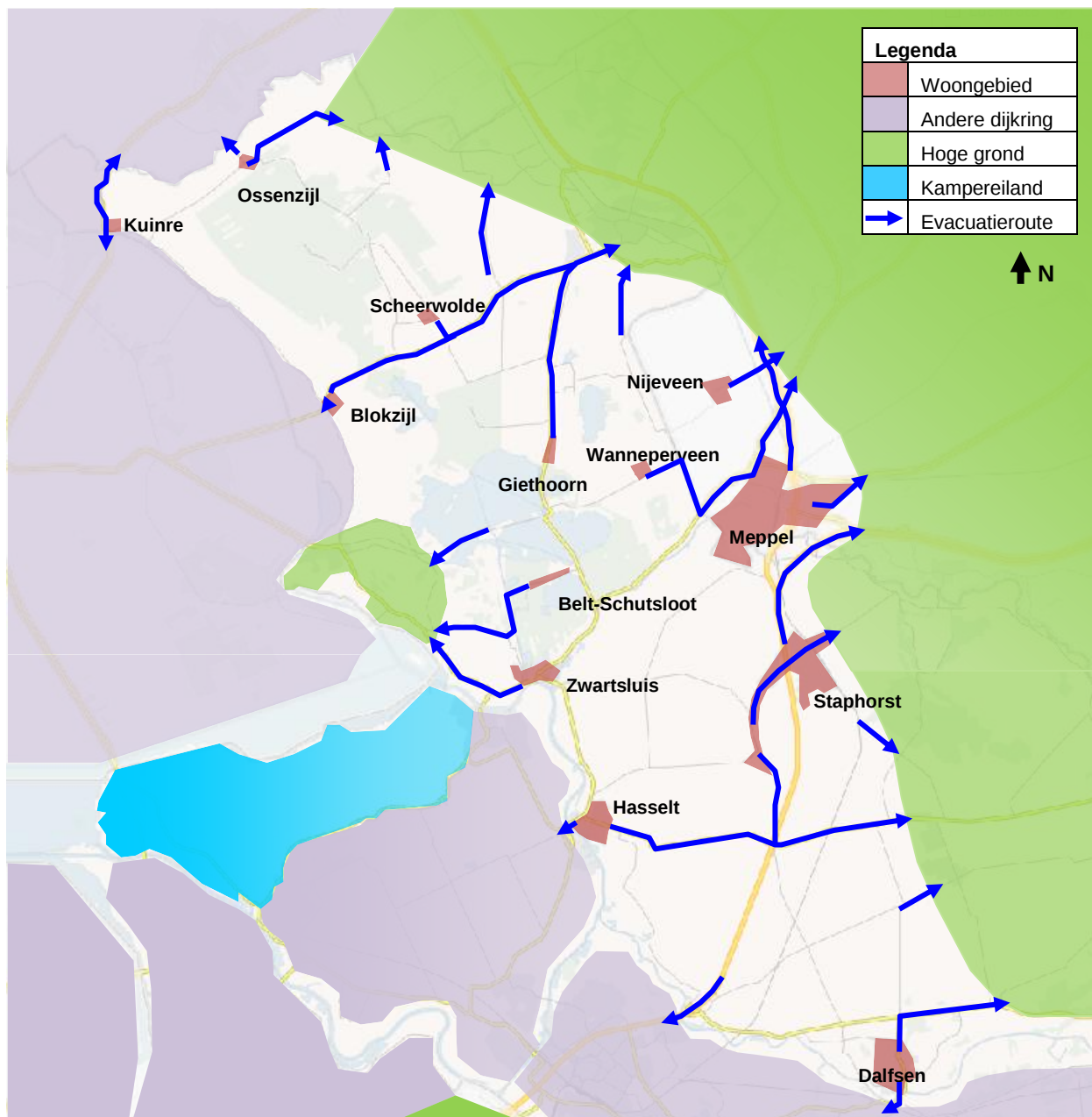
Door de nabijheid van hoge grond wordt de evacuatiefractie even groot als bij een georganiseerde evacuatie. De kans op deze strategie blijft wel even groot.

Argumentatie strategie 4.

Binnen deze strategie blijft de kans gelijk als in het bestaande strategie omdat voorlichting en hoge grond hier geen invloed op hebben. De evacuatiefractie verandert wel omdat de verwachting is dat bij een volledig (verplichte) evacuatie iedereen het gebied verlaat. Bij de (verplichte) evacuatie van het rivierenland, in 1995 is ook de complete bevolking (ca. 250.000 personen) in vijf dagen tijd geëvacueerd [Ref.40].

Plaats	Aantal inwoners	Afstand tot hoge grond (km)	Afstand tot andere dijkkring (km)	Belangrijkste evacuatie route
Kuinre	700	11	0,5	N351
Ossenzijl	550	5	2	Ossenzijlerweg
Scheerwolde	350	8		N333
Blokzijl	1300	13	0,5	N333
Giethoorn	2600	6		N334
Nijeveen	3900	5		Dorpsstraat / Veendijk
Wanneperveen	1100	8		N375
Meppel*	33000	4		
Belt-Schutsloot	550	5		Arembergerweg
Zwartsluis	4700	6		N331
Staphorst / Rouveen	12800	5 a 10		Oude rijksweg
Hasselt	7000	14	1	N377 / N331
Dalfsen	7800	6	1	N340 / N757

Tabel 3.3. Aantal inwoners en afstand tot hoge grond per woonkern. De afstanden in de tabel zijn op basis van Google Maps. *: Uit de overstromingssommen voor dijkkring 9 (bijlage 3) blijkt dat een groot deel van Meppel niet door een eventuele overstroming wordt getroffen. Het aantal te evacueren personen zal dus beperkt blijven.



Figuur 3.11. Evacuatie routes uit dijkkring 9 naar hoge grond en andere dijkringen. Met de blauwe pijlen worden de mogelijke evacuatie routes weergegeven. In het figuur is ook te zien dat er nog een groot aantal alternatieve evacuatie routes mogelijk zijn. De bijbehorende afstanden en inwoneraantallen worden gegeven in tabel 3. Het centrale blauwe vlak in de afbeelding is het buitendijks gelegen gebied het Kampereiland. Bron onderliggende kaart; [Ref.31]. Locatie hoge grond is bepaald met behulp van de algemene hoogtekaart Nederland [Ref.27]

3.5 Wetproof maken van bebouwing

Binnen dit concept wordt bebouwing voorbereid op het onderwater staan. Binnen dit onderzoek beperkt deze maatregel zich tot woningen. Installaties worden, zover mogelijk, ondergebracht op hogere etages en er wordt voor een tegelvloer gekozen in plaats van parket. Bij een tijdige waarschuwing is het ook mogelijk om huisraad ook naar hogere etages te verplaatsen. De kosten voor het wetproof maken van bebouwing liggen tussen de €25 en €150 per vierkante meter [Ref.8, Ref.14, Ref.23]. De kosten zijn afhankelijk van het aantal etages dat wetproof wordt gemaakt en van de aanwezigheid van een kelder of kruipruimte.

Voor dijkkring 9 worden de kosten van het wetproof maken van bebouwing geraamd op ongeveer € 124 miljoen (prijspeil 2006, exclusief BTW). De onderbouwing achter deze kosten wordt gegeven in bijlage 5. Het wetproof maken wordt hierbij beperkt tot woningen met een ingang op de begaande grond. Hierbij gelden de volgende uitgangspunten;

- Het gemiddelde oppervlak van de begaande grond van een gemiddelde eengezinswoning beslaat 60 m² [Ref.32], van een gemiddelde laagbouwwooning 70 m² [inschatting] en van een boerderij 110 m² [Ref.32].
- In dijkkring 9 bevinden zich 14771 eengezinswoningen, 123 laagbouwwooningen en 2212 boerderijen (dataset HIS SSM – maximale overstroming)
- De kosten van het wetproof maken van bedragen €120 / m². Dit is een schattig gebaseerd op de kosten die Ref.23 geeft voor wetproof maken. Alleen de begaande grond wordt wetproof gemaakt omdat er bij een overstroming in dijkkring 9 waterstanden tot maximaal 2,5 m + maaiveld voorkomen. Daarnaast beschikt een gemiddelde woning niet over een kelder.
- De maximale overstromingsschade exclusief inboedel na een overstroming wordt geschat op €20.000 voor eengezinswoningen en laagbouwwooningen. Dit zijn kosten voor het schoonmaken van de woningen en voor eventuele kleine schade. De inboedelschade (in HIS SSM maximaal € 70.000 voor een woning [Ref.12]) is afhankelijk van de evacuatiestrategie (paragraaf 3.4). Bij een onverwachte overstroming kan er weinig of geen inboedel naar hogere etages worden verplaatst of worden geëvacueerd. De schade hieraan zal dus maximaal zijn. Bij een ruim van te voren verwachte evacuatie kan de inboedel verplaatst worden en ontstaat er dus geen schade. Tabel 3.4 geeft de maximale schadebedragen per evacuatiestrategie.

Evacuatiestrategie	Conditionele kans	Opstalschade	Inboedelschade	Tot. schade
1. Geen evacuatie	0,2	€ 20.000	€ 70.000	€ 90.000
2. Ongeorganiseerde evacuatie *	0,08	€ 20.000	€ 70.000	€ 90.000
3. Ongeorganiseerde evacuatie *	0,4	€ 20.000	€ 0	€ 20.000
4. Georganiseerde evacuatie	0,32	€ 20.000	€ 0	€ 20.000

Tabel 3.4. Maximale schade bedragen voor woningen na het wetproof maken. *: Er is een verschil tussen de verschillende ongeorganiseerde evacuaties, zie paragraaf 3.4.

Voor boerderijen wordt de overstromingsschade exclusief inboedel na het wetproof maken geschat op € 40.000. De maximale inboedelschade is gelijk aan die van woningen [Ref.12]. Tabel 3.5 geeft de maximale schadeposten voor boerderijen.

Evacuatiestrategie	Conditionele kans	Opstalschade	Inboedelschade	Tot. schade
1. Geen evacuatie	0,2	€ 40.000	€ 70.000	€ 110.000
2. Ongeorganiseerde evacuatie *	0,08	€ 40.000	€ 70.000	€ 110.000
3. Ongeorganiseerde evacuatie *	0,4	€ 40.000	€ 0	€ 40.000
4. Georganiseerde evacuatie	0,32	€ 40.000	€ 0	€ 40.000

Tabel 3.5. Maximale schade bedragen voor boerderijen na het wetproof maken. *: Er is een verschil tussen de verschillende ongeorganiseerde evacuaties, zie paragraaf 3.4.

3.6 Dryproof maken van bebouwing

Door bebouwing dryproof te maken wordt voorkomen dat water een gebouw binnendringt. Binnen dit onderzoek beperkt deze maatregel zich tot woningen. Dit wordt bereikt door muren te sealen, ramen en deuren af te dichten met speciale schotten en door leidingen af te dichten. Deze maatregel is efficiënt tot waterstanden van mv + 1m en dus niet op elke locatie in dijkkring 9 effectief. De kosten van dryproof maken worden weergegeven in tabel 3.6.

Kostenpost	Kosten per eenheid
Voor het waterdicht maken van de muur en aanbrengen drain in de muur.	50 €/m1
Voor het afdichten van ramen en deuren, afhankelijk van de hoogte.	250 €/m1
Voor het afdichten van aansluitingen, afhankelijk van de hoeveelheid.	€ 2400
Aanbrengen pomp	€ 1000

Tabel 3.6. De kosten voor het dryproof maken van bebouwing. Kosten op basis van: Ref.8, Ref.14, Ref.23.

De kosten voor het dryproof maken van woningen in dijkkring 9 bedragen € 75 miljoen (prijsspeil 2006, exclusief BTW). De onderbouwing achter deze kosten wordt gegeven in bijlage 5. Hierbij is gerekend met de zelfde hoeveelheid woningen als bij wetproof maken. Bij het dryproof maken gelden de volgende uitgangspunten:

- De hoeveelheid buitenmuur van een gemiddelde rijtjeswoning beslaat 12 m [Ref.32]. Dit is alleen de buitenmuur aan de voor en achterzijde van de woning. Hierin is de hoeveelheid muur van hoekwoningen nog niet meegenomen. Daarom wordt uitgegaan van 15 m buitenmuur per woning. Bij boerderijen wordt uitgegaan van 44 m buitenmuur [Ref.32].

- Ramen in een gemiddelde rijtjeswoning bevinden zich om minimaal 1 m + mv. Bij een eventuele overstroming hoeven deze dus niet waterdicht gemaakt te worden. Per woning wordt uitgegaan van 2 buitendeuren per woning. Voor boerderijen wordt uitgegaan van 2 deuren en een laag raam of een deur.
- Per woning wordt uitgegaan van 1 rioolaansluiting die afgesloten moet kunnen worden.
- Om eventueel water af te voeren dat toch de woning binnen dringt dient er een pomp geplaatst te worden.

3.7 Waterrobuust maken van vitale infrastructuur

Ten gevolge van een overstroming kan de vitale infrastructuur worden beschadigd. Vitale infrastructuur is de infrastructuur die nodig is om essentiële diensten of producten te kunnen leveren. Denk hierbij aan energie, drinkwater, telecommunicatie, transport, gezondheidszorg en rechtsorde. Onderling zijn deze producten of diensten vaak afhankelijk van elkaar. Zo wordt gas als grondstof gebruikt om elektriciteit op te wekken, maar kan dat zelfde gas niet getransporteerd worden zonder elektriciteit. De compressoren die zorgen voor de druk in de gasleidingen worden namelijk elektrisch aangedreven. Uitval van de vitale infrastructuur is voor een groot deel bepalend voor de indirecte schade. Zonder energie kunnen er bijvoorbeeld geen producten worden geproduceerd. Ook kan uitval van bijvoorbeeld elektriciteit in een bepaald gebied gevolgen hebben voor een buur gebied. Vanuit overstromingsoogpunt zijn elektra, gas en drinkwater de meest belangrijke en kwetsbare vitale elementen [Ref.22].

3.7.1 Elektriciteit

Naast de weg en spoorverbindingen bevinden zich in dijkkring 9 ook een aantal hoogspanningstracés waarmee buur gebieden van stroom worden voorzien. De hoogspanningsleidingen lopen zelf geen gevaar, maar de grote schakelstations wel (figuur 3.12). Door het uitvallen van deze stations valt de stroomvoorziening in een groot gebied weg. Lokaal kunnen relatief lage waterstanden ook grote gevolgen hebben. Door het wegvallen van bijvoorbeeld transformatorhuisjes kan een hele wijk zonder stroom komen te zitten [Ref.19].

3.7.2 Drinkwater

De drinkwatervoorziening is afhankelijk van elektriciteit voor het oppompen van drinkwater en onder druk brengen van het leidingnet. Daarnaast kan het systeem uitvallen doordat de pompen zelf beschadigd raken. Door het wegvallen van de leidingdruk kan ook het leidingnet verontreinigd raken. Hierdoor is de levering van drinkwater voor langere tijd (3 tot 6 maanden) niet mogelijk [Ref.19].

Figuur 3.12. De vitale infrastructuur in dijkkring 9. Bronnen afbeelding: Ref.31, Ref.33.

<i>E1</i>	<i>TenneT schakelstation Meppel</i>	<i>G3</i>	<i>Gasunie object onbekend</i>
<i>E2</i>	<i>TenneT schakelstation Zwartsluis</i>	<i>G4</i>	<i>Gasunie object onbekend</i>
<i>E3</i>	<i>TenneT schakelstation Zwolle NO</i>	<i>G5</i>	<i>Gasunie ontvangststation N735</i>
<i>G1</i>	<i>Gasunie object onbekend</i>	<i>W1</i>	<i>Pompstation Sint Jansklooster</i>
<i>G2</i>	<i>Gasunie ontvangststation N177</i>		<i>(Vitens)</i>

3.7.3 Aardgas

Door het wegvallen van de elektriciteit is gastransport door hoogdrukleidingen niet meer mogelijk omdat de compressoren elektrisch aangedreven worden. Bij waterstanden van meer dan 0,3 m dringt water de lage drukleidingen binnen, omdat de waterdruk buiten de leiding hoger is dan de druk in de gasleiding. Hierdoor is de levering van gas niet meer mogelijk [Ref.19]. Na een overstroming is herstel van het lage druk gasnetwerk niet rendabel. In de analyse waterrobuuste inrichting [Ref.19] wordt dan ook geadviseerd om bebouwde gebieden na een overstroming aan te sluiten op een stadswarmte netwerk.

3.8 Werkwijze kostenraming

Voor de kostenraming zijn de in dit hoofdstuk beschreven risicoreducerende maatregelen te verdelen in drie categorieën:

- Compartimenterende maatregelen of maatregelen die overeenkomsten vertonen met compartimentering (retentiegebied).
- Maatregelen waardoor bebouwing waterrobuust wordt (wetproof en dryproof).
- Maatregelen waarvoor de kostenraming buiten de scope van dit onderzoek valt (evacuatie en waterrobuuste vitale infrastructuur).

Voor elke categorie maatregelen zijn de kosten op een andere wijze geraamd. De manier van kostenramen wordt in de onderstaande subparagrafen beschreven. Voor elke categorie geldt dat de kosten exclusief BTW zijn en op basis van prijspeil 2006 (paragraaf 1.3). De kostenraming zelf wordt gegeven in bijlage 5.

3.8.1 Wijze kostenraming compartimenterende maatregelen en retentiegebied.

De wijze waarop de kosten voor elke ingreep geraamd zijn, komt grotendeels overeen met de methode die gehanteerd wordt in de Nadere compartimentering van dijkkring gebieden [Ref.2]. Om de hoeveel heden te bepalen is gebruik gemaakt van het schetsontwerp. Dit schetsontwerp is gebaseerd op gemiddelde waarden. De uitgangspunten achter deze gemiddelde waarden, worden per tracé gegeven in bijlage 5.

Vervolgens zijn de hoeveelheden gekoppeld aan kengetallen. Deze kengetallen zijn afkomstig uit het prijzenboek dat is gebruikt bij het project dijkverbetering Hollandse IJssel (uitgevoerd door DHV in opdracht van het HHSK). Voor het kostenboek met de kengetallen wordt verwezen naar bijlage 5. De tarieven in dit prijzenboek zijn afkomstig uit het Kostendatabestand van DHV. De tarieven die gebruikt worden binnen de maatschappelijke kostenbaten analyse waterveiligheid zijn afkomstig uit hetzelfde kostenbestand [Ref.4].

De directe kosten worden vervolgens vermenigvuldigd met een opslagfactor van 150% voor de engineeringkosten, bijkomende kosten en onvoorziene kosten. De geraamde kosten zijn exclusief (uitvoerings)risicoposten, rente, scheefte en BTW (voor waterbouwkundige projecten is een opslagfactor van 230% gebruikelijk, hierin worden deze posten wel meegenomen). In de maatschappelijke kostenbaten analyse waterveiligheid zijn de kostenramingen ook exclusief deze posten [Ref.3, Ref.4].

3.8.2 Wijze kostenraming wet- en dryproof maken bebouwing.

Voor de kostenraming van het wet- en dryproof maken is gebruik gemaakt van gemiddelde waarden voor de oppervlakte van de omtrek van bebouwing. Deze zijn gebaseerd op gegevens verkregen uit Funda [Ref.32]. Om vervolgens de kosten te kunnen bepalen zijn deze gegevens vermenigvuldigd met kengetallen afkomstig uit Homeowner's Guide to Retrofitting [Ref.8] en Meerlaagsveiligheid buitendijks [Ref.23]. De kostenraming is exclusief (uitvoerings)risicoposten, rente, scheefte en BTW.

3.8.3 Overige maatregelen

Voor de maatregelen evacuatie en waterrobuuste vitale infrastructuur zijn geen kosten geraamd. Voor evacuatie is het niet mogelijk omdat er geen eenvoudige kengetallen beschikbaar zijn. Ook voor waterrobuuste vitale infrastructuur zijn er geen gegevens waar de kosten op gebaseerd kunnen worden.

3.8.4 Nauwkeurigheid kostenraming

In de kostenraming voor alle maatregelen zit een marge van 25%, wat betekent dat de kosten 25% hoger of lager uit kunnen vallen. Deze marge is gebaseerd op het spelregelkader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) [Ref.36]

4 Uitwerking en resultaten van het toepassen van risicoreducerende maatregelen

In dit hoofdstuk wordt onderzocht wat de invloed is van de ingrepen uit hoofdstuk 3 op het overstromingsrisico binnen dijkkring 9. Per maatregel wordt eerst kort beschreven wat het uitwerkingskader is. Dit is niet voor elke maatregel gelijk. Vervolgens wordt de werkwijze beschreven waarmee de nieuwe verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffers zijn bepaald. Ten slotte worden de resultaten weergegeven en wordt beschreven waarom de resultaten naar verwachting juist of onjuist zijn.

Hoewel het verbeteren van de primaire waterkering buiten de scope van dit onderzoek valt, wordt in dit hoofdstuk wel bepaald wat de invloed is van dijkverbetering op de verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffers. Deze uitwerking vindt plaats zodat de kosten voor het toepassen van maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag kan worden vergeleken met de kosten voor het verbeteren van de waterkeringen.

4.1 Partiële compartimentering

Deze maatregel wordt beschreven in paragraaf 3.1.

4.1.1 Uitwerkingskader

Om de gevolgen van compartimentering goed in beeld te brengen zouden eigenlijk de overstromingssommen opnieuw gemaakt moeten worden. Door compartimentering zal het overstromingsverloop namelijk veranderen, de waterdiepte (en daarmee de economische schade) groter worden en de stijgsnelheid (en daarmee het aantal slachtoffers) toenemen. In verband met de beschikbare tijd voor dit onderzoek is het opnieuw maken van de overstromingssommen niet mogelijk.

In plaats daarvan is er voor gekozen om de schade- en slachtoffergrids van de maximaal mogelijke overstroming 'op te knippen' en hieruit de economische schade en het aantal slachtoffers af te leiden. Uitgangspunt hierbij is dat de waterdiepte uit het maximale scenario overeenkomt met de waterdiepte in het restant van de dijkkring dat nog wel door een overstroming wordt getroffen. In het maximale overstromingsscenario breekt de primaire waterkering namelijk door in alle ringdelen (bijlage 2). Dit gebeurt enkel bij zeldzame omstandigheden waarbij het debiet van de Overijsselse Vecht zeer groot is. Dit zeer grote debiet zal ook in het maximale scenario tot maximale waterstanden leiden.

Na compartimentering blijft ook de verandering van de stijgsnelheid beperkt. De oppervlaktes van de verschillende compartimenten blijven namelijk groot. Alleen voor het kleine compartiment ten zuiden van de N340 zal naar verwachting de stijgsnelheid toenemen ten opzichte van het maximale scenario.

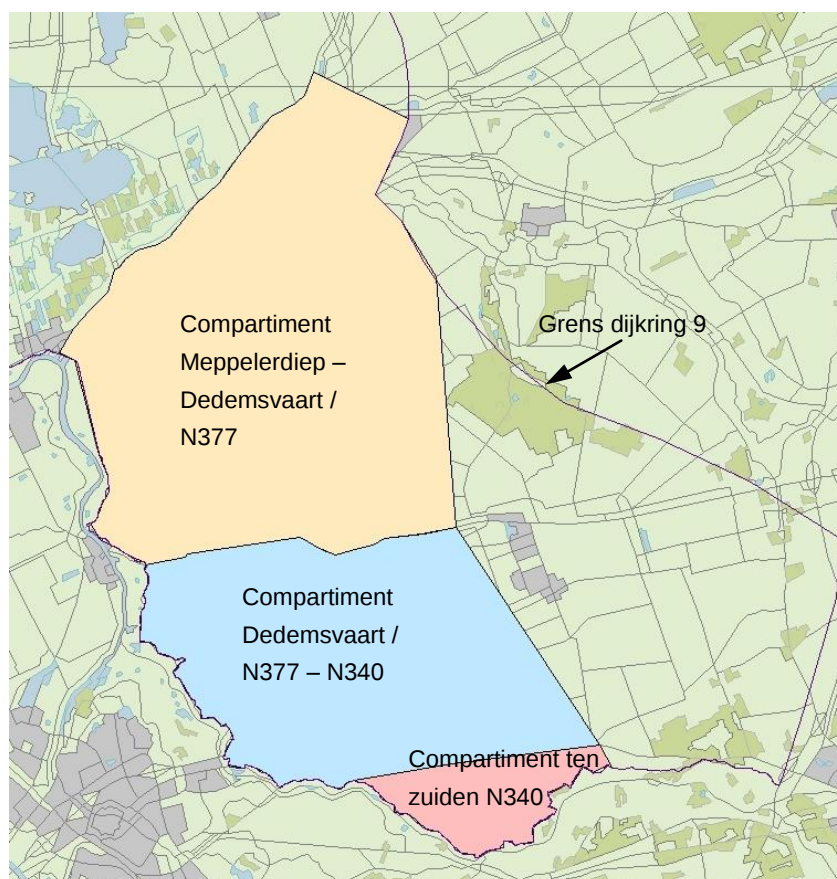
4.1.2 Werkwijze

Ter uitwerking van het scenario is gebruik gemaakt van de maximale schade en slachtoffergrids van VNK2. Deze zijn met Arcmap opgeknipt in de verschillende compartimenten (figuur 4.1). Vervolgens zijn de opgeknipte grids met Excel uitgelezen om de verwachte schade en de hoeveelheid slachtoffers te bepalen. Tabel 4.1 geeft deze waarden weer. Deze waarden vormde vervolgens de basis voor de berekening van de nieuwe verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffers in Excel (bijlage 7). Welke aangepaste grids per scenario zijn gebruikt wordt beschreven in bijlage 8.

Compartiment	Verwachte schade in miljoen €	Verwacht aantal slachtoffers
Tussen het Meppelerdiep en de Dedemsvaart/N377	731,1	114
Tussen de Dememsvaart/N377 en de N340	288,4	4
Ten zuiden van de N340	161,5	12

Niet voor alle doorbraaklocaties zijn de invoerwaarden aangepast. Hieronder staan de uitzonderingen, voor deze breslocaties zijn de schadebedragen en het aantal slachtoffers overgenomen van VNK2:

- **Oudleusen:** Deze doorbraaklocatie ligt in ringdeel 1 (bijlage 2). Een doorbraak in dit ringdeel heeft, onafhankelijk van de locatie, slechts kleine gevolgen. Deze wegen niet op tegen de kosten die het geheel verhogen van de N340 tot Ommen met zich meebrengt. Om deze reden wordt de N340 slechts tot Oudleusen verhoogd (paragraaf 3.1.1). Na het aanleggen van compartimenteringskades zal het overstromingsverloop hetzelfde blijven als in de huidige situatie.
- **Zwartsluis:** In huidige situatie heeft de noordelijke kade van het Meppelerdiep al een compartimenterende werking. Het verhogen van deze regionale kering zal het overstromingsverloop dus niet veranderen.
- **Zwarte Meer:** In de huidige situatie zorgt de hoge grond rondom de doorbraaklocatie al voor een compartimenterende werking. Compartimentering heeft geen invloed op het overstromingsverloop.



Figuur 4.1. De partiële compartimenten in dijkkring 9. Het bereik van de beschermde delen komt niet overeen met de dijkkringgrens omdat het oostelijk deel van de dijkkring als hoge grond beschouwd kan worden.

4.1.3 Resultaten

Het opdelen van de dijkkring in verschillende compartimenten leidt tot een afname van de verwachtingswaarde voor de economische schade per jaar met ca. 32%, van €6,3 miljoen per jaar tot €4,3 miljoen per jaar. De verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers neemt af met ca. 17%, van 0,18 slachtoffers per jaar tot 0,15 slachtoffers per jaar. Het maximale schadebedrag en het maximale aantal slachtoffers blijft na het aanleggen van compartimenteringskeringen gelijk, omdat de primaire waterkering in het maximale scenario doorbreekt in alle ringdelen. Het betekent dat alle compartimenten afzonderlijk van elkaar worden getroffen door een overstroming.

4.1.4 Discussie

Wat opvalt als de resultaten voor de economische waarde en het aantal slachtoffers met elkaar worden vergeleken, is dat de afname van de schade procentueel bijna 2 maal zo groot is als de afname van het aantal slachtoffers. Dit is ook logisch in vergelijking met het bodemgebruik in dijkkring 9. Het opdelen voorkomt dat delen met een agrarische functie onderlopen waardoor economische schade daar wordt voorkomen. Er wordt niet voorkomen dat het stedelijk gebied onderloopt, waar juist de meeste slachtoffers vallen. Wat daarnaast ook meespeelt, is dat de compartimenteringskade die het tracé dat de N340 volgt, het aantal slachtoffers in Dalfsen juist verhoogt. Bij een doorbraak bij Dalfsen of net na Dalfsen stroomt het water in de huidige situatie richting de noordelijk gelegen lagere delen van de dijkkring (bijlage 3). Na het verhogen van de N340 loopt Dalfsen echter onder.

In de uitwerking van dit scenario is daarnaast niet mee genomen dat door compartimentering de stijgsnelheid in de compartimenten toeneemt. Dit heeft vooral voor Dalfsen grote gevolgen. Door het relatief kleine oppervlakte van dit deel en het relatief grote aantal inwoners zal het aantal slachtoffers hier naar verwachting verder toenemen.

4.2 Waardebeschermende compartimentering.

Deze maatregel wordt beschreven in paragraaf 3.2.

4.2.1 Uitwerkingskader

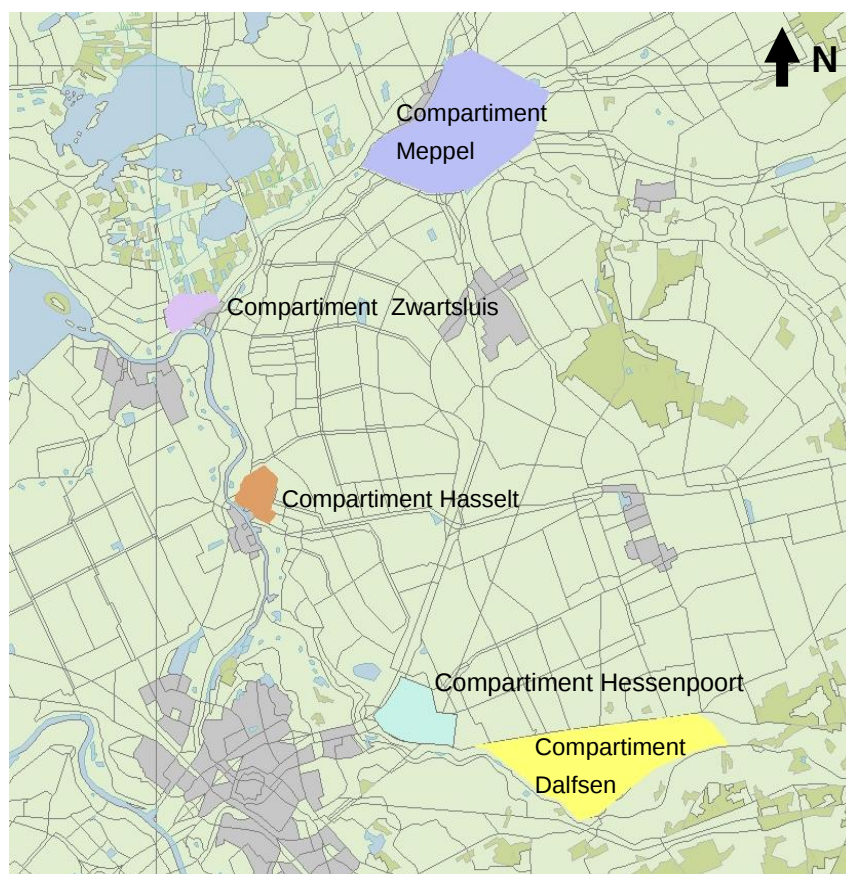
In tegenstelling tot partiële compartimentering is het bij deze ingreep niet noodzakelijk om nieuwe overstromingssommen te maken, om de gevolgen van deze maatregel goed in beeld te brengen. Het aanleggen van waardebeschermende keringen heeft een minimaal effect op het overstromingsverloop doordat de oppervlakte van de beschermde gebieden klein is ten opzichte van het totale oppervlak van de dijkkring.

4.2.2 Werkwijze

De werkwijze voor de uitwerking van waardebeschermende compartimentering komt grotendeels overeen met die van partiële compartimentering. Met Arcmap zijn uit de schade en slachtoffer grids van het maximale overstromingsscenario, de verschillende compartimenten (figuur 4.2) geknipt. Deze zijn vervolgens met Excel uitgelezen om economische schade en het aantal slachtoffers per compartiment te bepalen. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 4.2.

Compartiment	Verwachte schade in miljoen €	Verwacht aantal slachtoffers
Meppel	126	6
Zwartsluis	47,3	3
Hasselt	120	16
Hessenpoort	88,5	0
Ten zuiden van de N340 (Dalfsen)	161,5	12

Tabel 4.2. De verwachtingswaarde voor de economische schade en het aantal slachtoffers per compartiment.



Figuur 4.2. De waardebeschermende compartimenten in dijkkring 9.

De nieuwe verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffers zijn vervolgens met Excel berekend. Deze berekening is te vinden in bijlage 7. Om de nieuwe verwachtingswaarden te bepalen, zijn de verwachtingswaarden voor de beschermende compartimenten van de bestaande verwachtingswaarden per scenario afgetrokken. Deze werkwijze is weergegeven in afbeelding 4.3. In bijlage 8 wordt per scenario weergegeven welke compartimenten van de oorspronkelijke verwachtingswaarden zijn afgetrokken.

Verwachtingswaarde voor de economische schade en het aantal slachtoffers per scenario.	-	Verwachtingswaarde voor de economische schade en het aantal slachtoffers per compartiment(en)	=	Nieuwe verwachtingswaarde voor de economische schade en het aantal slachtoffers per scenario.
--	---	---	---	---

Afbeelding 4.3. Werkwijze berekening nieuwe verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffers.

Voor sommige scenario's geldt dat juist alleen schade wordt aangericht in het gebied dat omsloten wordt door een waardebeschermende kering. Dit is het geval bij doorbraaklocaties Hessenpoort (compartiment Hessenpoort), Dalfsen en na Dalfsen (beide het compartiment Ten zuiden van de N340). Voor deze scenario's wordt de verwachtingswaarde voor de economische schade en het aantal slachtoffers enkel gevormd door de verwachtingswaarden van het compartiment. In bijlage 8 worden ook deze uitzonderingen weergegeven.

4.2.3 Resultaten

Door het toepassen van waardebeschermende keringen verminderd de verwachtingswaarde voor de economische schade met ongeveer 35%, van € 6,3 miljoen per jaar tot € 4,1 miljoen per jaar. De verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers neemt af met ongeveer 11%, van 0,18 slachtoffers per jaar naar 0,16 slachtoffers per jaar.

Het maximale schadebedrag neemt af met ongeveer 22%, van € 1703 miljoen tot € 1321 miljoen. Het maximale aantal slachtoffers neemt af van 145, naar 143. Dit is een afname van ongeveer 1%.

4.2.4 Discussie

Hoewel de meeste inwoners in gebieden wonen die door een waardebeschermende kering wordt beschermd, is de afname van de verwachtingswaarde voor aantal slachtoffers per jaar en het maximale aantal slachtoffers minimaal. Dit is echter logisch als deze waarden vergeleken worden met de input. Slechts 37 van de maximaal 145 slachtoffers (26%) vallen in de gebieden die beschermd worden door een waardebeschermende kering. Daarnaast neemt het aantal slachtoffers in Dalfsen toe door het verhogen van de N340 tot compartimenterende kering.

Deze manier van compartimenten is wel effectief om het schaderisico te verminderen. Dit is ook logisch omdat gebieden binnen de waardebeschermende kering een relatief waardevol bodemgebruik hebben in vergelijking met de omliggende gebieden. In deze gebieden richt een overstroming in de huidige situatie 32% van de maximale schade aan.

4.3 Retentiegebied Bomhofsplas

Deze maatregel wordt beschreven in paragraaf 3.3.

4.3.1 Uitwerkingskader

In de uitwerking van deze maatregel wordt onderzocht hoe overstromingsrisico verminderd als tussen het bedrijventerrein Hessenpoort en Hasselt een retentiegebied wordt aangelegd. Hierbij wordt als uitgangspunt genomen dat bij inzet van het retentiegebied de kans op een doorbraak stroomafwaarts verwaarloosbaar klein wordt. Hoeveel de waterstand op het Zwarte Water en de Overijsselse Vecht in werkelijkheid verminderd na inzet van het retentiegebied valt buiten de scope. In paragraaf 3.3. wordt wel een inschatting gemaakt van de hoeveelheid water die geborgen kan worden in het retentiegebied.

Een tweede uitgangspunt bij de uitwerking van het retentiegebied is dat het maximale scenario gelijk blijft aan de huidige situatie. Het debiet van de Overijsselse Vecht en het Zwarte Water is in het maximale scenario dermate groot dat de capaciteit van het retentiegebied te klein is om de waterstand te doen afnemen, waardoor de overschrijdingskans voor die waterkeringen blijft bestaan.

4.3.2 Werkwijze

In de VNK risicotool is het niet mogelijk om de scenariokans aan te passen. Daarom zijn de nieuwe verwachtingswaarden voor deze ingreep berekend met Excel. De basis voor deze berekening wordt gevormd door uitput uit de VNK risicotool. Zowel de berekening als de oorspronkelijke output uit de VNK risicotool zijn weergegeven in bijlage 7.

In de berekening wordt de overschrijdingskans voor scenario's met de breslocaties Hasselt en Veldiger-Binnenland, gelijk aan nul. Ook de kans op de meervoudige doorbraakscenario's met de breslocaties Hasselt en Veldiger worden gelijk aan nul. Voor de ook stroomafwaarts gelegen breslocaties Zwartsluis en Zwarte Meer blijft de overschrijdingskans echter gelijk. Hier kan een overstroming ook veroorzaakt worden door extreme waterstanden op het Zwarte Meer.

4.3.3 Resultaten

Uit de berekening blijkt dat de verwachtingswaarde voor de economische schade per jaar afneemt met circa 20%, van € 6,3 miljoen per jaar tot € 5,06 miljoen per jaar. De

verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers neemt met ongeveer 28% af, van 1,8 personen per jaar tot 1,3 personen per jaar.

4.3.4 Discussie

De afname van het economisch- en slachtofferrisico per jaar ligt in de juiste orde van grote ten opzichte van de originele verwachtingswaardes. Daarnaast zijn de resultaten ook logisch in vergelijking met de overstromingspatronen en de verwachtingswaarden van beide breslocaties (bijlage 3) die de aanleg van een retentiegebied voorkomt. De economische schade ten gevolgen van een doorbraak bij Veldiger-Binnenland bedraagt bijvoorbeeld €1,3 miljard. Het aantal slachtoffers ligt tussen de 25 en de 125. Beide verwachtingswaarden zijn bijna gelijk aan die van het maximale overstromingsscenario's.

4.4 Evacuatie

Deze maatregel wordt beschreven in paragraaf 3.4.

4.4.1 Uitwerkingskader

In de uitwerking van deze maatregel wordt onderzocht hoe het slachtofferrisico verminderd als de evacuatiefracties binnen dijkkring 9 hoger zouden zijn. Hoe deze evacuatiefracties in de praktijk bereikt zouden kunnen worden valt buiten de scope van dit onderzoek. Als uitgangspunt geldt dat verandering van de evacuatiefractie geen invloed heeft op de verwachtingswaarde voor de economische schade, omdat de invloed van evacuatie op de schade minimaal is.

4.4.2 Werkwijze

Om te bepalen in hoeverre het schaderisico afneemt bij verandering van de evacuatiefracties, zijn deze in HIS SSM aangepast. Daarnaast wijzigt ook de conditionele kans op de evacuatiestrategieën in de VNK risicotool. Hiervoor is het input bestand conditionelekans.xml gewijzigd. De nieuwe evacuatiefractie en strategiekansen worden weergegeven in tabel 4.3.

		Evacuatiefractie (-)	Conditionele kans (-)
Overstroming kort van tevoren verwacht of onverwacht.	1. Geen evacuatie	0,0	0,1
	2. Ongeorganiseerde evacuatie	0,7	0,18
Overstroming ruim van te voren verwacht.	3. Ongeorganiseerde evacuatie	0,8	0,4
	4. Georganiseerde (verplichte) evacuatie	0,99	0,32

Tabel 4.3. Nieuwe evacuatiefracties en strategiekansen.

4.4.3 Resultaten

De verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers bedraagt bij hogere evacuatiefracties en bij een verandering van de strategiekans, 0,089 personen per jaar. Dit is een vermindering van ongeveer 50% ten opzichte van het aantal slachtoffers berekend binnen VNK2 (0,18 slachtoffers per jaar). Het maximale aantal slachtoffers (145) blijft echter gelijk omdat de kans blijft bestaan (deze wordt wel kleiner) dat er een maximaal onverwachte overstroming optreedt.

In figuur 4.4 wordt de ruimtelijke verdeling van de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers weergegeven per hectare per jaar. De figuren 4.5 en 4.6 worden het plaatsgebonden risico en het lokaal individueel risico in dijkkring 9 weergegeven bij hogere evacuatiefracties. Ter vergelijking: in subparagraaf 2.2.1 wordt de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffer per hectare, het plaatsgebonden risico en het lokaal individueel risico weergegeven uit de VNK2 risicoanalyse.

4.4.4 Discussie

De halvering van de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers is logisch als de 'oude' evacuatiefracties en strategiekansen (tabel 3.1, paragraaf 3.4) worden vergeleken met de nieuwe evacuatiefracties en strategiekansen. Zo wordt de kans dat er geen evacuatie plaats vindt gehalveerd terwijl de kans dat er een onverwachte ongeorganiseerde evacuatie plaats vindt verdubbeld. Daarnaast neemt voor elke strategie de evacuatiefractie toe.

Figuur 4.4. De ruimtelijke verdeling van de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers per jaar per hectare, met andere evacuatiefracties.

Figuur 4.5. Plaatsgebonden risico dijkkring 9 met aangepaste evacuatiefracties.

Figuur 4.6. Lokaal individueel risico dijkkring 9 met aangepaste evacuatiefracties.

4.5 Wetproof maken van bebouwing

Deze maatregel wordt beschreven in paragraaf 3.5.

4.5.1 Uitwerkingskader

Het wetproof maken van bebouwing beperkt zich tot de bebouwingscategorieën eengezinswoningen & boerderijen en laagbouwwoningen. De andere categorieën woningen, middel- en hoogbouwwoningen komen nauwelijks in het gebied voor. Voor de overige categorieën bebouwing, zoals overheidsgebouwen en bedrijfsgebouwen is meer maatwerk vereist om deze wetproof te maken. Hier kan simpelweg niet worden uitgegaan van gemiddelde, algemene waarden. Deze categorieën bebouwing worden niet binnen dit onderzoek uitgewerkt. Daarnaast bepaald HIS SSM voor deze categorieën de schade per arbeidsplaats. Er zijn geen gegevens wat de kosten zijn om een arbeidsplaats wetproof te maken.

In dit scenario worden alle woningen en boerderijen die in het maximale scenario 'nat' worden waterproof gemaakt. Er wordt niet ingegaan op waar het waterproof maken het meeste effect zou hebben.

Als uitgangspunt wordt daarnaast gehanteerd dat het waterrobuust maken van bebouwing geen invloed heeft op het slachtofferisico. Waterrobuuste bebouwing kan namelijk niet als shelter worden gebruikt en bij hoge stroomsnelheden stort een gebouw nog steeds in. Het slachtofferisico blijft dus gelijk aan het bestaande slachtofferisico.

4.5.2 Werkwijze

De maximale schade na het wetproof maken van bebouwing wordt geschat op € 20.000 voor eengezins- en laagbouwwoningen en op € 40.000 voor boerderijen. Na een overstroming in dijkkring 9 wordt de waterdiepte nergens groter dan 3 m (bijlage 3) terwijl de schadefuncties in HIS SSM doorlopen tot grotere waterdieptes. Daarom dient het maximale schade bedrag gecorrigeerd te worden, zodat bij een waterdiepte van 3 m het maximale schadebedrag wordt gegenereerd. Dit gebeurt met behulp van een percentage. De gecorrigeerde schadebedragen worden weergegeven in tabel 4.4.

	Max. schade na wetproof	% schadefunctie op d=3 m	Gecorrigeerd max. schade
Eengezinswoningen	€ 20.000	40 %	€ 50.000
Laagbouwwoningen	€ 20.000	95 %	€ 21.000
Boerderijen	€ 40.000	40 %	€ 100.000

Tabel 4.4. Gecorrigeerde maximale schadebedragen.

Tabel 4.4 geeft alleen de opstalschade weer. Als een dijkdoorbraak echter onverwachts plaats vindt ontstaat er ook schade aan de inboedel omdat inwoners geen tijd hebben deze naar een hogere etage te verplaatsen. Ook dit dient meegenomen te worden in de berekeningen voor onverwachte overstromingen (evacuatiestrategieën 1 en 2). Binnen HIS SSM wordt gerekend met een maximale inboedelschade van € 70.000 [Ref.12] per woning. Dit bedrag dient voor evacuatiestrategieën 1 en 2 bij het gecorrigeerde maximale schadebedrag opgeteld te worden. Voor inboedel hoeft de maximale schade niet gecorrigeerd te worden naar de schadefunctie omdat hier geen veranderingen in optreden. Voor beide situaties is in HIS SSM een apart model aangemaakt, waarin voor de maximale schadebedragen voor de categorieën bebouwing wordt gehanteerd zoals weergegeven in tabel 4.5. Vervolgens is het nieuwe schaderisico bepaald met de VNK risicotool.

	Onverwachte overstroming (Strategie 1+2) max. schade	Verwachte overstroming (Strategie 3+4) max. schade
Eengezinswoningen	€ 120.000	€ 50.000
Laagbouwwoningen	€ 91.000	€ 21.000
Boerderijen	€ 170.000	€ 100.000

Tabel 4.5. Maximale schadebedragen per evacuatiestrategie.

Door een fout in HIS SSM, het niet kunnen aanpassen van de wegingsfactoren bij een nieuw model, ontstaat er echter een afwijking in de schade. Uit een vergelijking met Excel is gebleken dat de verwachtingswaarde voor het schaderisico nog met 13 tot 20 procent verminderd mag worden (bijlage 9). De maximale schade kan met Excel wel exact worden bepaald.

4.5.3 Resultaten

De verwachtingswaarde voor het economisch risico per jaar ligt na het wetproof maken van woningen tussen de € 5,1 miljoen per jaar en € 4,7 miljoen per jaar. Dit is een afname van 19% tot 25% ten opzichte van de verwachtingswaarde voor het economisch risico berekend in VNK2 risicoanalyse (€6,3 miljoen per jaar).

De maximale verwachtingswaarde voor de economische schade bij een maximaal verwachte overstroming bedraagt € 1207 miljoen. Voor een maximaal onverwachte overstroming bedraagt de verwachtingswaarde voor de economische schade € 1.380 miljoen. De maximale schade bij een maximaal overstromingsscenario berekend door VNK2 bedraagt € 1.703 miljoen. Het wetproof maken van bebouwing leidt tot een afname van 19% tot 29%.

4.5.4 Discussie

Als de input met de uitput wordt vergeleken dan komen de waarden procentueel aardig met elkaar overeen (tabel 4.5). Ook de vermindering van het schaderisico is logisch in vergelijking met de afname van maximale schade.

	Zonder wetproof bebouwing	Met wetproof bebouwing			
		Onverwacht	%	Verwacht	%
Schade aan bebouwing	€ 623 miljoen	€ 300 miljoen	- 48	€ 127 miljoen	- 20
Maximale schade eengezinswoning	€ 241000	€ 120000	- 50	€ 50000	- 21

Tabel 4.5. Vergelijking van de input en output waarden.

4.6 Dryproof maken van bebouwing

Deze maatregel wordt beschreven in paragraaf 3.6.

4.6.1 Uitwerkingskader

Net als bij het wetproof maken, worden binnen het dryproof maken van bebouwing de bebouwingscategorieën eengezinswoningen & boerderijen en laagbouwwoningen uitgewerkt. De andere categorieën woningen, (middel- en hoogbouwwoningen) komen nauwelijks in het gebied voor. Voor de overige categorieën bebouwing, zoals overheidsgebouwen en bedrijfsgebouwen is meer maatwerk vereist om deze gebouwen dryproof te maken. Hier kan simpelweg niet worden uitgegaan van gemiddelde, algemene waarden. Deze categorieën bebouwing worden niet binnen dit onderzoek uitgewerkt. Daarnaast bepaald HIS SSM voor deze categorieën de schade per arbeidsplaats. Er zijn geen gegevens van de kosten om een arbeidsplaats dryproof te maken.

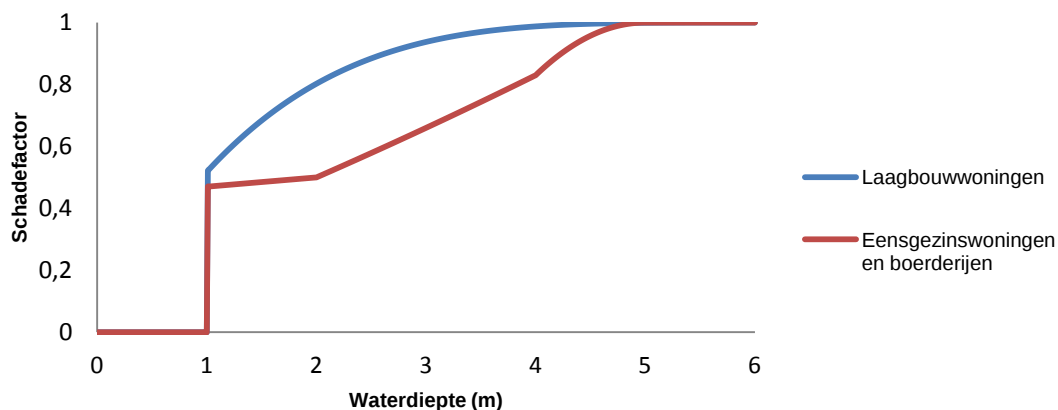
Met deze maatregel worden alle woningen en boerderijen die in het maximale overstromingsscenario 'nat' worden dryproof gemaakt. Er wordt niet ingegaan op waar het dryproof maken van bebouwing het meeste effect op het overstromingsrisico zou hebben.

Als uitgangspunt wordt daarnaast gehanteerd dat het dryproof maken van bebouwing geen invloed heeft op het slachtofferisico. Bij waterstanden tot 1 m ten opzichte van het maaiveld vallen eigenlijk geen slachtoffers en bij hogere waterstanden valt het effect van dryproof bebouwing weg. Het slachtofferisico blijft gelijk aan het bestaande slachtofferisico berekend door VNK2.

4.6.2 Werkwijze

Door het dryproof maken van bebouwing verandert de schadefunctie voor bebouwing in HIS SSM. Tot een waterdiepte van 1 m ontstaat er namelijk geen schade. Bij waterstanden groter dan 1 m dringt het water de woningen binnen en ontstaat er alsnog schade. De aangepaste schadefuncties worden weergegeven in grafiek 4.1.

Grafiek 4.1. Aangepaste schadefuncties laagbouw en eengezinswoningen&boerderijen.



Binnen HIS SSM versie 2,5 is het niet mogelijk om de standaard schadefuncties aan te passen of om nieuwe schadefuncties aan te maken. Deltares werkt echter aan een nieuwe versie van HIS SSM waarin dit wel mogelijk is. Deze versie bevindt zich op dit moment nog in een experimentele fase maar het is al wel mogelijk om verwachtingswaarden voor de economische schade te bepalen. Tijdens de berekeningen bleek er echter een afwijking te zitten in de economische schade die optreedt aan boerderijen, ten opzichte van de waarden uit HIS SSM v2.5. Hierdoor wijken de verwachtingswaarden voor de economische schade 1,7% af. Tijdens de berekeningen kon niet achterhaald worden waardoor deze afwijking ontstond. Het resultaat voor de verwachtingswaarde voor de economische schade is gecorrigeerd met 1,7%.

Het dryproof maken van bebouwing heeft geen invloed op het slachtofferisico. Daarnaast is het met de experimentele versie van HIS SSM nog niet mogelijk om de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers te bepalen. Om deze redenen zijn de slachtofferberekeningen overgenomen van VNK2. Het uitvoeren van de berekeningen met de experimentele versie van HIS SSM is begeleid door Dennis Wagenaar en Kymo Slager, beide zijn werkzaam bij Deltares.

4.6.3 Resultaten

De verwachtingswaarde voor de economische schade neemt af met ongeveer 16%, van € 6,3 miljoen per jaar tot € 5,3 miljoen per jaar. De maximale verwachtingswaarde van de economische schade neemt door het dryproof maken van woningen af met ongeveer 17% tot €1422 miljoen. Dit is een afname van €281 miljoen ten opzichte van de maximale schade berekend door VNK2 (€1703 miljoen).

In figuur 4.7 wordt de ruimtelijke verdeling van de verwachtingswaarde van de economische schade per jaar weergegeven per hectare. Ter vergelijking: in subparagraaf 2.2.1. wordt de verdeling van de verwachtingswaarde voor de economische schade weergegeven bepaald in de VNK2 risicoanalyse.

Figuur 4.7. de ruimtelijke verdeling van de verwachtingswaarde van de economische schade per jaar na het dryproof maken van bebouwing.

4.6.4 Discussie

De resultaten liggen gevoelsmatig in de juiste orde van grote. Omdat het merendeel van de dryproof gemaakte woningen, zich bevindt in gebieden waar de waterstand bij een overstroming minder is dan 1 m ten opzichte van het maaiveld (bijlage 3). Waterdieptes groter dan een meter komen vooral voor in agrarische gebieden waar zich weinig woningen bevinden.

4.7 Waterrobuust maken van de vitale infrastructuur

Deze maatregel wordt beschreven in paragraaf 3.7.

4.7.1 Uitwerkingskader

Omdat nog niet goed is onderzocht op welke wijze de productie en levering van vitale producten en diensten waterrobuust kan worden gemaakt, is de vraag bij de uitwerking van deze maatregel wat de afname is van de verwachtingswaarde van het schaderisico, als de vitale infrastructuur waterrobuust zou zijn.

Dit scenario richt zich daarnaast alleen op de levering van producten en diensten waardoor leven en werken in dijkkring 9 feitelijk niet meer mogelijk is. Hierbinnen vallen de levering van drinkwater en energie, de levering van producten in en uit het gebied en de mogelijkheden tot communicatie. Zorg en de handhaving van de openbare orde worden ook tot vitale infrastructuur gerekend. Deze worden echter in de uitwerking niet meegenomen omdat deze minder van invloed zijn op het (economisch) herstel van een gebied.

Het waterrobuust maken van vitale infrastructuur heeft daarnaast geen invloed op het slachtofferisico omdat door het uitvallen van nutsbedrijven, communicatiemogelijkheden en transportvoorzieningen geen (directe) slachtoffers vallen [Ref.19].

4.7.2 Werkwijze

Om te bepalen in hoeverre het schaderisico verminderd, als de vitale infrastructuur waterrobuust zou zijn, is in HIS SSM een nieuw model aangemaakt. Hierin zijn de maximale schadebedragen voor de schaderelaties transport en communicatie en nutsbedrijven op € 0 gezet. Op deze wijze wordt er geen schade meer berekend voor deze schadecategorieën. Onder de schaderelatie communicatie en transport vallen bijvoorbeeld transport- en koeriersbedrijven, telecommunicatie en transport door pijpleidingen (exclusief aardgas). Schade aan de infrastructuur zelf valt niet binnen deze categorie. Onder de categorie nutsbedrijven valt de productie, distributie en levering van energie en drinkwater. In bijlage 10 worden alle onder deze schaderelaties vallende categorieën per SIC (Standard Industrial Code) beschreven. Vervolgens zijn met HIS SSM per overstromingsscenario nieuwe schadegrids gemaakt. Deze dienden vervolgens als input voor de VNK risicotool waarmee opnieuw de verwachtingswaarde voor het schaderisico wordt berekend.

Door een fout in HIS SSM, het niet kunnen aanpassen van de wegingsfactoren bij een nieuw model, ontstaat er echter een afwijking in de schade (bijlage 9). Uit een vergelijking met Excel is gebleken dat de verwachtingswaarde voor het schaderisico per jaar nog met 12 tot 15 procent verminderd mag worden. De maximale schade kan met Excel wel exact worden bepaald.

4.7.3 Resultaten

De verwachtingswaarde voor het schaderisico per jaar bedraagt na het waterrobuust maken van de vitale infrastructuur tussen de € 5,8 miljoen per jaar en € 5,6 miljoen per jaar. Dit is een vermindering van 8% tot 11% ten opzichte van het schade risico dat is berekend in VNK2 (€ 6,3 miljoen per jaar).

De verwachtingswaarde voor de maximale schade na het waterrobuust maken van de vitale infrastructuur bedraagt ongeveer € 1684 miljoen. Dit is een vermindering van slechts 1 % ten opzichte van het maximale schaderisico berekend in de VNK2 risico analyse (€ 1703 miljoen).

4.7.4 Discussie

Op het eerste gezicht ligt de maximale schadebedrag voor vitale infrastructuur erg laag; slechts € 19 miljoen of 1% van de totale maximale schade. Dit bedrag beslaat echter alleen de directe schade, de indirecte schade en de schade ten gevolgen van bedrijfsuitval aan de schaderelaties transport & communicatie en nutsbedrijven. Wat niet in HIS SSM wordt meegenomen is dat bij uitval van deze functies in het overstroomde gebied, er geen diensten en goederen meer geproduceerd kunnen worden. Aan- en afvoer van grondstoffen en producten is namelijk niet mogelijk en ook de benodigde energie kan niet worden geleverd. Door het gebrek aan drinkwater en energie is het gebied naar Nederlandse standaard ook onbewoonbaar. Zolang het gebied onder water staat, zijn beide geen groot probleem. Er kan toch niet gewoond worden in een overstroomd huis en een ondergelopen bankfiliaal zal geen financiële diensten verlenen. Hierdoor ontstaat er dus geen extra schade. Maar herstel van een aantal vitale functies is zeer kostbaar en tijdrovend [Ref.19]. Het is goed denkbaar dat in dijkkring 9 na een overstroming alle schade al hersteld is, maar dat levering van gas en drinkwater nog niet mogelijk is. De verwachte hersteltijd van het drinkwatersysteem bedraagt ongeveer 3 tot 6 maanden, het lokale gasnetwerk moet zelfs compleet opnieuw worden aangelegd [Ref.19]. Hierdoor is schade door productieverlies waarschijnlijk veel groter dan dat HIS SSM berekend.

Ook de indirecte schade wordt door HIS SSM onderschat. Dijkkring 9 wordt doorkruist door een aantal belangrijke transportassen voor weg- en spoorverkeer en elektriciteitstransport (landelijk 380 kV netwerk). Uitval van het schakelstation Zwolle NO kan zelfs landelijke gevolgen hebben, omdat hiermee de 380 kV verbinding wegvalt tussen noord Nederland en de rest van het land. De indirecte schade aan nutsbedrijven bedraagt echter slechts maximaal € 23000. Hierin zit ook de schade aan het gas en drinkwaternetwerk.

Door het wegvallen van de spoorlijn Zwolle – Meppel valt ook de spoorverbinding tussen het noorden en de rest van Nederland weg. De indirecte schade voor communicatie en transport bedraagt slechts maximaal € 68000 voor alle categorieën. Waarschijnlijk liggen de indirecte schadebedragen voor de schaderelaties transport en communicatie en nutsbedrijven in werkelijkheid veel hoger.

4.8 Dijkverbetering

Deze maatregel wordt beschreven in subparagraaf 2.2.2.

4.8.1 Uitwerkingskader

In de maatschappelijke kosten-batenanalyse waterveiligheid 21^e eeuw (MKBA) [Ref.4] wordt een inschatting van de kosten gegeven om de primaire waterkeringen in Nederland een 10 maal zo hoog beschermingsniveau te geven. Binnen deze maatregel wordt onderzocht wat de invloed is van deze verbetering op het overstromingsrisico. Als uitgangspunt bij dit scenario wordt gehanteerd dat bij een 10 maal zo hoog beschermingsniveau van de primaire waterkering, de overschrijdingskans van de primaire waterkering met een factor 10 afneemt.

4.8.2 Werkwijze

In de VNK risicotool is het niet mogelijk om de scenariokansen aan te passen. Daarom zijn de nieuwe verwachtingswaarden voor deze ingreep berekend met Excel. De basis voor deze berekening wordt gevormd door uitput uit de VNK risicotool. Zowel de berekening als de oorspronkelijke output uit de VNK risicotool zijn weergegeven in bijlage 7. In de berekening zijn de scenariokansen voor alle scenario's (bijlage 2) een factor 10 kleiner gemaakt.

4.8.3 Resultaten

Door de waterkeringen zo te verbeteren dat deze een 10 maal zo hoog beschermingsniveau hebben, neemt de verwachtingswaarde van de economische schade af tot € 0,63 miljoen per jaar (dit was € 6,3 miljoen per jaar). De verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers neemt af tot 0,018 personen per jaar (dit was 0,19 personen per jaar). Voor beide verwachtingswaarden is het een afname van 90% ten opzichte van het risico bepaald in de risicoanalyse van VNK2.

5 Vergelijking van resultaten, conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten van verschillende ingrepen met elkaar vergeleken op basis van kosten en de invloed op het overstromingsrisico. De vergelijking vormt vervolgens de basis voor de conclusie. In paragraaf 5.3 wordt een doorkijk gegeven naar andere dijkeringen. De aanbevelingen vormen ten slotte het laatste deel van dit hoofdstuk.

5.1 Vergelijking van de resultaten

In deze paragraaf worden de resultaten voor de risicoreducerende maatregelen op 5 manieren met elkaar vergeleken:

1. Op basis van investeringskosten.
2. Op basis van de verwachtingswaarde voor de economische schade per jaar.
3. Op basis van de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers per jaar.
4. Op basis van de totale verwachtingswaarde, waarin beide verwachtingswaarden bij elkaar opgeteld zijn.
5. Op basis van de baten per jaar, waarin de investeringskosten worden meegenomen in de vergelijking van de verwachtingswaarden.

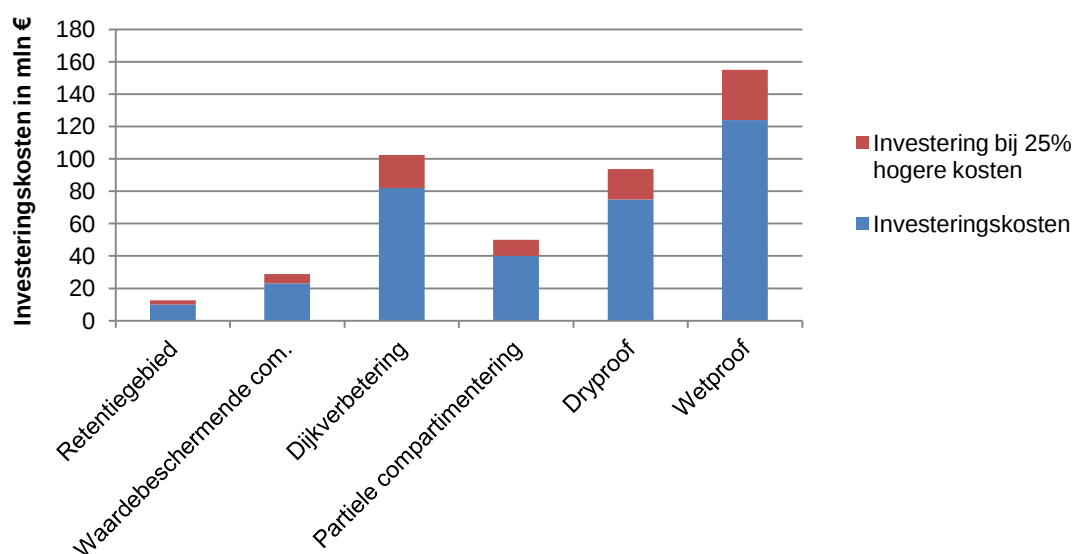
Uitgangspunt bij de vergelijking van de risicoreducerende maatregelen is dat de sterkte van de primaire waterkeringen, op hetzelfde niveau blijft als in de huidige situatie. Dit geldt uiteraard niet voor de maatregel dijkverbetering.

In de vergelijking staan de maatregelen niet op de zelfde volgorde als in de hoofdstukken 3 en 4. In deze paragraaf worden de maatregelen op volgorde van baten (5.1.5) weergegeven.

5.1.1 Vergelijking op basis van investeringskosten

In grafiek 5.1 worden de investeringskosten van de risicoreducerende maatregelen weergegeven. De maatregelen evacuatie en waterrobuuste vitale infrastructuur worden niet in de grafiek weergegeven omdat hiervoor geen investeringskosten zijn bepaald (hoofdstuk 3). Daarnaast wordt weergegeven wat de investering zou zijn als de kosten 25% hoger zouden uitvallen.

Grafiek 5.1. Vergelijking van de investeringskosten per maatregel.

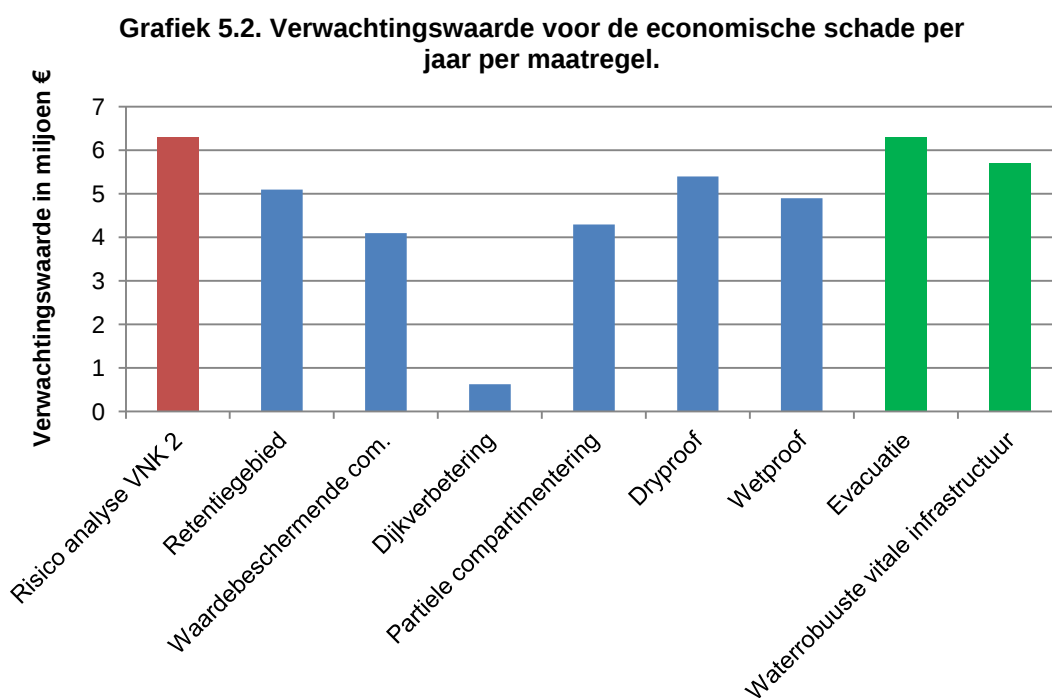


Maatregel	Investeringskosten (in miljoen €)	Investering bij 25% hogere kosten (in miljoen €)
Retentiegebied	10	13
Waardebeschermende compartimentering	23	29
Dijkverbetering	82	103
Partiële compartimentering	40	50
Dryproof	75	94
Wetproof	124	155

Tabel 5.1. De waarden uit grafiek 5.1.

5.1.2 Vergelijking op basis van de economische verwachtingswaarde

Grafiek 5.2 geeft de invloed van elke ingreep weer, op de verwachtingswaarde voor de economische schade in dijkkring 9. Ter vergelijking wordt ook de verwachtingswaarde voor de economische schade die is bepaald in de VNK2 risicoanalyse weergegeven (in rood). De maatregelen evacuatie en waterrobuuste infrastructuur zijn groen weergegeven omdat deze niet in de vergelijking van de baten per jaar worden meegenomen.



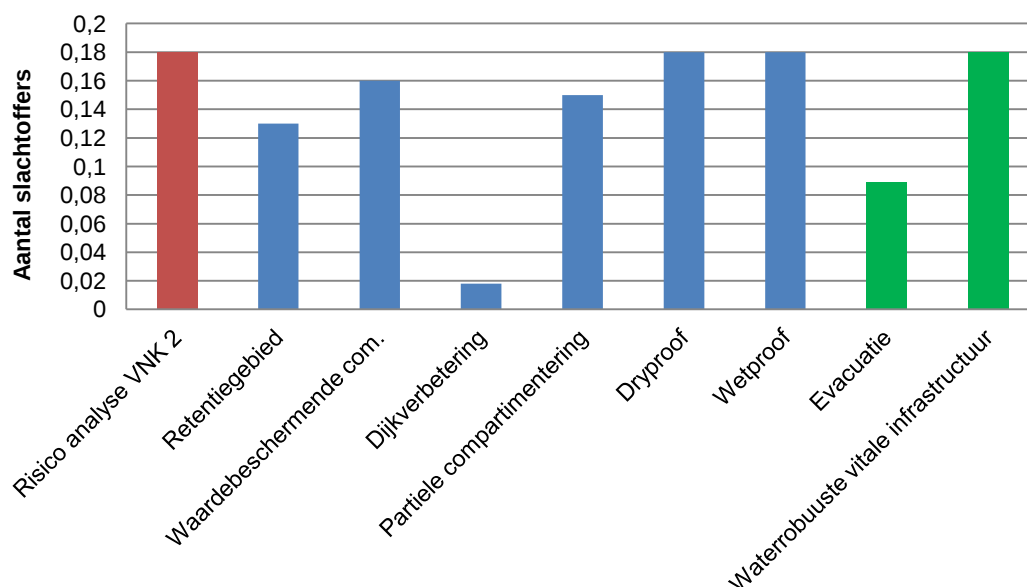
Maatregel	Verwachtingswaarde in miljoen € per jaar
Risicoanalyse VNK2	6,3
Retentiegebied	5,1
Waardebeschermende compartimentering	4,1
Dijkverbetering	0,63
Partiële compartimentering	4,3
Dryproof	5,4
Wetproof	4,9
Evacuatie	6,3
Waterrobuuste vitale infrastructuur	5,7

Tabel 5.2. De waarden uit grafiek 5.2.

5.1.3 Vergelijking op basis van de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers

In grafiek 5.3 wordt de invloed van elke ingreep op de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers weergegeven. Ter vergelijking wordt ook de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers dat is bepaald in de VNK2 risicoanalyse weergegeven (in rood). De maatregelen evacuatie en waterrobuuste infrastructuur zijn groen weergegeven omdat deze niet worden meegenomen in de vergelijking van de baten per jaar.

Grafiek 5.3. Verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers per jaar per maatregel.



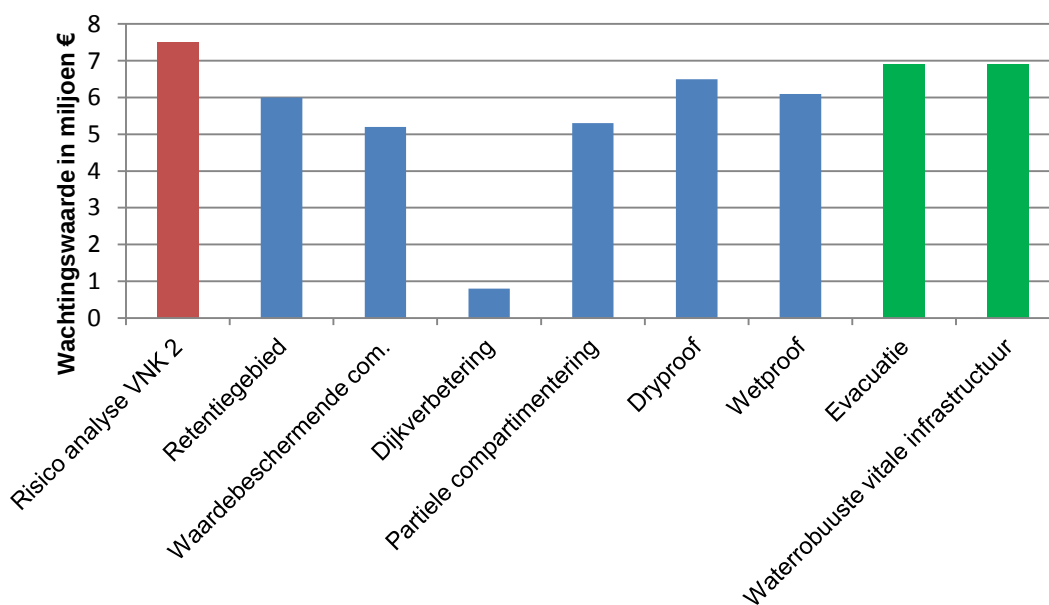
Maatregel	Aantal slachtoffer per jaar
Risicoanalyse VNK2	0,18
Retentiegebied	0,13
Waardebeschermende compartimentering	0,16
Dijkverbetering	0,018
Partiële compartimentering	0,15
Dryproof	0,18
Wetproof	0,18
Evacuatie	0,089
Waterrobuuste vitale infrastructuur	0,18

Tabel 5.3. De waarden uit grafiek 5.3.

5.1.4 Vergelijking op basis van de totale verwachtingswaarde

In de totale verwachtingswaarde per jaar, worden de verwachtingswaarden voor de economische schade per jaar en de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers per jaar, bij elkaar opgeteld. De vergelijking wordt weergegeven in grafiek 5.4. Hiervoor is de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers monetair gewaardeerd. Per slachtoffer wordt uitgegaan van € 6,7 miljoen [Ref.4]. Ter vergelijking wordt ook de totale verwachtingswaarde die is bepaald in de VNK2 risicoanalyse weergegeven (in rood). De maatregelen evacuatie en waterrobuuste infrastructuur zijn groen weergegeven omdat deze niet in de vergelijking van de baten meegenomen worden.

Grafiek 5.4. Totale verwachtingswaarde per jaar.



Maatregel	Verwachtingswaarde in miljoen € per jaar
Risicoanalyse VNK2	7,5
Retentiegebied	6
Waardebeschermende compartimentering	5,2
Dijkverbetering	0,8
Partiële compartimentering	5,3
Dryproof	6,5
Wetproof	6,1
Evacuatie	6,9
Waterrobuuste vitale infrastructuur	6,9

Tabel 5.4. De waarden uit grafiek 5.4.

5.1.5 Vergelijking op basis van baten per jaar

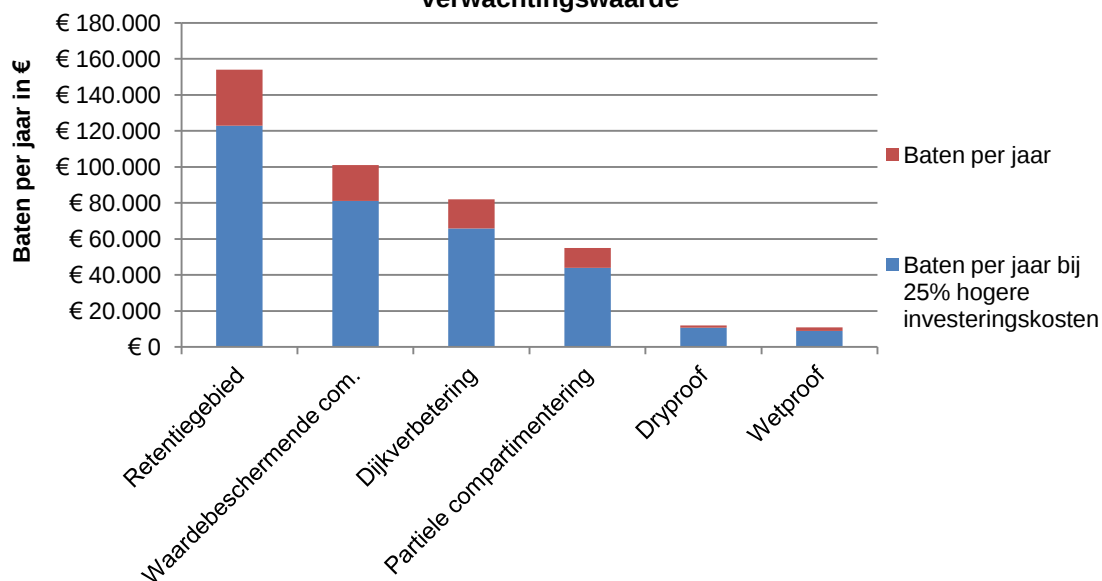
Om de maatregelen onderling goed met elkaar te kunnen vergelijken dienen, ook de kosten in de vergelijking van de resultaten meegenomen te worden. In grafiek 5.5 worden daarom de baten van elke maatregel weergegeven. Dit is het aantal euro's dat de totale verwachtingswaarde per jaar afneemt, per miljoen euro die de maatregel aan investeringskosten vergt. Of in formulevorm:

$$\text{Baten per jaar} = \frac{V - M}{I}$$

Hierin is:

- V : De verwachtingswaarde voor het totale risico per jaar uit de VNK risicoanalyse.
M : De verwachtingswaarde voor het totale risico per jaar per maatregel.
I : De investeringskosten.

Grafiek 5.5. Baten per jaar, per maatregel op basis van de totale verwachtingswaarde



In de grafiek zijn de baten voor de maatregelen evacuatie en waterrobuuste infrastructuur niet meegenomen omdat hier geen investeringskosten voor bepaald zijn. Daarnaast worden in de grafiek ook de baten weergegeven als de investeringskosten 25% hoger zouden zijn.

Maatregel	Baten (in €)	Baten bij 25% hogere kosten (in €)
Retentiegebied	154000	123000
Waardebeschermende compartimentering	101000	81000
Dijkverbetering	82000	66000
Partiële compartimentering	55000	44000
Dryproof	12000	11000
Wetproof	11000	9000

Tabel 5.5. De waarden uit grafiek 5.5.

5.2 Conclusies

1. Op basis van de vergelijking van de resultaten uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat het aanleggen van een retentiegebied, tussen het bedrijventerrein Hessenpoort en Hasselt, de meeste efficiënte maatregel is om het overstromingsrisico in dijkkring 9 te verminderen. Daarnaast is ook het aanleggen van waardebeschermende keringen, rondom Hessenpoort, Hasselt, Zwartsluis en Meppel, efficiënter dan het verbeteren van de waterkeringen. Voor beide maatregelen geldt wel dat de sterkte van de huidige primaire waterkeringen op hetzelfde niveau dient te blijven als in de huidige situatie.
2. Voor de overige maatregelen geldt dat deze niet als kostenefficiënt beschouwd kunnen worden in vergelijking met het verbeteren van de waterkeringen. Hierbij speelt wel mee dat dit onderzoek op dijkkringniveau is uitgevoerd. Mogelijk dat het op kleinere (lokale) schaal toepassen van maatregelen wel kostenefficiënt is ten opzichte van het verbeteren van de waterkeringen.
3. Ook is de verwachting dat evacuatie ook een kostenefficiënte maatregel is om de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers te verminderen. Vooral omdat er in dijkkring 9 voldoende infrastructuur aanwezig is om de inwoners te kunnen evacueren en omdat de afstanden tot hoge grond beperkt zijn.

4. Uit de resultaten van het waterrobuust maken van de vitale infrastructuur (paragraaf 4.7) blijkt dat de schade aan de schaderelaties nutsbedrijven en transport en communicatie in HIS SSM sterk wordt onderschat. In HIS SSM wordt er namelijk vanuit gegaan dat een gebied na het droogvallen bijna gelijk weer leefbaar is en dat er weer economische activiteiten plaats vinden. Dit is naar Nederlandse normen zonder vitale infrastructuur niet mogelijk. Dit betekent dat de schade door bedrijfsuitval in werkelijkheid groter is. Uit de analyse waterrobuuste infrastructuur [Ref.19] blijkt daarnaast dat ook de directe schade ten gevolgen van een overstroming in HIS SSM wordt onderschat.
5. Uit de werkwijze van dit onderzoek blijkt dat de huidige VNK2 systematiek niet geschikt is om goed te kunnen bepalen wat de invloed is van maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag.
6. Uit de literatuurstudie die voorafgaande aan dit onderzoek is uitgevoerd, blijkt dat er veel verschillende visies bestaan op meerlaagse veiligheid. Daarnaast wordt in een aantal publicaties wel een overzicht gegeven van de mogelijk maatregelen [Ref.1, Ref.16], maar het is onbekend wat de invloed is van deze maatregelen op het overstromingsrisico en of deze maatregelen uitvoerbaar zijn.

5.3 Doorkijk naar andere dijkringen op basis van de resultaten voor dijkkring 9

Dijkringen die overeenkomsten vertonen met dijkkring 9 zijn de dijkringen 49, 51, 52 en 53. Deze dijkringen liggen allen langs de IJssel. Daarnaast komt de bevolkingsdichtheid, het bodemgebruik, de afstand tot hoge grond en de beschikbare infrastructuur ongeveer overeen met die van dijkkring 9. De verwachting is dat evacuatie en het aanleggen van waardebeschermende keringen ook effectieve maatregelen zijn om het overstromingsrisico te verminderen. Qua oppervlakte zijn dijkringen 49 en 51 te klein voor het aanleggen van een retentiegebied. Voor dijkkring 52 is een noodoverloopgebied mogelijk wel een efficiënte maatregel. Deze zou bijvoorbeeld aangelegd kunnen worden tussen Brummen en Empe.

Daarnaast is ook de verwachting dat het aanleggen van een waardebeschermende kering voor de stad Zwolle, een efficiënte maatregel is om het overstromingsrisico in dijkkring 53 te verminderen. Door het ongunstige overstromingsverloop [Ref.31] ontstaan er in Zwolle namelijk grote waterdieptes, terwijl dit gebied juist een relatief grote economische waarde heeft. Door de combinatie van grote waterdieptes en een relatief hoge economische waarde, ontstaat er in de huidige situatie veel schade in Zwolle.

Ook dijkkring 42 langs de Waal vertoont een aantal overeenkomsten met dijkkring 9. Alleen is het debiet van de Waal vele malen groter dan die van het Zwarte Water en de Overijsselse Vecht. De verwachting is echter, dat het aanleggen van waardebeschermende keringen rond Millingen aan de Rijn en Ooij en evacuatie ook in deze dijkkring efficiënte maatregelen zijn.

Daarnaast is uit dit onderzoek gebleken dat de evacuatiefracties, zoals die gehanteerd worden binnen VNK2 (paragraaf 3.4), te conservatief zijn voor gebieden met relatief veel infrastructuur, een relatief lage bevolkingsdichtheid en een korte afstand tot hoge grond. Aan de andere kant is het mogelijk dat de huidige evacuatiefracties te gunstig zijn voor dichtbevolkte gebieden met een grote afstand tot hoge grond.

Dat het aanleggen van een retentie gebied en waardebeschermende keringen in dijkkring 9 wel kostenefficiënt zijn, ten opzichte van het verbeteren van de waterkeringen, zit hem in de bevolkingsdichtheid, de spreiding van de bevolking en in de relatief korte afstand tot hoge grond. Voor de dijkringen in het westen van het land zijn deze gebiedseigenschappen vaak precies tegenovergesteld. Deze dijkringen zijn juist dichtbevolkt, lintbebouwing komt er op grote schaal voor en de afstand tot hoge grond is relatief groot. Daarom is de verwachting dat voor een groot deel van de Nederlandse dijkringen de grootschalige inzet van risicoreducerende maatregelen uit de 2^e en 3^e laag, alleen efficiënt is als het verbeteren van de bestaande waterkeringen niet mogelijk is.

5.4 Aanbevelingen

1. Er wordt aanbevolen om de maatregelen 'retentiegebied' en 'waardebeschermende compartimentering' voor dijkkring 9 verder uit te werken en te optimaliseren. Deze maatregelen zijn een kostenefficiënte risicoreducerende aanvulling op de bestaande primaire waterkeringen. In mogelijk vervolgonderzoek zouden deze ingrepen ook geoptimaliseerd kunnen worden.
2. Ook wordt aanbevolen om de maatregel evacuatie voor dijkkring 9 verder uit te werken. Hoewel in dit onderzoek niet bepaald is wat de kosten van een evacuatie zijn, is de verwachting dat deze maatregel een kostenefficiënte maatregel is om de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers te verlagen.
3. Aanbevolen wordt om de maatregelen 'wet- en dryproof maken van bebouwing' uit te werken op lokaal niveau. Mogelijk dat deze ingrepen op dit niveau het overstromingsrisico wel kostenefficiënt verlagen.

4. Aanbevolen wordt om een meerlaagse veiligheid instrumentarium te ontwikkelen of het bestaande meerlaagse veiligheidsinstrumentarium uit te breiden, zodat er een goed beeld kan worden verkregen van wat de invloed is, van het toepassen van ingrepen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag, op het overstromingsrisico. De systematiek die in de VNK2 risicoanalyse wordt gebruikt is hier ongeschikt voor.
5. Aanbevolen wordt om een nieuwe versie van HIS SSM te ontwikkelen waarin het zonder problemen mogelijk is om van de standaardmethode af te wijken. Daarnaast zou met deze nieuwe versie van HIS SSM ook de schade aan de vitale infrastructuur reëler in beeld kunnen worden gebracht.
6. Aanbevolen wordt om een vergelijkbare analyse voor de dijkringen langs de IJssel uit te voeren. De verwachting is namelijk dat ingrepen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag ook in deze dijkringen kostenefficiënt het overstromingsrisico kunnen verlagen.
7. Aanbevolen wordt om verschillende evacuatiefracties te ontwikkelen voor verschillende 'typen' dijkkringgebieden. Voor gebieden met een lage bevolkingsdichtheid, relatief veel infrastructuur en waar hoge grond nabij is, zijn de huidige evacuatiefracties te conservatief.
8. Ten slotte wordt aanbevolen om eerst een heldere visie op meerlaagse veiligheid te ontwikkelen. Vanuit deze visie zouden vervolgens een aantal, qua gebiedseigenschappen verschillende, dijkringen geanalyseerd kunnen worden. Zo ontstaat er een beeld van welke maatregelen uit de 2^e en 3^e veiligheidslaag in Nederland efficiënt zouden kunnen zijn. Pas nadat er een helder beeld is van de kansen voor meerlaagse veiligheid, zou dit principe tot de belangrijkste Nederlandse waterveiligheid strategie moeten worden bestempeld.

6 Nawoord

Na een half jaar achter de laptop met een model als HIS SSM heb ik eigenlijk nog geen idee van de enorme schade die een overstroming in werkelijkheid aan kan richten. Ik denk dat je daarvoor een overstroming in levende lijve moet meemaken. Iets waarvan ik hoop dat het tijdens mijn leven niet gebeurt.

Hierbij wil ik ook de mensen bedanken die mij ondersteund hebben tijdens dit onderzoek, in het bijzonder Maurits van Dijk, die namens Tauw als dagelijkse begeleider functioneerde. Maar uiteraard ook mijn begeleidende docenten vanuit de Hogeschool Utrecht Irene Wientjes en Jacques Stuifbergen. Daarnaast wil ik ook Roelant van Dam bedanken voor zijn commentaar op dit rapport. Ten slotte gaat mijn dank uit naar de overige collega's van Tauw die mijn afstudeerperiode tot een gezellige tijd hebben gemaakt.

7 Literatuur

7.1 Rapporten en publicaties.

- Ref.1. Beter Bouw- en Woonrijp maken / SBR. *Waterrobuust bouwen: De kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp*. 2009.
- Ref.2. Deltares. *Verkenning van nadere compartimentering van dijkkringgebieden*. 2008.
- Ref.3. Deltares. *Kosten van maatregelen; Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21^e eeuw*. 2011.
- Ref.4. Deltares. *Maatschappelijke kosten baten analyse Waterveiligheid 21^e eeuw*. 2011
- Ref.5. Deltares. *Inventarisatie innovatief waterkeren*. 2010.
- Ref.6. R.A. van der Eijk. *Alternatieven voor de zandzak als tijdelijke waterkering*. Msc thesis, Technische Universiteit Delft. 2002.
- Ref.7. ENW. *Meerlaagse veiligheid nuchter bekeken*. 2012.
- Ref.8. FEMA. *Homeowner's Guide to Retrofitting: Six ways to protect your home from flooding*. Second edition. 2009.
- Ref.9. Geodan, Royal Haskoning. *HIS-Schade en Slachtoffermodule Module versie 2.4: Gebruikershandleiding*. 2007.
- Ref.10. A.J. Keizer. *Leidraad voor beperking overstromingsschade na doorbraak regionale waterkeringen*. MSc thesis, Universiteit Twente. 2007.
- Ref.11. M. Kok. *Schade door overstroming: Ervaring uit New Orleans*. 2006.
- Ref.12. M. Kok, H.J. Huizinga, A.C.W.M. Vrouwenvelder, A. Barendregt. *Standaardmethode 2004: Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen*. 2004.
- Ref.13. B. Kolen, M. Kok. *Basisvisie meerlaagse veiligheid*. 2011.
- Ref.14. M. M. Mozaddid Billah. *Effectiveness of Flood Proofing Domestic Buildings*. Msc thesis, UNESCO-IHE. 2007.
- Ref.15. Nirov. *Beperken van de gevolgen van overstromingen: Leren van mitigation planning in de Verenigde Staten*. 2007.
- Ref.16. L. Pols, P. Kronberger, N. Pieterse, J. Tennekes. *Overstromingsrisico als ruimtelijke opgave*. NAI Uitgevers / RPB. Rotterdam/ Den Haag. 2007.
- Ref.17. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. *Waterakkoord Meppelerdiep / Overijsselse Vecht*. 2011
- Ref.18. Projectbureau Veiligheid Nederland in Kaart. *De methode van VNK2 nader verklaart: De technische achtergronden*. 2011.
- Ref.19. Royal HaskoningDHV. *Analyse waterrobuuste inrichting*. 2012.
- Ref.20. RWS Waterdienst. *Syntheserapport Gebiedspilots Meerlaagsveiligheid*. 2011.

- Ref.21. RWS Waterdienst. *Veiligheid Nederland in Kaart 2: Overstromingsrisico dijkkringgebied 9 Vollenhove*. 2012.
- Ref.22. TNO FEL. *Bescherming vitale infrastructuur*. 2003.
- Ref.23. M. van Vliet, J. Huizinga, H.de Moel, T. Eikelboom, H. Vreugdenhil, W. Koene. *Meerlaagsveiligheid buitendijks: Uitkomsten van de workshop in regio Rotterdam Drechtsteden*. 2012.
- Ref.24. *Richtlijnen voor bouwen in natte gebieden*. 2008.

7.2 Artikelen

- Ref.25. N. Pieterse. J. Tennekes. *Overstromingsrisico's achter de dijken*. S&RO April 2007
- Ref.26. A. Tissink. Kering in Diefdijk: Nooit meer paardenmest. Cobouw 17-1-2006.

7.3 Internet

- Ref.27. www.ahn.nl. Maaiveld hoogtes in dijkkring 9. Bezocht 2-5-2013.
- Ref.28. www.boxbarrier.com/nl/. Barrierbox. Bezocht 17-3-2012.
- Ref.29. www.cbs.nl. Aantal personen per huishouden. Bezocht 2-5-2013.
- Ref.30. www.CBSinuwbuurt.nl. Gemiddelde woningwaarden, Inflatie per gemeente. Bezocht tussen 25-3-2013 en 9-4-2013.
- Ref.31. www.gisopenbaar.overijssel.nl. Bezocht tussen 18-3-2013 en 7-5-2013.
- Ref.32. www.funda.nl. Inschatting oppervlakte bebouwing binnen dijkkring 9. Bezocht 10-4-2013.
- Ref.33. www.imergis.nl. Veiligheidskaart regio IJsselland. Bezocht 18-3-2013.
- Ref.34. www.rijkswaterstaat.nl. Project VNK. Bezocht 4-4-2013.
- Ref.35. www.sec.gov/index.htm. SIC Codes. Bezocht 16-4-2013.
- Ref.36. www.helpdeskwater.nl. Kostenmarge HWBP. Bezocht 31-5-2013.
- Ref.37. www.veltenvecht.nl. Retentiegebied noord en zuid Meene. Bezocht op 20-3-2013.
- Ref.38. www.watercanon.nederlandleeftmetwater.nl. Pannerdensch kanaal en kop, riviernormalisatie. Bezocht 4-4-2013.
- Ref.39. www.wegenwiki.nl Capaciteitwaarden Nederland per type weg. Bezocht 2-5-2013.
- Ref.40. www.wikipedia.org. Terpen, Pannerdensch kanaal, Kromme Rijn, Stormvloed 1916, Kop van Overijssel, gemeente Staphorst, gemeente Dalfsen, Hasselt, Evacuatie van rivierenland. Bezocht tussen 4-4-2014 en 3-5-2013.

8 Begrippen

Het merendeel van de onderstaande begrippen zijn overgenomen uit de begrippenlijst van het Overstromingsrisico dijkkringgebied 9 Vollenhove [Ref.21].

Damsluis	Een dam- of schotbalksluis is een sluishoofd met twee of meer schotbalksponningen, die in geval van nood gesloten kunnen worden.
Decimeringshoogte	De peilvariatie die behoort bij een vergroting of verkleining van de overschrijdingsfrequentie met een factor 10.
Dijkring(gebied)	Stelsel van waterkeringen, of hoge gronden, dat een dijkkringgebied omsluit en beveiligd tegen overstromingen.
Grid	Een regelmatig raster van hulplijnen om het positioneren en uitlijnen van elementen te vergemakkelijken.
Primaire waterkeringen	Een waterkering die ofwel behoort tot het stelsel waterkeringen dat een dijkkringgebied - al dan niet met hoge gronden - omsluit, ofwel vóór een dijkkringgebied is gelegen. Primaire waterkeringen kunnen worden verdeeld in 4 categorieën: a. Een waterkering die direct buitenwater keert. b. Een voorliggende of verbindende kering. c. Een waterkering die indirect buitenwater keert. d. Een waterkering die in het buitenland is gelegen.
Toetsing van waterkeringen	Beheerders van de belangrijkste Nederlandse waterkeringen toetsen iedere zes jaar of de keringen voldoen aan de wettelijke veiligheidseisen. Deze toetsing is verplicht volgens de Waterwet.
Variatiecoëfficiënt	De relatieve waarde van de standaardafwijking ten opzichte van de verwachtingswaarde.
Verwachtingswaarde	De gemiddelde waarde van een stochast (een onzekere grootheid): het eerste moment van de kansdichtheidsfunctie.
Wegingsfactoren (HIS SSM)	Factor waarmee in HIS SSM het schadebedrag wordt vermenigvuldigd. Voor de indirecte schade geldt een factor van 0,25. Voor de overige schadecategorieën geldt een factor van 1.

Bijlage 1. Meerlaagsveiligheid in andere landen

Nederland is wereldwijd een van de weinige landen waar de hoogwaterbescherming enkel gebaseerd is op het voorkomen van overstromingen. Het voorkomen van overstromingen vraagt om een goed georganiseerde en op waterveiligheid actieve overheid. In landen waar de overheid minder goed georganiseerd is (ontwikkelingslanden) of waar de cultuur weinig overheidsbemoeienis toestaat (VS), komt hoogwaterbescherming nog vaak aan op lokale overheden of op de burger zelf. In deze landen komen gevolgenbeperkende maatregelen uit de MLV gedachte dan ook vaak voor. In deze bijlage wordt de waterveiligheids aanpak beschreven de Verenigde Staten en in Engeland. Dit zijn landen waar de bevolking een vergelijkbare economische standaard heeft als in Nederland.

1. Gevolgenbeperking in de VS.

De Verenigde Staten is van oudsher een land waar de bevolking zo weinig mogelijk bemoeienis wenst van de federale overheid. In de VS heeft de federale overheid dan ook geen wettelijke verantwoordelijkheden op het gebied van overstromingen. Deze ligt geheel bij de lokale overheden, bij bedrijven en bij de burgers zelf. Wel stimuleert de federale overheid lokale overheden, burgers en bedrijven om maatregelen te nemen. Daarnaast ondersteunt de federale overheid deze partijen met financiële middelen en met kennis. Binnen de waterveiligheid staan 3 ondersteuningsprogramma's centraal. Deze worden gecoördineerd door de Federal Emergency Management Agency (FEMA).

1.1. Mitigation Planning

Mitigation Planning richt zich op een langdurige duurzame gevolgenbeperking van alle mogelijke rampen in het beheersgebied van een lokale overheid. De lokale overheid stelt in overleg met haar inwoners en met lokale organisaties vast door welke rampen haar beheersgebied kunnen treffen. Vervolgens worden plannen opgesteld hoe de gevolgen van deze ramp kunnen worden beperkt. Deze plannen moeten goedgekeurd worden door de FEMA. Na goedkeuring krijgt de lokale overheid subsidie voor uitvoering van de plannen, voor het afsluiten van verzekeringen en een tegemoetkoming bij eventuele schade. Naast waterveiligheid richt dit programma zich ook op andere rampen.

1.2. Flood Map Modernization

Net zoals in andere landen (bv. Oostenrijk) worden er in de VS al enkele decennia overstromingskaarten gemaakt ten behoeve van de verzekeringsbranche. Vanaf 2009 zijn alle kaarten digitaal beschikbaar en mogen deze wettelijk niet ouder zijn dan 5 jaar. De overstromingskaarten worden opgesteld door het FEMA en zijn na een lokale inspraakronde pas definitief. Op deze kaarten worden alleen gebieden aangegeven waar de kans op overstromingen groter is dan 1:100 jaar. Op basis van deze overstromingskaarten maakt een lokale overheid risicokaarten.

1.3 National Flood Insurance Program (NFIP)

Om een huis te kopen binnen een overstromingsgevoelig gebied moeten huiseigenaren een overstromingsverzekering afsluiten binnen het NFIP (National Flood Insurance Program). Zonder deze verzekering kan er geen hypotheek of lening worden afgesloten om de woning te bekostigen. Daarnaast moeten huizen binnen risicovolle gebieden voldoen aan speciale bouwvoorschriften. Deze richten zich vooral op de minimale hoogte van de vloer. Nadat er een overstroming heeft plaatsgevonden wordt eerst gecontroleerd of getroffen woningen voldoen aan deze voorschriften. Pas dan wordt het verzekeringsgeld uitgekeerd.

2. Engeland en Wales

Ook in Engeland en Wales ligt de verantwoordelijkheid voor hoogwaterbescherming bij de lokale overheden en bij de burgers zelf. Van oudsher worden overstromingen geaccepteerd en de oudere bebouwing is vaak zo gebouwd dat deze weinig schade oploopt ten gevolge van een overstroming. De meeste schade ontstaat meestal aan de recentere bebouwing.

Vanaf de jaren '70 richtte het overheidbeleid zich op het tijdig waarschuwen van bewoners, zodat deze zich zelf konden redden. Vanaf 2000 ligt de nadruk op communicatie met burgers (u woont in een gebied met overstromingsrisico) en op duurzame oplossingen zoals het herstel van natuurlijke bescherming zoals het creëren van wetlands en het voorkomen van ontwikkelingen in stroomgebieden.

Net zoals in de VS vormen overstromingskaarten de basis voor gevolgenbeperkende maatregelen. Deze worden gemaakt door de Environment Agency (EA). Deze kaarten worden gebruikt om de hoogte van verzekeringspremies te bepalen en bij het opstellen van ruimtelijke plannen.

Anders dan in de VS vindt er in Engeland wel een soort ruimtelijke planning plaats. Zo is het overstroombare gebied opgedeeld in 3 zones (tabel 1). Voor ruimtelijke ontwikkelingen moet er getoetst (de Sequential test) worden of deze wel in een bepaalde zone mogen plaats vinden.

Kwetsbare objecten mogen bijvoorbeeld niet worden gebouwd in gebieden met het hoogste overstromingsrisico.

Overstomingskans		
Low Probability	<1:1000	Alle vormen van landgebruik toegestaan. Voor ontwikkelingen groter dan 1 ha moeten de risico's in beeld worden gebracht.
Medium Probability	Rivieren 1:1000 - 1:100 Kust 1:1000 – 1:200	Voor alle ruimtelijke ontwikkelingen moet een Flood Riks Assessment uitgevoerd worden. Zeer kwetsbare functies zijn alleen toegestaan na een positieve uitkomst van de exception test.
High Probability	>Rivieren 1:100 >Kust 1:200	Alleen niet kwetsbare functies zijn toegestaan. Vitale infrastructuur is alleen toegestaan als deze nergens anders kan worden gebouwd en als deze waterrobuust wordt aangelegd.

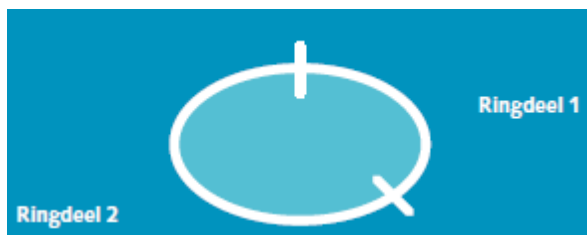
Tabel 1. Floodzones voor landgebruik in Engeland en Wales. Bron: [Ref.15.]

Bijlage 2. Nadere beschrijving methode VNK2 voor dijkkring 9.

Een risico in een combinatie van kansen en gevolgen. Om het overstromingsrisico voor de gehele dijkkring goed te bepalen is het van belang om te weten waar een overstroming plaats vindt, wat de kans daarop is en wat de gevolgen van de overstroming zijn. Het project VNK2 (Veiligheid Nederland in Kaart) brengt het overstromingsrisico in kaart per dijkkringgebied. Dit is conform de waterwet. Om de kans op falen van de waterkering te bepalen, wordt per waterkering bepaald wat de overschrijdingskans is. Op basis van overstromingssommen wordt bepaald wat gevolgen (in economische schade en slachtoffers) zijn van een eventuele dijkdoorbraak. Omdat de overschrijdingskansen en gevolgen van overstromingen binnen een dijkkringgebied verschillen, kan het overstromingsrisico binnen een dijkkringgebied sterk variëren.

1. Gevolgenspoor

Het overstromingsverloop na bresvorming is afhankelijk van de locatie waar de dijk faalt en het reliëf van het dijkkringgebied. Omdat het praktisch onmogelijk is om voor elk mogelijke breslocatie het overstromingsverloop te bepalen zijn binnen VNK2 de primaire waterkeringen opgedeeld in ringdelen (9 voor dijkkring 9, figuur 3). Een ringdeel is een deel van de dijkkring waarbinnen een doorbraak tot een vergelijkbaar overstromingsverloop en dus vergelijkbare gevolgen leidt (figuur 1). Per ringdeel is, min of meer willekeurig, een breslocatie gekozen.



Figuur 1. Ringdelen schematisch weergegeven. Bron: Ref.18.

Vervolgens wordt voor deze breslocatie een overstromingsberekening gemaakt (figuur 2). Hierbij wordt ook rekening gehouden met de buitenwaterstand waarbij de dijk bezwijkt. Bij een hogere waterstand stroomt er meer water het gebied binnen waardoor de gevolgen van een overstroming groter zullen zijn. Per ringdeel wordt daarom met drie verschillende waterstanden overstromingsberekeningen uitgevoerd: toetspeil min 1 decimeringshoogte ($tp-1d$), toetspeil (tp) en toetspeil plus een decimeringshoogte ($tp+1d$). In sommige ringdelen, die alleen bezwijken bij extreme waterstanden, wordt gerekend met toetspeil plus 2d ($tp+2d$) in plaats van $tp-1d$. Dit geldt binnen dijkkring 9 voor de ringdelen Hessenpoort en Bomhofspas.

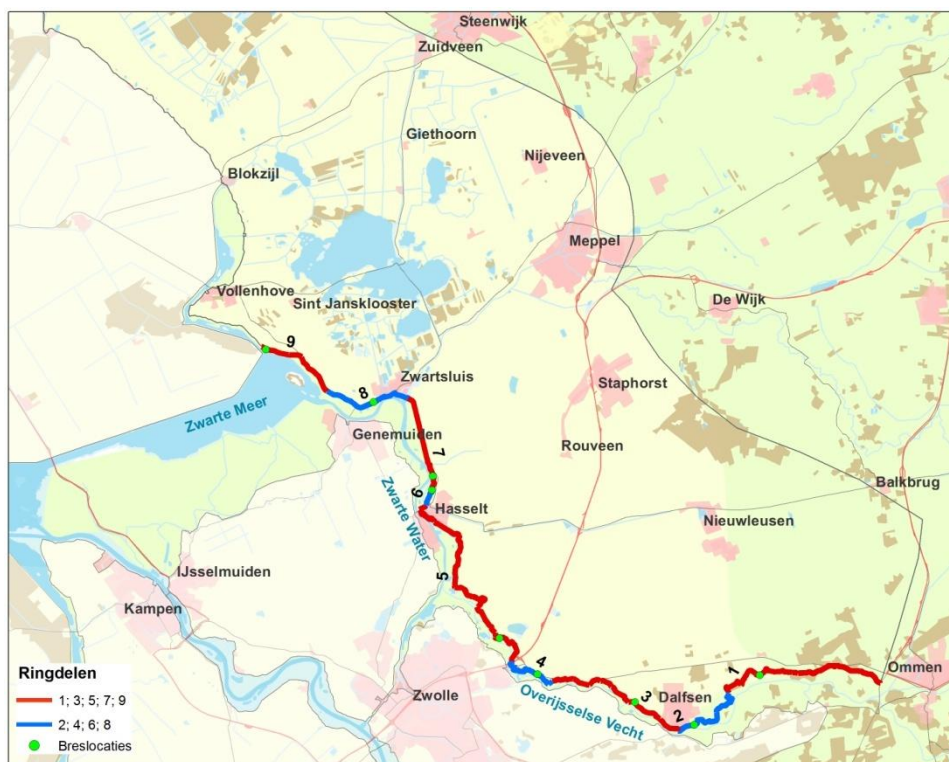


Figuur 2. Overstromingsberekening schematisch weergegeven. Links scenario 1, rechts scenario 2. Bron: Ref.18.

Het optreden van een breslocatie binnen een ringdeel wordt een scenario genoemd. Er zijn scenario's waarin er één ringdeel een bres optreedt, maar ook scenario's met meerdere doorbraken. Samen vormen deze scenario's een scenarioset (voorbeeld tabel 1). In totaal zijn er 32 scenario's voor dijkkring 9, met maximaal 3 gelijktijdig optredende bressen (tabel 6).

Scenario	Ringdeel 1	Ringdeel 2
1	faalt	faalt niet
2	faalt niet	faalt
3	faalt	faalt

Tabel 1. Scenarioset behorende bij de figuren 1 en 2 [Ref.18].



Figuur 3. Ringdelen en breslocaties voor dijkkring 9. Bron afbeelding Ref.21.

De economische schade en het aantal slachtoffers in een door een overstroming getroffen gebied is afhankelijk van de waterdiepte, de stijgsnelheid en van de stroomsnelheid. Voor VNK2 zijn met HIS SSM 2.5 de gevolgen per scenario, in schade en slachtoffers in beeld gebracht (tabel 2). Dit model wordt beschreven in bijlage 6.

Scenario	Schade	Slachtoffers
1	E1	N1
2	E2	N2
3	E3	N3

Tabel 2. De economische schade en slachtoffers per scenario [Ref.18].

2. Kansenspoor

Voor elk ringdeel wordt per element (dijkvak, verhoor of kunstwerk) de overschrijdingskans bepaald. Dit gebeurt per faalmechanisme dat op elk element van toepassing is. Voor een dijkvak in dijkkringgebied 9 gelden bijvoorbeeld de faalmechanismes overloop/overslag, marcostabiliteit binnenwaarts, piping en beschadiging van bekleding [Ref.21]. Voor elk faalmechanisme wordt een kans bepaald. Op basis hiervan wordt een gecombineerde faalkans bepaald op een overstroming ergens in het dijkkringgebied. Dit is de overstromingskans (tabel 3).

Vak	Faalkans per mechanisme		Faalkans per vak.
	Overloop	Piping	
1	KansOver1	KansSpip1	Kans1
2	KansOver2	KansSpip2	Kans2
3	KansOver3	KansSpip3	Kans3
Combi.	KansOver	KansSpip	Overstr.kans

Tabel 3. De berekening van de faalkans per vak [Ref.18].

Vervolgens kunnen de kansen aan de verschillende scenario's worden gekoppeld (tabel 4). Omdat de scenarioset alle mogelijke overstromingsverlopen bevat, is de som van de scenariokansen gelijk aan de eerder berekende kans op een willekeurige overstroming ergens in het dijkkringgebied.

Scenario	Scenariokans
1	Kans1
2	Kans2
3	Kans3
Som	Kans

Tabel 4. De scenario's gekoppeld aan de scenariokansen [Ref.18].

3. Risicoberekening

Ten slotte kunnen de schade en gevolgen per scenario vermenigvuldigd worden met de scenariokansen. Dit geeft de verwachtingswaarde van het aantal schade en slachtoffers (tabel 5). De verwachtingswaarde is het gewogen gemiddelde van alle mogelijke uitkomsten, met als gewichten de kansen op die waarden [Ref.21].

Scenario	Scenariokans x Schade	Scenariokans x Slachtoffers
1	$Kans_1 \times E_1$	$Kans_1 \times N_1$
2	$Kans_1 \times E_2$	$Kans_1 \times N_2$
3	$Kans_1 \times E_3$	$Kans_1 \times N_3$
Som	Verwachtingswaarde schade	Verwachtingswaarde slachtofferaantal

Tabel 5. De scenariokansen gekoppeld aan de gevolgen [Ref.18].

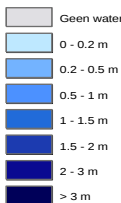
Nr	Aantal doorbraken	Scenario kans [per jaar]	Naam overstromingssom(men)		
1	1	6,75E-03	01_Oudleusen_tp+1d		
2	1	5,28E-06	03_Dalfsen_tp+1d		
3	1	1,85E-03	04_naDalfsen_tp-1d		
4	1	4,48E-04	05_Hessenpoort_tp+2d		
5	1	1,97E-03	11_Bomhofsplas_tp+2d		
6	1	1,14E-04	07_Hasselt_tp+1d		
7	1	8,26E-04	08_Veldiger-binnenland_tp+1d		
8	1	1,13E-04	09_Zwart-Sluis_tp+1d		
9	1	2,34E-05	10_ZwarteMeer_tp+1d		
10	2	7,37E-05	01_Oudleusen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
11	2	3,54E-04	01_Oudleusen_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
12	2	1,16E-07	03_Dalfsen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
13	2	6,73E-07	03_Dalfsen_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
14	2	2,05E-05	04_naDalfsen_tp-1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
15	2	6,96E-05	04_naDalfsen_tp-1d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
16	2	4,59E-06	05_Hessenpoort_tp+2d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
17	2	1,08E-05	05_Hessenpoort_tp+2d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
18	2	3,40E-05	11_Bomhofsplas_tp+2d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
19	2	1,38E-04	11_Bomhofsplas_tp+2d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
20	2	1,47E-06	07_Hasselt_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
21	2	4,05E-06	07_Hasselt_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
22	2	1,15E-05	08_Veldiger-binnenland_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	
23	2	5,60E-05	08_Veldiger-binnenland_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
24	2	3,34E-07	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d	
25	3	1,48E-05	01_Oudleusen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
26	3	3,57E-08	03_Dalfsen_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
27	3	3,48E-06	04_naDalfsen_tp-1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
28	3	3,87E-07	05_Hessenpoort_tp+2d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
29	3	7,80E-06	11_Bomhofsplas_tp+2d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
30	3	1,52E-07	07_Hasselt_tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
31	3	2,59E-06	08_Veld.-binn. tp+1d	09_Zwart-Sluis_tp+1d	10_ZwarteMeer_tp+1d
32	9	1,29E-03	Alle doorbraaklocaties.		

Tabel 6. Scenario's en scenariokansen en overstromingssommen per scenario voor dijkkringgebied 9. Bron Ref.21.

Bijlage 3. Overstromingspatronen dijkkring 9 per ringdeel.

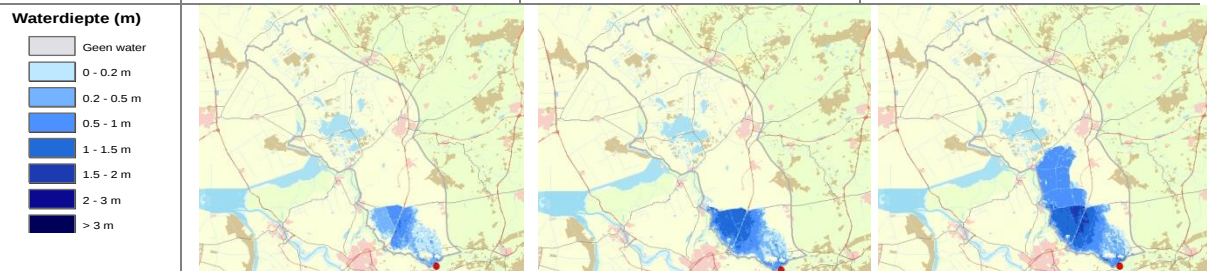
In de onderstaande figuren worden de overstromingspatronen per ringdeel weergegeven. Voor een overzicht van de ringdelen en scenario's wordt verwezen naar bijlage 2. Onder elk overstromingspatroon wordt weergegeven wat gevolgen, in economische schade en in het aantal slachtoffers, van de overstroming zijn. De overstromingspatronen en de schadebedragen en de slachtoffer aantallen zijn overgenomen uit Veiligheid Nederland in Kaart: Overstromingsrisico dijkringgebied 9 Vollenhove [Ref.21].

1. Ringdeel 1: Doorbraaklocatie Oudleusen

	tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m) 			
Schade [M€]	1	5	25
Slachtoffers	0	0	0

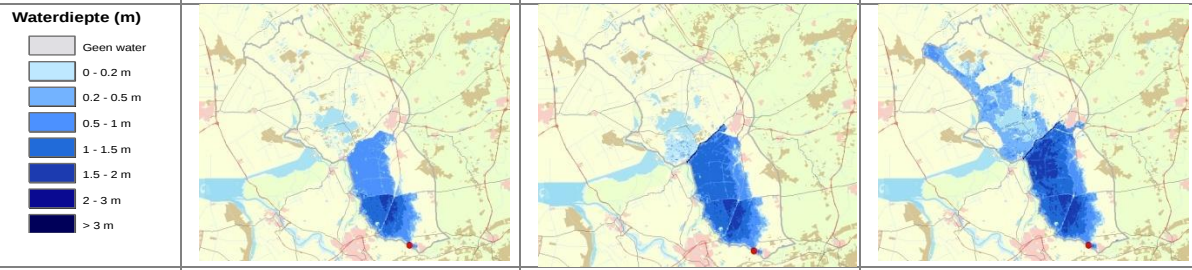
Figuur 1. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Oudleusen voor drie buitenwaterstanden.

2. Ringdeel 2: Doorbraaklocatie Dalfsen

	tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m)			
Schade [M€]	195	335	525
Slachtoffers	0 - 5	0 - 10	5 - 25

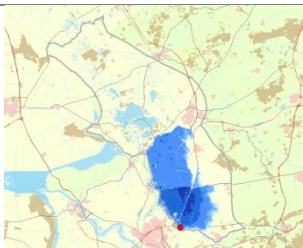
Figuur 2. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Dalfsen voor drie buitenwaterstanden.

3. Ringdeel 3: Doorbraaklocatie na Dalfsen

	tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m)			
Schade [M€]	415	655	850
Slachtoffers	0 - 10	5 - 30	5 - 40

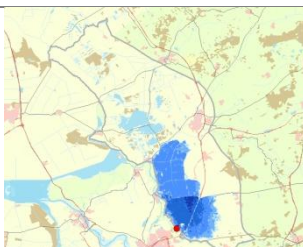
Figuur 3. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij na Dalfsen voor drie buitenwaterstanden.

4. Ringdeel 4: Doorbraaklocatie Hessenpoort

	Tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m)			
Schade [M€]	425	660	865
Slachtoffers	0 - 10	5 - 30	5 - 40

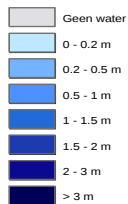
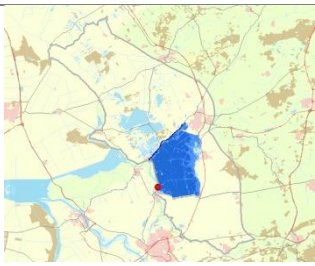
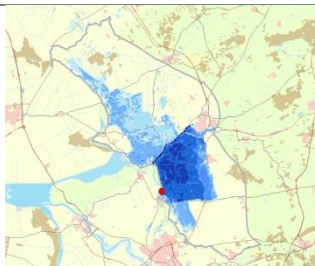
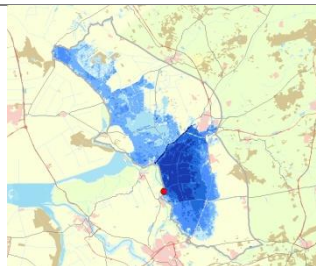
Figuur 4. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Hessenpoort voor drie buitenwaterstanden.

5. Ringdeel 5: Doorbraaklocatie Bomhofsplas

	Tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m)			
Schade [M€]	295	415	630
Slachtoffers	0 - 10	5 - 15	5 - 30

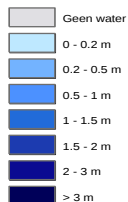
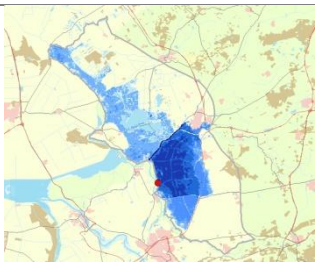
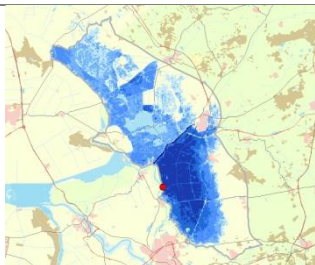
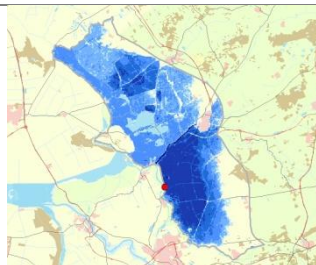
Figuur 5. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Bomhofsplas voor drie buitenwaterstanden.

6. Ringdeel 6: Doorbraaklocatie Hasselt

	tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m) 			
Schade [M€]	305	480	650
Slachtoffers	5 – 20	5 – 30	5 – 40

Figuur 6. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Hasselt voor drie buitenwaterstanden.

7. Ringdeel 7: Doorbraaklocatie Veldiger-binnenland

	tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m) 			
Schade [M€]	550	955	1305
Slachtoffers	10 – 45	15 – 85	25 – 125

Figuur 7. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Veldiger-binnenland voor drie buitenwaterstanden.

8. Ringdeel 8: Doorbraaklocatie Zwartsluis

	tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m)			
Schade [M€]	105	385	510
Slachtoffers	0 - 5	0 - 10	5 - 15

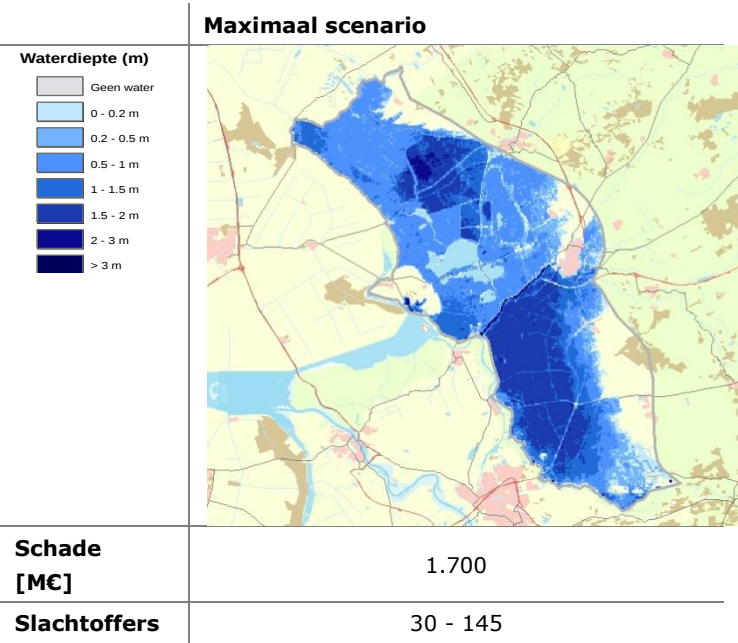
Figuur 8. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Zwartsluis voor drie buitenwaterstanden.

9. Ringdeel 9: Doorbraaklocatie Zwarte Meer

	tp-1d	tp	tp+1d
Waterdiepte (m)			
Schade [M€]	5	10	15
Slachtoffers	0	0	0

Figuur 9. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak bij Zwarte Meer voor drie buitenwaterstanden.

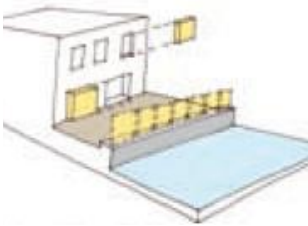
10. Maximaal scenario

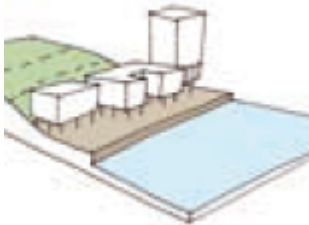


Figuur 10. Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij het maximaal scenario

Bijlage 4. Overzicht 'harde' meerlaagse veiligheids maatregelen.

1. Bebouwing

Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Overdimensioneren van bebouwing.	Bebouwing wordt sterker ontworpen zodat deze belastingen behorend bij een overstroming kan doorstaan.	Hamburg Haffencity (D)		Ref.1, Ref.16 Ref.20
Verplaatsen van bebouwing	Bebouwing wordt verplaatst naar een locatie waar minder kans is op schade.	Wijnhaven R'dam, Molen maallust Amerongen		Ref.1
Demontabele woningen	Bebouwing kan tijdelijk worden afgebroken en worden verplaatst.			Ref.1
Bebouwing waterdicht kunnen maken (dryproof)	Door het waterdichtmaken van muren, ramen en deuren worden voorkomen dat water een gebouw binnen dringt.	Dordrecht		Ref.1, Ref.8, Ref.16 Ref.20 Ref.24
Drijvende woningen en amfibiewoningen	Bij hoge waterstanden gaan deze woningen drijven waardoor worden voorkomen dat er schade optreedt.	IJburg A'dam, Maasbommel		Ref.1,

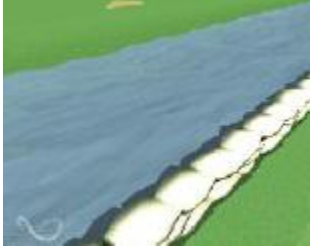
Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Bebouwing voorzien van een verhoogd vloerpeil.	De vloer van de begaande grond ligt hoger dan het straatpeil	Hamburg Haffencity (D)		Ref.1, Ref.8
Bebouwing op palen	Bebouwing plaatsen op palen zodat deze boven het overstromings-niveau ligt.			Ref.8, Ref.16 Ref.24
Het wetproof maken van bebouwing	Een gebouw zo bouwen dat deze mag overstromen door bijvoorbeeld het plaatsen van installaties op hogere locaties.			Ref.1, Ref.8, Ref.16 Ref.24

2. Waterrobuuste vitale infrastructuur

Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Verplaatsen van vitale infrastructuur	Het verplaatsen van bijvoorbeeld schakelstations naar hoog gelegen locaties.			Ref.1, Ref.19

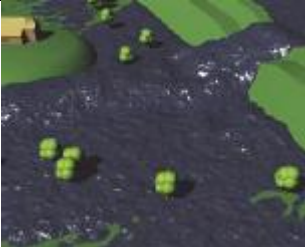
Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Het tijdelijk kunnen voorzien van vitale infrastructuur.	Bijvoorbeeld het inzetten van generatoren zodat weer kan worden voorzien in de energievoorziening	Orkaan Sandy (VS)		Ref.1, Ref.20
Waterrobuuste vitale infrastructuur	Voorkomen dat de vitale infrastructuur faalt als gevolg van een overstroming.			Ref.1, Ref.20

3. Noodwaterkeringen.

Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Zandzakken	Het bij nood aanleggen van een waterkering bestaande uit zandzakken.			Ref.1, Ref.5, Ref.6
Noodbermen	Het aanleggen van bermen aan het binnentalud om het falen van een waterkering te voorkomen.			Ref.1

Opblaasbare waterkering	Het aanleggen van een noodwaterkering gevuld met water of lucht.	New Orleans, New York (VS)		Ref.1, Ref.5, Ref.6
Celvormige waterkering	Prefab elementen die gevuld kunnen worden met zand, steen of water. (afbeelding BarrierBox)	Orkanen VS, genie NL, waterschap Noorderzijlvest.		Ref.1 Ref.5
Staande tijdelijke waterkering	Systeem bestaande uit H balken waartussen tijdelijke schotten geplaatst kunnen worden.	Singels van Breda		Ref.1 Ref.5, Ref.6
Snelweg barriërblokken	De betonnen geleiderail gebruiken al tijdelijke waterkering	Jersey Highway (VS)		Ref.1

4. Maatregelen in de ruimtelijke ordening

Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Compartiment- erring	Het opdelen van dijkkringen in kleinere delen.	Diefdijk (NL), Knardijk (NL), New Orleans (VS)		Ref.1, Ref.2
Retentie of noodoverloop- gebieden	Het tijdelijk onderwater zetten van een gebied, zodat de kans op overstroming van andere gebieden afneemt.	Noodoverloop- gebieden sigmaplan (BE)		Ref.1, Ref.5
Bescherming van gezondheidszorg	Voorkomen dat bv. ziekenhuizen worden getroffen door een overstroming door deze bv. op hoger gelegen grond te plaatsen.			Ref.1
Meestromen in de openbare ruimte	Straatprofielen, groenzones en oeveren zo inrichten dat het meestromen met de rivier mogelijk worden.	Waalkade Tiel, Dresden (D)		Ref.1, Ref.16 Ref.20
Het aanleggen van vluchtplaatsen of shelters	Delen van bv. een wijk hoger aanleggen zodat er een vluchtlocatie ontstaat.			Ref.1

Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Het verhogen van vluchtroutes	Evacuatie routes hoger plaatsen.			Ref.1
Trappen	Steegjes en straten voorzien van trappen waardoor bebouwing onderling bereikbaar blijft.	Hamburg Haffencity (D)		Ref.1, Ref.16
Natuurlijke hogere gronden	Deze ruimte reserveren als vluchtlocaties, of voor vitale functies.			Ref.1
Het verhogen van het maaiveld, het aanleggen van terpen	De creëren van kunstmatige hoge grond.	Overdiepse polder / masterplan Westergouwe / historische terpen NL.		Ref.1, Ref.16 Ref.20

5. Overige maatregelen

Maatregel	Omschrijving	Toepassingen	Voorbeeld	Ref.
Leegpompen	Voldoende pompcapaciteit in een gebied installeren waarmee water snel kan worden weggepompt.			Ref.1
Bescherming van gevaarlijke en milieu verontreinigde stoffen	Voorkomen dat deze stoffen worden opgeslagen in een risicogebied, voorkomen dat deze bij een overstroming in het milieu terecht komen.			Ref.1
Stoplogs	Het opvullen van openingen in een waterkering of tussen gebouwen waardoor water niet kan binnen dringen.			Ref.1
Het aanleggen van een uitlaatwerk.	Een stroomafwaarts gelegen uitlaat werk kan hoge waterstanden voorkomen, na een overstroming kan het water worden uitgelaten.	Uitlaatwerken simgaplan (BE), overlaten ten oosten van Gorinchem.		Ref.20

De figuren in de bovenstaande tabellen zijn afkomstig uit: Waterrobuust bouwen: De kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp [Ref.1], de inventarisatie innovatief waterkeren [Ref.5] en uit overstromingsrisico's als ruimtelijke opgave[Ref.16].

Bijlage 5. Kostenraming risicoreducerende maatregelen.

Beschrijving

Tabel I geeft een overzicht van de totale kosten per risicoreducerende maatregel. Daarnaast worden in deze tabel de kosten gecorrigeerd naar prijspeil 2006 weergegeven. De ongecorrigeerde kosten zijn op basis van prijspeil 2011.

Tabel II geeft het prijzenboek weer dat is gebruikt bij het opstellen van de kostenraming, inclusief de bronnen achter de kengetallen voor de kosten.

Tabellen 1.1 t/m 1.3 geven de kostenramingen weer voor de partiele compartimenteringskades (paragraaf 3.1). De hoeveelheden zijn ingeschat op basis van gemiddelde aantallen. De benodigde gegevens hiervoor zijn afkomstig de algemene hoogtekaart Nederland [Ref.27] en google maps.

Tabellen 2.1 t/m 2.5 geven de kostenramingen weer voor de waardebeschermende compartimenteringskades (paragraaf 3.2). De hoeveelheden zijn ingeschat op basis van gemiddelde aantallen. De benodigde gegevens hiervoor zijn afkomstig de algemene hoogtekaart Nederland [Ref.27] en google maps.

Tabel 3.1 geeft de kostenraming weer voor het retentiegebied Bomhofsplas (paragraaf 3.3). De hoeveelheden zijn ingeschat op basis van gemiddelde aantallen. De benodigde gegevens hiervoor zijn afkomstig de algemene hoogtekaart Nederland [Ref.27] en google maps.

Tabellen 4.1 en 4.2 geven de kostenramingen weer voor het waterrobuust maken van bebouwing (Paragrafen 3.5 en 3.6). De hoeveelheden zijn ingeschat op basis van gegevens uit HIS SSM. De kengetallen hiervoor komen niet uit Tabel II kostenboek, deze en de bron achter de kengetallen wordt weergegeven in de tabel.

De kosten voor het verbeteren van de waterkeringen (paragraaf 2.2) zijn op basis van de Maatschappelijke kostenbaten analyse waterveiligheid 21e eeuw [Ref.4]. Deze kosten zijn op basis van prijspeil 2009.

Tabel I. Overzicht kosten maatregelen

1. Kosten partiele compartimentering	
Trace	Totale kosten
1.1 Trace N340	€ 8.653.713
1.2 Trace N377 - regionale kering Dedemsvaart	€ 14.336.729
1.3 Trace noordelijke Meppelerdiepkade	€ 20.867.646
Totaal	€ 43.858.088
Totale kosten gecorrigeerd naar prijspeil 2006	€ 39.735.427

2. Kosten waardebeschermende compartimentering	
Trace	Totale kosten
2.1 Dalfsen	€ 8.653.713
2.2 Hessenpoort	€ 3.277.132
2.3 Hasselt	€ 3.025.630
2.4 Zwartsluis	€ 7.506.117
2.5 Meppel	€ 2.749.971
Totaal	€ 25.212.562
Totale kosten gecorrigeerd naar prijspeil 2006	€ 22.842.581

3. Kosten noodoverloopgebied Bomhofsplas	
	Totale kosten
3.1 Bomhofsplas (aanlegkosten incl. wetproof bebouwing)	€ 10.829.661
Totale kosten gecorrigeerd naar prijspeil 2006	€ 9.811.673

4. Kosten waterrobuust maken bebouwing	
	Totale kosten
4.1 Wetproof maken van bebouwing	€ 136.582.800
4.2 Dryproof maken van bebouwing	€ 83.303.300
Kosten wetproof gecorrigeerd naar prijspeil 2006	€ 123.744.017
Kosten dryproof gecorrigeerd naar prijspeil 2006	€ 75.472.790

5. Kosten verbeteren waterkeringen (mkba wv21)*	
	Totale kosten
5.1 10 maal sterker maken van waterkeringen	€ 84.000.000
5.2 10 maal sterker maken van waterkeringen incl. Piping	€ 87.000.000
Kosten gecorrigeerd naar prijspeil 2006	€ 79.128.000
Kosten incl. piping gecorrigeerd naar prijspeil 2006	€ 81.954.000
*; kosten op basis van prijspeil 2009, gerekend met 2% inflatie per jaar.	

Tabel II. Prijzenboek

Kostenpost	Eenh.	Kosten	Bron
Leveren en aanbrengen zand	m ³		1
Leveren en aanbrengen klei	m ³		1
Verwijderen en terugleggen rijksweg	m ¹		1
Verwijderen en terugleggen regionale weg	m ¹		1
Verwijderen en terugleggen lokale weg	m ²		1
Ontgraven en opnieuw profileren zand en klei	m ³		1
Taludbekleding asfalt	m ²		1
Bijkomende, engineering en onvoorziene kosten	%	50%	2
Bijkomende kosten i.v.m. bebouwing	%	a*	

Bron kosten	
1	Prijzenboek dijkverbetering Hollandse IJssel
2	Referentie 2
a*	Inschatting per situatie.
*Alle kosten in het bovenstaande kostenboek zijn op basis van prijspeil 2011.	
*Om dit prijspeil te corrigeren wordt uitgegaan van 2% inflatie per jaar.	

Tabel 1.1. Kosten partiële compartimentering tracé N340.

Uitgangspunten		
Wegbreedte huidige en nieuwe situatie	7	m
Talud in de huidige situatie	1	:2
Gemiddelde verhoging	1,5	m
Talud in de nieuwe situatie	1	:2
Dikte kleilaag 2 zijden	0,5	m

Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.	2,2	m	Hoogte object	0,3	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	2,5	m	Breedte teen tot teen	8,2	m
breedte kruin	7	m			
talud huidige situatie	2		Oppervlakte 1 huidige situatie	2,1	m2
			Oppervlakte 2 huidige situatie	0,18	m2
Lengte trace	7200	m	Opperv. huidige situatie totaal	2,28	m2

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	3	m
breedte kruin	6,5	m	Breedte teen tot teen	18,5	m
talud nieuwe situatie 1:	2				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	19,5	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	18	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	37,5	m2
			Lengte talud	6,71	m

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale weg	m2	2800		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	8900		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	155772,3		
Leveren en aanbrengen klei	m3	68423,68		
Kunstwerken	st	1		
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzien	% van totaal			
Totaal				€ 14.336.729
Gemiddelde kosten	miljoen			€ 1,41

Tabel 1.2. Kosten partiële compartimentering tracé Dedemsvaart / N377.

Uitgangspunten		
Wegbreedte huidige en nieuwe situatie	7	m
Talud in de huidige situatie	1	:2
Gemiddelde verhoging	1,4	m
Talud in de nieuwe situatie	1	:2
Dikte kleilaag 2 zijden	0,5	m
Wegbr. lok. weg huidige en nieuw sit.	4	m

Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.		m	Hoogte object	1,6	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	1,6	m	Breedte teen tot teen	12,9	m
breedte kruin	6,5	m			
talud huidige situatie	2		Oppervlakte 1 huidige situatie	10,4	m2
			Oppervlakte 2 huidige situatie	5,12	m2
Lengte trace	10200	m	Opperv. huidige situatie totaal	15,52	m2

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	3	m
breedte kruin	6,5	m	Breedte teen tot teen	18,5	m
talud nieuwe situatie 1:	2				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	19,5	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	18	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	37,5	m2
			Lengte talud	6,71	m

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale weg	m2	2800		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	8900		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	155772,3		
Leveren en aanbrengen klei	m3	68423,68		
Kunstwerken	st	1		
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzien	% van totaal			
Totaal				€ 14.336.729
Gemiddelde kosten	miljoen			€ 1,41

Tabel 1.3. Kosten partiële compartimentering tracé noordelijke kade Meppelerdiep.

Uitgangspunten		
Wegbreedte huidige en nieuwe situatie	7	m
Talud in de huidige situatie	1	:2
Gemiddelde verhoging	1,7	m
Talud in de nieuwe situatie	1	:2
Dikte kleilaag 2 zijden	0,5	m

Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.		m	Hoogte object	1,3	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	1,3	m	Breedte teen tot teen	12,2	m
breedte kruin	7	m			
talud huidige situatie 1:	2		Oppervlakte 1 huidige situatie	9,1	m2
			Oppervlakte 2 huidige situatie	3,38	m2
Lengte trace	11100	m	Opperv. huidige situatie totaal	12,48	m2

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	3	m
breedte kruin	7	m	Breedte teen tot teen	19	m
talud nieuwe situatie 1:	2				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	21	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	18	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	39	m2
			Lengte talud	6,71	m

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale weg	m2	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	11100		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	294371		
Leveren en aanbrengen klei	m3	74461,06		
Kunstwerken	st	1		
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzien	% van totaal			
Totaal				€ 20.867.646
Gemiddelde kosten	miljoen			€ 1,88

Tabel 2.1. Kosten waardebeschermende compartimentering Dalfsen.

De waardebeschermende compartimenteringskering die Dalfsen beschermd tegen overstromingen volgt het zelfde tracé als de partiële compartimenteringskering. Voor de kostenraming voor deze kering zie kosten partiële compartimentering tracé N340, tabel 1.1.

Tabel 2.2. Kosten waardebeschermende compartimentering Hessenpoort.
Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.	0,4	m	Hoogte object	0	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	0,4	m	Breedte teen tot teen	0	m
breedte kruin	0	m			
talud huidige situatie 1:	0		Oppervlakte 1 huidige situatie	0	m2
			Oppervlakte 2 huidige situatie	0	m2
Lengte tracé	3500	m	Opperv. huidige situatie totaal	0	m2

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	2,6	m
breedte kruin	2	m	Breedte teen tot teen	17,6	m
talud nieuwe situatie 1:	3				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	5,2	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	20,28	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	25,48	m2
			Lengte talud	8,22	m

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale weg	m2	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	11100		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	294371		
Leveren en aanbrengen klei	m3	74461,06		
Kunstwerken	st	1		
Tuimelkade A28 (l = 1900 m / gem. verhoging 0,8 m)	st	1		
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzene	% van totaal			
Totaal				€ 20.867.646
Gemiddelde kosten	miljoen			€ 1,88

Tabel 2.3. Kosten waardebeschermende compartimentering Hasselt.

Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.	-0,3	m	Hoogte object	0,3	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	0	m	Breedte teen tot teen	0	m
breedte kruin	0	m			
talud huidige situatie 1:	0		Oppervlakte 1 huidige situatie	0	m2
			Oppervlakte 2 huidige situatie	0	m2
Lengte trace	2800	m	Opperv. huidige situatie totaal	0	m2

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	3,3	m
breedte kruin	2	m	Breedte teen tot teen	21,8	m
talud nieuwe situatie 1:	3				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	6,6	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	32,67	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	39,27	m2
			Lengte talud	10,44	m

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale weg	m2	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	80736,55		
Leveren en	m3	29219,45		
Kunstwerken	st	1		
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzene	% van totaal			
Totaal				€ 3.025.630
Gemiddelde kosten per km	miljoen €/km			€ 1,08

Tabel 2.4. Kosten waardebeschermende compartimentering Zwartsluis.

Nieuw aan te leggen kering

Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.	-0,4	m	Hoogte object	0	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	-0,4	m	Breedte teen tot teen	0	m
breedte kruin	0	m			
talud huidige situatie 1:	0		Oppervlakte 1 huidige situatie	0	m ²
			Oppervlakte 2 huidige situatie	0	m ²
Lengte trace	3000	m	Opperv. huidige situatie totaal	0	m ²

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	3,4	m
breedte kruin	2	m	Breedte teen tot teen	22,4	m
talud nieuwe situatie 1:	3				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	6,8	m ²
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	34,68	m ²
			Opperv. nieuwe situatie totaal	41,48	m ²
			Lengte talud	10,75	m

Verbeteren kade Meppelerdiep

Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.	0,1	m	Hoogte object	0,7	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	0,8	m	Breedte teen tot teen	9,8	m
breedte kruin	7	m			
talud huidige situatie 1:	2		Oppervlakte 1 huidige situatie	4,9	m ²
			Oppervlakte 2 huidige situatie	0,98	m ²
Lengte trace	1200	m	Opperv. huidige situatie totaal	5,88	m ²

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	2,9	m
breedte kruin	7	m	Breedte teen tot teen	18,6	m
talud nieuwe situatie 1:	2				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	20,3	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	16,82	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	37,12	m2
			Lengte talud	6,48	m

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale weg	m2	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	1200		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	121891,3		
Leveren en aanbrengen klei	m3	40036,75		
Kunstwerken	st	1		
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzien	% van totaal			
Totaal				€ 7.506.117
Gemiddelde kosten per km	miljoen			€ 1,79

Tabel 2.5. Waardebeschermende compartimentering Meppel
Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.	0,2	m	Hoogte object	1,5	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	1,7	m	Breedte teen tot teen	9,5	m
breedte kruin	2	m			
talud huidige situatie 1:	2,5		Oppervlakte 1 huidige situatie	3	m2
			Oppervlakte 2 huidige situatie	5,625	m2
Lengte trace	7700	m	Opperv. huidige situatie totaal	8,625	m2

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object	2,8	m
breedte kruin	2	m	Breedte teen tot teen	16	m
talud nieuwe situatie 1:	2,5				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	5,6	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	19,6	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	25,2	m2
			Lengte talud	7,54	m

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale	m2	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	69575,42		
Leveren en	m3	58052,08		
Kunstwerken	st			
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzene	% van totaal			
Totaal				€ 2.749.971
Gemiddelde kosten per km	miljoen			€ 0,36

Tabel 3.1. Kosten aanleggen noodoverloopgebied Bomhofsplas

Verbeteren zuidelijke kering Dedemsvaart

Bestaande situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	Hoeveel.	eenh.
h m.v. t.o.v. N.A.P.	0	m	Hoogte object	1	m
h kruin t.o.v. N.A.P.	1	m	Breedte teen tot teen	8	m
breedte kruin	4	m			
talud huidige situatie 1:	2		Oppervlakte 1 huidige situatie	4	m2
			Oppervlakte 2 huidige situatie	2	m2
Lengte trace	6200	m	Opperv. huidige situatie totaal	6	m2

Nieuwe situatie

Invoer gegevens	hoeveel.	eenh.	Te berekenen gegevens	Hoeveel.	eenh.
h kruin t.o.v. N.A.P.	3	m	Hoogte object		m
breedte kruin	4	m	Breedte teen tot teen		m
talud nieuwe situatie 1:	2				
			Oppervlakte 1 nieuwe situatie	12	m2
			Oppervlakte 2 nieuwe situatie	18	m2
			Opperv. nieuwe situatie totaal	30	m2
			Lengte talud	6,71	m

Aanleggen tuimelkade A28

Uitgangspunten
Talud A28 ; 1:2
Hoogte; NAP +3
Maaiveld NAP
Gemiddelde hoogte A28; NAP = 1,7
Kruimbreedte; 2m
Talud tuimelkade; 1;2
Aanpassen westelijke parallelweg; 2m verwijderen en opnieuw aanleggen

Hoeveelheden tuimelkade A28		
Lengte	6800	m
Oppervlakte	18,22	m2/m
Inhoud	123896	m3
Lengte talud	6,7	m

Wetproof maken van de bebouwing in het retentiegebied

Wetproof maken bebouwing
Uitgangspunt; 100 woningen in retentiegebied
Uitgangspunt; oppervlakte begaande grond woning 100 m2
Uitgangspunt; kosten wetproof maken €120,- /m2
Kosten wetproofmaken; € 1200000

Kostenpost	eenh.	hoeveel.	prijs/eenh.	totaal
Verwijderen en aanleggen lokale weg	m2	38400		
Verwijderen en aanleggen regionale weg	m	n.v.t.		
Verwijderen en aanleggen rijksweg	m	n.v.t.		
Leveren en aanbrengen zand	m3	229121		
Leveren en aanbrengen klei	m3	43575		
Wetproof maken bebouwing	st	100		
Kunstwerken	st	1		
Bijkom. kosten i.v.m. aanlig. bebouwing	% van totaal			
Bijkomende, engineering, overvoorzien	% van totaal			
Totaal				€ 10.829.661

Tabel 4.1. Kosten wetproof maken van bebouwing

Uitgangspunten wetproof bebouwing			
Post	Eenheid	Hoeveel.	Onderbouwing
Oppervlakte begane grond gemiddelde woning	m ²	60	Gemiddelde woning heeft een totaal oppervlak van 150 m ² schatting dat daarvan 60 m ² begane grond is.
Kosten wetproof maken per m ²	€	120	Van Vliet et al [ref. 21]. geeft kosten 25-150 €/m ² , afhankelijk van de hoogte en van de aanwezigheid van een kelder. Gemiddelde woning heeft geen kelder. Alleen de gehele begane grond wordt wetproof gemaakt.
Max schade	€	20000	Inschatting schoonmaak en reparatiekosten
Max schade	€	20000	Inschatting schoonmaak en reparatiekosten
Max schade	€	40000	Inschatting schoonmaak en reparatiekosten

Post	Aantal (stuks)	Hoeveel. (m ² /st)	Kosten (€/m ²)	Totale kosten (€)
Eensgezinswoningen	14771	60	120	€ 106.351.200
Laagbouwwoningen	123	70	120	€ 1.033.200
Boerderijen	2212	110	120	€ 29.198.400
Totaal				€ 136.582.800

Tabel 4.2. Kosten dryproof maken van bebouwing

Dryproof maken van bebouwing					
		Hoeveel.	€/eenh.	Totaal	Bron kosten
Woning	Waterdicht maken van muur	15 m	€ 50	€ 750	Ref. 7, 21
	Waterdicht maken van openingen	2 st	€ 250	€ 500	Ref. 7, 13
	Afsluiten rioolaansluiting	1 st	€ 2.400	€ 2.400	Ref. 21
	Aanbrengen	1 st	€ 1.000	€ 1.000	Ref. 7, 13
totale kosten per woning				€ 4.650	
Boerderij	Waterdicht maken van muur	15 m	€ 50	€ 2.200	Ref. 7, 21
	Waterdicht maken van openingen	2 st	€ 250	€ 750	Ref. 7, 13
	Afsluiten rioolaansluiting	1 st	€ 2.400	€ 2.400	Ref. 21
	Aanbrengen	1 st	€ 1.000	€ 1.000	Ref. 7, 13
totaal kosten per boerderij				€ 6.350	

Beschrijving hoeveelheden
Gemiddelde woning is een rijtjeshuis 6*10 m = 12 m voor en achterzijde. + 3 m voor hoekhuis
2 deuren per woning, voor boerderijen 2 deuren + een laag raam of extra deur.
Ramen liggen bij een gemiddelde woning op mv + 1 m. Deze hoeven dus niet afgedicht te
Gemiddelde boerderij = 8*14 m omtrek = 44 m

Woning type	aantal	€ / aantal	totaal
Laagbouw	123	€ 4.650	€ 571.950
Eengezinswoning	14771	€ 4.650	€ 68.685.150
Boerderij	2212	€ 6.350	€ 14.046.200
totaal			€ 83.303.300

Bijlage 6. Beschrijving van de gebruikte modellen.

Onderstaand worden de 2 modellen beschreven waarmee dit onderzoek grotendeels is uitgevoerd en waarmee binnen VNK2 wordt gewerkt. In het rapport worden beide modellen bij elkaar ook wel de VNK systematiek genoemd.

1. HIS SSM (hoogwater informatie systeem, schade slachtoffer module)

Om de schade en het aantal slachtoffers van overstromingen in kaart te kunnen brengen, is de schade- en slachtoffermodule ontwikkeld (SSM). Deze module is geïntegreerd in het al bestaande Hoogwaterinformatie systeem. (HIS). De standaardmethode, die gebruikt maakt van het model, is door, is door de toenmalige Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW, het huidige ENW) geschikt geacht om binnen Nederland, de gevolgen van overstromingen in kaart te brengen [Ref.10]. De standaardmethode wordt gevormd door de standaard schadefuncties en de standaard maximale schadebedragen. Binnen dit onderzoek is voor een aantal maatregelen van de standaard methode afgeweken om de schade te bepalen. De afwijkingen worden beschreven in hoofdstuk 4. HIS SSM wordt ook binnen het project VNK2 gebruikt om de schade en het aantal slachtoffers van overstromingen te bepalen [Ref.18].

1.1 Schade berekening

HIS SSM berekend 3 verschillende soorten schade. Als volgt;

- Directe schade. Hieronder wordt de schade verstaan die optreed doordat objecten, kapitaalgoederen en roerende goederen in contact komen met water. Hiertoe behoren herstelschade aan ontroerende goederen, herstelschade aan productiemiddelen, schade aan inboedel en de schade door het verloren gaan van roerende goederen [Ref.12].
- Schade door bedrijfsuitval. Hieronder wordt de schade verstaan die ontstaat door zakelijke diensten omdat er geen goederen en diensten kunnen worden geproduceerd [Ref.12].
- Indirecte schade. Deze schade bestaat uit 2 categorieën; schade doordat toeleverende en afnemende bedrijven buiten het getroffen dijkkringgebied hun producten kunnen leveren of afnemen en de schade doordat aan en afvoerroutes worden doorsneden. In de standaardmethode wordt de indirecte schade vermenigvuldigd met 0,25 omdat er in de standaardmethode geen rekening wordt gehouden met substitutie-effecten van toeleverende en afnemende bedrijven van binnen en buiten het dijkkringgebied [Ref.12].

Niet alle schade is echter monetair waardeerbaar. De wel monetair te waarderen en niet monetair te waarderen schadeposten worden weergegeven in tabel 1.

	Monetair waardeerbaar	Niet monetair waardeerbaar
Directe schade	Kapitaalgoederen, onroerende en roerende goederen.	Slachtoffers, dood vee, schade aan het ecosysteem, verontreiniging van het oppervlaktewater, beschadiging van historische gebouwen en culturele waarde.
Schade door bedrijfsuitval	Productieverlies, inkomstenderving en schoonmaakkosten	Welzijn en sociale ontwrichting.
Indirecte schade	Verstoring van het productieproces buiten het overstromingsgebied en reistijdverlies	Schade aan de overheid.

Tabel 1. Monetair en niet monetair waardeerbare goederen. Bron: Ref.12.

1.1.1 Bepaling van de schade.

Om de schade ten gevolgen van overstromingen te bepalen wordt door HIS SSM gebruik gemaakt van de volgende formule:

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i n_i S_i$$

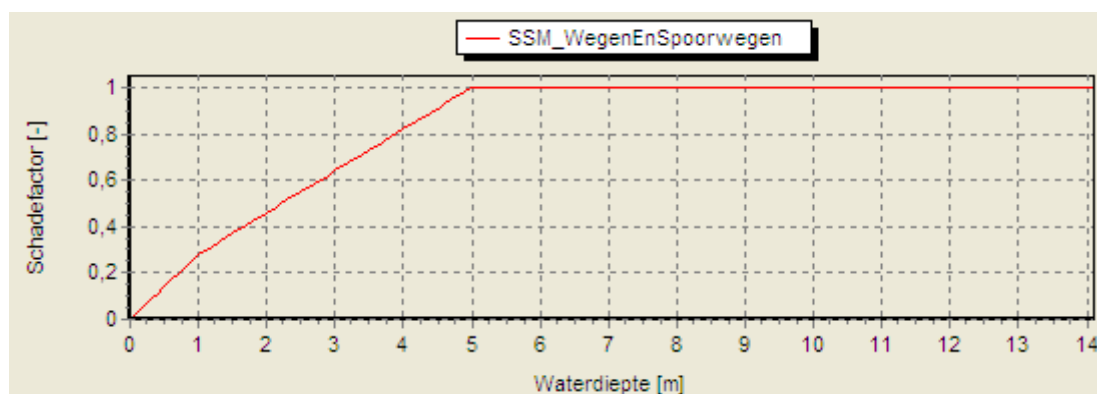
Met:

- α_i = de schadefactor categorie i
- n_i = aantal eenheden in categorie i
- S_i = maximale schade per eenheid in categorie i

De schadefactor α_i wordt afgeleid van de schade functie. Figuur 1 geeft een voorbeeld van een schadefunctie weer. De schadefactor geeft de invloed weer van de hydraulische condities, hierop zijn de volgende parameters van invloed;

- De overstromingsdiepte in m.
- De stroomsnelheid in m/s.
- Kritieke stroomsnelheid in m/s..
- De stijgsnelheid in m/uur.
- Materiaalfactor (materiaal waaruit bebouwing is geconstrueerd)
- Beschuttingsfactor
- Aanwezigheid van golven.

In de praktijk blijkt de parameter overstromingsdiepte de grootste invloed heeft op de schadefactor.



Figuur 1. Het schadepercentage (schade factor) is afhankelijk van de waterdiepte. In de afbeelding worden de waarden voor wegen en spoorwegen weergegeven maar deze zijn voor elke schadepost anders. Bron afbeelding: HIS SSM.

De factor n_i wordt afgeleid uit de uitputgegevens voor bodemgebruik, infrastructuur, woningen, voertuigen, bedrijven, waterstaatkundige werken en overige categorieën. De bronnen voor deze categorieën en het jaar van herkomst worden in tabel 2 weergegeven.

Schade categorie	Bron gegevens	Jaar
Bodemgebruik	CBS bodembestand	1996
Infrastructuur	RWS nationaal wegen bestand	2002, juni
	NS-Spoor	1998, oktober
Woningen	Bridgis woningbestand	2000, januari
Voertuigen (particulier)	0,38 voertuigen per inwoner	n.b.
Bedrijven	Geomarkt BV woningbestand	2000, februari
	Schadebedragen NEI (Briene et al.)	2002
Waterstaatkundige werken	Waterstaatkundig informatiesysteem kaart	1997, februari
Overig	b.v. energie voorziening en overige infrastructuur	n.b.
Landbouw, natuur en cultuur	Is nog niet opgenomen in HIS SSM 2.5	
Evacuatie	Evacuatie Calculator UT	2004
	Evacuatie Preprocessor (HIS EPP)	n.b.

Tabel 2. Herkomst gegevens HIS SSM. Bron: Ref.12.

De factor s_i wordt gevormd door de maximale schadebedragen per eenheid. Voor de tabel met de maximale schadebedragen wordt verwezen naar de Standaardmethode 2004: Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen [Ref.12].

1.2 Slachtofferberekening

Het aantal slachtoffers die vallen ten gevolgen van een overstroming is voornamelijk afhankelijk van de stijgsnelheid, van de waterdiepte en van de stroomsnelheid. Vooral de stijgsnelheid is van invloed op het aantal slachtoffers. Als de waterdiepte namelijk snel stijgt krijgen mensen namelijk minder tijd om te vluchten of gered te worden. In de standaardmethode wordt het aantal slachtoffers berekend met de factor f . In dit onderzoek is niet afgeweken van de standaardmethode om het aantal slachtoffers te bepalen.

In de standaardmethode wordt onderscheid gemaakt tussen drie situaties: gebieden met een hoge stroomsnelheid (> 2 m/s), gebieden met een hoge stijgsnelheid ($> 0,5$ m/uur) en gebieden zonder hoge stijg en stroomsnelheid. De slachtoffers die in de laatste categorie vallen, komen om door bijvoorbeeld onderkoeling, vermoeiing of doordat ze beknelde raken. Voor elke situatie geldt een aparte slachtofferfunctie [Ref.12].

Met:

w = de stijgsnelheid in m/uur.

h = de waterdiepte in m.

v = de stroomsnelheid in m/s.

f = slachtofferfactor.

Voor de slachtoffers in gebieden met een hoge stroomsnelheid geldt:

$$f(h) = 1 \quad \text{als } h \cdot v \geq 7 \text{ en } v \geq 2$$

Voor de slachtoffers in gebieden met een hoge stijgsnelheid geldt:

$$\begin{aligned} f(h) &= 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot e^{1,39h} && \text{als } w \geq 0,5 \text{ en } 1,5 \leq h \leq 4,7 \\ f(h) &= 1 && \text{als } w \geq 0,5 \text{ en } h > 4,7 \end{aligned}$$

Voor de slachtoffers in de overige gebieden geldt:

$$\begin{aligned} f(h) &= 1,34 \cdot 10^{-3} \cdot e^{0,59h} && \text{als } w < 0,5 \text{ en } h > 0 \\ f(h) &= 1,34 \cdot 10^{-3} \cdot e^{0,59h} && \text{als } w \geq 0,5 \text{ en } h < 1,5 \end{aligned}$$

Bij de bepaling van het aantal slachtoffers kan rekening gehouden worden met hoogbouw. Als uitgangspunt kan genomen worden dat bewoners vanaf de 3^{de} etage een grote kans hebben om een overstroming te overleven. Binnen VNK2 wordt echter als uitgangspunt genomen dat bewoners van hoogbouw woningen niet veilig zijn. Dit is in dit onderzoek overgenomen.

Het is in HIS SSM ook mogelijk om de fractie van het aantal mensen dat wordt geëvacueerd mee te nemen. Dit is de evacuatiefractie (f_e). In dit onderzoek zijn de evacuatiefractie die gebruikt worden binnen het project VNK2 overgenomen. Deze zijn te vinden in paragraaf 3.4. Bij evacuatiefracties anders dan 0 wordt in HIS SSM het aantal berekende slachtoffers vermenigvuldigd met $1 - f_e$.

1.3 Discussie HIS SSM.

HIS SSM heeft een groot aantal beperkingen. Deze zijn voor een deel overgenomen uit de Leidraad voor beperking van overstromingsschade na doorbraak van regionale waterkeringen [Ref.10].

- a. De standaardmethode is gebaseerd op gegevens uit de periode 1996-2002 (tabel 2). Mogelijk dat in de loop der tijd bijvoorbeeld het bodemgebruik voor een deel is gewijzigd. Hierdoor kan de waarde van een gebied veranderd zijn.
- b. De maximale schadebedragen zijn gebaseerd op een landelijke gemiddelde en zijn dus voor heel Nederland gelijk. Bij een overstroming ontstaat er dus bij een vergelijkbare woning in Zeeuws Vlaanderen evenveel schade als bij een woning in de Randstad. In de praktijk is dat echter niet zo. Zelfs lokaal zijn er grote verschillen in de waarde van bijvoorbeeld een woning. In tabel 3 wordt als voorbeeld het verschil in woningwaarde gegeven voor dijkkring 9.

Gemeente	Gemiddelde woningwaarde
Steenwijkerland	€ 225.000
Staphorst	€ 286.000
Zwartewaterland	€ 217.000
Dalfsen	€ 292.000
Gem. dijkkring 9	€ 255.000
Gem. Nederland	€ 237.000

Tabel 3. Het verschil in woning waarde binnen dijkkring 9. [Ref.30]

- c. De basis voor de maximale schadebedragen wordt gevormd door de herbouw- of vervangingswaarde van een object. Deze gegevens zijn gebaseerd op data en ervaringen van experts (Financiële onderbouwing kengetallen hoogwaterschade. Nederlands Economisch Instituut. 2002). Er is echter weinig bekend over de werkelijke schade omdat overstromingen in Nederland nauwelijks voorkomen.
- d. In HIS SSM is geen tijdsafhankelijke schadefunctie opgenomen. Dit is vooral belangrijk factor voor de indirecte kosten van een overstroming zoals het productieverlies van een bedrijf of het niet kunnen gebruiken van een weg.
- e. De schadefunctie voor indirecte schade is gelijk aan de schadefunctie voor directe schade. In de praktijk kunnen hier echter wel degelijk verschillen in zitten. Bij een waterdiepte van 0,5 m kan er bijvoorbeeld al niet meer gewerkt worden in een geheel kantoorgebouw (de maximale indirecte schade is dan dus al bereikt) terwijl de directe schade dan pas 5% van het totale schadebedrag beslaat.
- f. In HIS SSM kunnen lastig toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen worden gemodelleerd. Hiervoor moeten kaarten in het juiste formaat worden aangeleverd. Als er weinig over toekomstige ontwikkelingen bekend is kan dit dus niet meegenomen worden.
- g. HIS SSM berekent met een gemiddelde inflatie van 2% per jaar, ten opzichte van het prijspeil in het jaar 2000. In werkelijkheid varieert de inflatie en kan deze over de periode (tabel 4).

Jaar	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Inflatie	2,6%	4,5%	3,4%	2,1%	1,2%	1,7%	1,1%

Tabel 4. De gemiddelde inflatie per jaar in de periode 2000 t/m 2006. [Ref.30]

- h. HIS SSM berekend alleen de schade over de gegeven schadeposten. Mogelijk is het aantal schadeposten niet compleet. Daarom wordt in sommige studies (bv. MKBA WV21) het schadebedrag verhoogd met 50%. Voorbeelden van ontbrekende schadeposten zijn bijvoorbeeld de kosten voor schade aan landbouw, natuur en cultuur. Deze functie bestaat al wel, maar is nog niet in HIS SSM opgenomen.
- i. In HIS SSM zit een variatiecoëfficiënt van gemiddeld 10% voor de meeste schadeposten. Dit betekent dat de waarden in werkelijkheid 10% (15% zit ook nog in de range) hoger of lager kunnen uitvallen.
- j. Er wordt door HIS SSM geen verschil gemaakt tussen een overstroming met zoet of met zout water. In werkelijkheid is een overstroming met zout water echter veel schadelijker

dan een overstroming met zoet water. Dit is echter niet van toepassing op het casestudiegebied.

- k. Het is in HIS SSM versie 2.5 niet goed mogelijk om af te wijken van de standaardmethode, hoewel dit volgens de gebruikers handleiding wel zou moeten kunnen. Bij het aanmaken van een eigen schadefunctie sluit HIS SSM na loop van tijd uit zich zelf af. Het aanmaken van een eigen wegingsset is wel mogelijk. Alleen is het niet mogelijk om deze ook daadwerkelijk toe te passen. Na het verlaten van de wegingssetpagina springt de wegingsset gelijk weer terug naar de oude waarden.

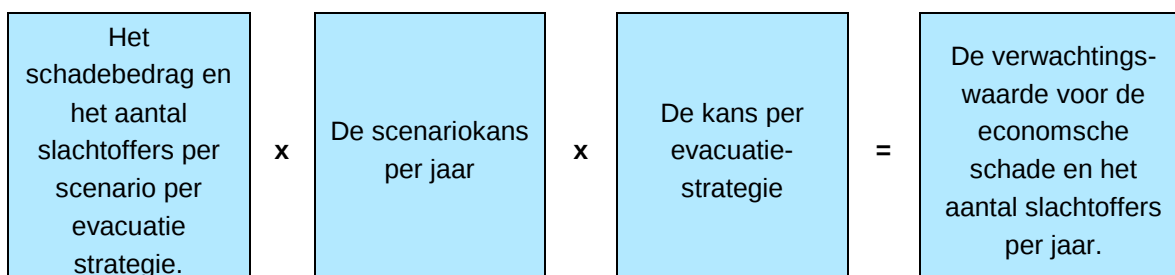
1.4 Uitgangspunten modellering in HIS SSM voor vergelijking met gegevens uit VNK2.

Om de risicovermindering ten gevolgen van gevolgenvermindering goed te kunnen vergelijken met het risico berekend door VNK, wordt zoveel mogelijke gebruik gemaakt van de zelfde gegevens (overschrijdingskans van waterkeringen, stijgsnelheid, stroomsnelheid en waterdiepte). Deze gegevens staan niet ter discussie.

Daarnaast wordt gerekend met het prijspeil van 2006, in plaats van het prijspeil 2013. Dit omdat binnen VNK ook met het prijspeil 2006 werkt. Als beide prijspeilen niet aan elkaar gelijk zijn, kunnen de resultaten niet goed met elkaar worden vergeleken. Ook wordt overgenomen dat hoogbouw (woningen vanaf etage 4) niet veilig is tegen overstromingen.

2. Beschrijving VNK-risicotool.

Met de VNK risicotool worden de scenariokansen (bijlage 2) gecombineerd met het schade bedrag en het aantal slachtoffers tot de verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffers per jaar. Als input maakt de risicotool gebruik van de uitput van HIS SSM. De rekenmethode wordt schematisch weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Schematische weergegeven van de rekening methode gebruikt door de VNK risicotool.

Daarnaast combineert de VNK risicotool de input schade en slachtoffersgrids met de scenariokans tot afbeeldingen voor: de verwachtingswaarde voor de economische schade per hectare, de verwachtingswaarde voor het aantal slachtoffers risico per hectare, het plaatsgebonden risico en tot het lokaal individueel risico.

Omdat in de VNK risicotool niet gesleuteld kan worden aan de kansen, zijn voor een aantal maatregelen de verwachtingswaarden berekend met Excel. Deze berekeningen zijn te vinden in bijlage 7.

Bijlage 7. Excelberekeningen ter bepaling van de nieuwe verwachtingswaarden.

Beschrijving

In deze bijlage worden de nieuwe verwachtingswaarden bepaald voor het economisch risico per jaar en het slachtofferisico per jaar, voor de risicoreducerende maatregelen: dijkverbetering, partiële compartimentering, waardebeschermd compartimentering en het retentiegebied.

In tabellen 2 en 3 wordt de oorspronkelijke uitvoer uit de VNK risicotool weergegeven. Deze komt niet geheel overeen met de waarden die uit de risicoanalyse van VNK2 komen. Het maximale scenario wordt binnen VNK 2 namelijk niet meegerekend. Daarnaast komen de waarden voor de scenario's 2, 3 en 7 niet overeen met de waarden uit de originele uitvoer uit HIS SSM en VNK2 (tabel 1). De oorzaak van hiervan zijn waarschijnlijk overnamefouten in het VNK2 rapport voor dijkkring 9 [Ref.21]. De totale verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffers komen wel overeen met die uit VNK 2.

Scenario	Uitvoer HIS SSM		Uitvoer risicotool		Waarden VNK2 [Ref.21]	
	Schade	Slachtoffers	Schade	Slachtoffers	Schade	Slachtoffers
2	€ 524,5 miljoen	19	€ 524,5 miljoen	19	€ 195 miljoen	5
3	€ 853,3 miljoen	37	€ 416 miljoen	37	€ 853,3 miljoen	37
7	€ 1309,4 miljoen	125	€ 1309,4 miljoen	125	€ 653,5 miljoen	37
Maximaal	€ 1703,2 miljoen	145	€ 1703,2 miljoen	145	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 1. Verschillen tussen de verschillende verwachtingswaarden uit HIS SSM, de risicotool en uit de risicoanalyse van VNK2.

In tabel 4 worden de nieuwe verwachtingswaarden bepaald na het 10 maal sterker maken van de primaire waterkering (paragraaf 4.8). Dit heeft als gevolg dat de scenariokans van elk scenario een factor 10 kleiner wordt. De aanpassingen worden weergegeven in de oranje tabel. De schadebedragen en slachtoffer aantallen worden weergegeven in tabel 2.

In tabel 5 worden de nieuwe verwachtingswaarden bepaald na het aanleggen van het retentiegebied (paragraaf 4.3). Hierdoor worden de scenariokans voor de scenario's met de breslocaties Hasselt en Veldiger-Binnenland (bijlage 2) gelijk aan 0. De aangepaste zijn oranje gearceerd. De schadebedragen en slachtoffer aantallen worden weergegeven in tabel 2.

In tabel 6 worden de nieuwe schade bedragen en slachtofferaantallen weergegeven na het aanleggen van partiële compartimenteringskades (paragraaf 4.1). De aangepaste schadebedragen bevinden zich in de oranje vakken, de aangepaste slachtoffer aantallen bevinden zich in de blauwe vakken. In tabel 7 worden vervolgens de nieuwe verwachtingswaarden berekend.

In tabel 8 worden de nieuwe schade bedragen en slachtofferaantallen weergegeven na het aanleggen van waarde- beschermende compartimenteringskades (paragraaf 4.2). De aangepaste schadebedragen bevinden zich in de oranje vakken, de aangepaste slachtoffer aantallen bevinden zich in de blauwe vakken. In tabel 9 worden vervolgens de nieuwe verwachtingswaarden berekend.

Tabel 2. Verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffer per scenario.

Scenario	Onverwachte overstroming						Verwachte overstroming					
	Str. kans	Sch. S1	Sla. S1	Str. kans	Sch. S2	Sla. S2	Str. kans	Sch. S3	Sla. S3	Str. kans	Sch. S4	Sla. S4
		miljoen	personen		miljoen	personen		miljoen	personen		miljoen €	personen
1	0,2	23,4	1,84E-07	0,08	23,4	1,11E-07	0,4	23,4	6,08E-08	0,32	23,4	3,68E-08
2	0,2	524,5	1,91E-05	0,08	523,5	1,14E-05	0,4	522,9	6,29E-06	0,32	522,6	3,81E-06
3	0,2	416,0	1,00E-05	0,08	415,6	6,00E-06	0,4	415,3	3,30E-06	0,32	415,2	2,00E-06
4	0,2	865,5	3,71E-05	0,08	863,5	2,23E-05	0,4	862,1	1,23E-05	0,32	861,5	7,43E-06
5	0,2	629,8	2,98E-05	0,08	628,2	1,79E-05	0,4	627,1	9,84E-06	0,32	626,5	5,97E-06
6	0,2	653,3	3,71E-05	0,08	651,3	2,22E-05	0,4	650,0	1,22E-05	0,32	649,4	7,42E-06
7	0,2	1309,4	1,25E-04	0,08	1306,2	7,49E-05	0,4	1304,0	4,12E-05	0,32	1303,0	2,50E-05
8	0,2	508,2	1,39E-05	0,08	507,5	8,34E-06	0,4	507,1	4,59E-06	0,32	506,9	2,78E-06
9	0,2	15,2	3,01E-07	0,08	15,2	1,80E-07	0,4	15,2	9,91E-08	0,32	15,2	6,00E-08
10	0,2	521,7	1,40E-05	0,08	521,1	8,38E-06	0,4	520,6	4,61E-06	0,32	520,4	2,79E-06
11	0,2	28,8	3,68E-07	0,08	28,8	2,21E-07	0,4	28,8	1,21E-07	0,32	28,8	7,36E-08
12	0,2	1022,8	3,29E-05	0,08	1021,3	1,97E-05	0,4	1020,2	1,08E-05	0,32	1019,7	6,57E-06
13	0,2	529,9	1,93E-05	0,08	529,0	1,16E-05	0,4	528,4	6,36E-06	0,32	528,1	3,85E-06
14	0,2	923,6	2,39E-05	0,08	922,5	1,43E-05	0,4	921,8	7,89E-06	0,32	921,4	4,78E-06
15	0,2	430,7	1,03E-05	0,08	430,2	6,18E-06	0,4	429,9	3,40E-06	0,32	429,8	2,06E-06
16	0,2	1247,1	4,93E-05	0,08	1244,4	2,96E-05	0,4	1242,6	1,63E-05	0,32	1241,7	9,85E-06
17	0,2	870,9	3,73E-05	0,08	868,9	2,24E-05	0,4	867,5	1,23E-05	0,32	866,9	7,47E-06
18	0,2	1088,0	4,33E-05	0,08	1085,7	2,60E-05	0,4	1084,1	1,43E-05	0,32	1083,4	8,66E-06
19	0,2	635,2	3,00E-05	0,08	633,6	1,80E-05	0,4	632,4	9,90E-06	0,32	631,9	6,00E-06
20	0,2	1040,9	4,93E-05	0,08	1038,3	2,96E-05	0,4	1036,6	1,63E-05	0,32	1035,7	9,85E-06
21	0,2	658,6	3,73E-05	0,08	656,7	2,24E-05	0,4	655,4	1,23E-05	0,32	654,7	7,45E-06
22	0,2	1456,6	1,31E-04	0,08	1453,0	7,86E-05	0,4	1450,6	4,32E-05	0,32	1449,5	2,62E-05
23	0,2	1314,8	1,25E-04	0,08	1311,5	7,50E-05	0,4	1309,4	4,13E-05	0,32	1308,3	2,50E-05
24	0,2	513,5	1,41E-05	0,08	512,8	8,45E-06	0,4	512,4	4,65E-06	0,32	512,2	2,82E-06
25	0,2	527,0	1,42E-05	0,08	526,3	8,49E-06	0,4	525,9	4,67E-06	0,32	525,7	2,83E-06
26	0,2	1028,1	3,30E-05	0,08	1026,5	1,98E-05	0,4	1025,5	1,09E-05	0,32	1025,0	6,61E-06
27	0,2	928,9	2,41E-05	0,08	927,8	1,45E-05	0,4	927,1	7,95E-06	0,32	926,7	4,82E-06
28	0,2	1252,4	4,94E-05	0,08	1249,7	2,97E-05	0,4	1247,9	1,63E-05	0,32	1247,0	9,89E-06
29	0,2	1093,3	4,35E-05	0,08	1091,0	2,61E-05	0,4	1089,4	1,43E-05	0,32	1088,6	8,69E-06
30	0,2	1046,2	4,94E-05	0,08	1043,6	2,97E-05	0,4	1041,9	1,63E-05	0,32	1041,0	9,89E-06
31	0,2	1461,9	1,31E-04	0,08	1458,3	7,87E-05	0,4	1455,9	4,33E-05	0,32	1454,7	2,62E-05
32	0,2	1703,2	1,45E-04	0,08	1698,9	8,70E-05	0,4	1696,0	4,79E-05	0,32	1694,6	2,90E-05

Tabel 3. Verwachtingswaarden voor de economische schade en het aantal slachtoffer per jaar.

Scenario	Scenario kans	Onverwachte overstroming				Verwachte overstroming				Som	
		Strategie 1		Strategie 2		Strategie 3		Strategie 4			
		schade	slachtoffer	schade	slachtoffer	schade	slachtoffer	schade	slachtoffer	schade	slachtoffer
		€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j
1		3,16E+04	2,49E-04	1,26E+04	5,98E-05	6,32E+04	1,64E-04	5,06E+04	7,95E-05	1,58E+05	5,52E-04
2		5,54E+02	2,02E-05	2,21E+02	4,84E-06	1,11E+03	1,33E-05	8,84E+02	6,45E-06	2,77E+03	4,48E-05
3		1,54E+05	3,71E-03	6,16E+04	8,90E-04	3,08E+05	2,45E-03	2,46E+05	1,19E-03	7,70E+05	8,23E-03
4		7,75E+04	3,33E-03	3,09E+04	7,98E-04	1,54E+05	2,20E-03	1,23E+05	1,06E-03	3,86E+05	7,38E-03
5		2,48E+05	1,18E-02	9,91E+04	2,82E-03	4,95E+05	7,76E-03	3,95E+05	3,76E-03	1,24E+06	2,61E-02
6		1,48E+04	8,42E-04	5,92E+03	2,02E-04	2,95E+04	5,56E-04	2,36E+04	2,69E-04	7,39E+04	1,87E-03
7		2,16E+05	2,06E-02	8,63E+04	4,95E-03	4,31E+05	1,36E-02	3,45E+05	6,60E-03	1,08E+06	4,58E-02
8		1,15E+04	3,15E-04	4,60E+03	7,56E-05	2,30E+04	2,08E-04	1,84E+04	1,01E-04	5,75E+04	7,00E-04
9		7,13E+01	1,41E-06	2,85E+01	3,37E-07	1,42E+02	9,27E-07	1,14E+02	4,49E-07	3,56E+02	3,12E-06
10		7,69E+03	2,06E-04	3,07E+03	4,94E-05	1,53E+04	1,36E-04	1,23E+04	6,59E-05	3,84E+04	4,57E-04
11		2,04E+03	2,60E-05	8,16E+02	6,24E-06	4,08E+03	1,72E-05	3,26E+03	8,34E-06	1,02E+04	5,78E-05
12		2,37E+01	7,60E-07	9,45E+00	1,82E-07	4,72E+01	5,02E-07	3,77E+01	2,43E-07	1,18E+02	1,69E-06
13		7,13E+01	2,59E-06	2,85E+01	6,22E-07	1,42E+02	1,71E-06	1,14E+02	8,29E-07	3,56E+02	5,75E-06
14		3,79E+03	9,80E-05	1,51E+03	2,35E-05	7,56E+03	6,47E-05	6,04E+03	3,14E-05	1,89E+04	2,18E-04
15		5,99E+03	1,43E-04	2,39E+03	3,44E-05	1,20E+04	9,46E-05	9,57E+03	4,59E-05	2,99E+04	3,18E-04
16		1,14E+03	4,52E-05	4,57E+02	1,09E-05	2,28E+03	2,98E-05	1,82E+03	1,45E-05	5,71E+03	1,00E-04
17		1,89E+03	8,09E-05	7,54E+02	1,94E-05	3,76E+03	5,34E-05	3,01E+03	2,59E-05	9,41E+03	1,80E-04
18		7,39E+03	2,94E-04	2,95E+03	7,05E-05	1,47E+04	1,94E-04	1,18E+04	9,41E-05	3,68E+04	6,53E-04
19		1,75E+04	8,28E-04	6,99E+03	1,99E-04	3,49E+04	5,46E-04	2,79E+04	2,65E-04	8,73E+04	1,84E-03
20		3,06E+02	1,45E-05	1,22E+02	3,48E-06	6,10E+02	9,56E-06	4,88E+02	4,64E-06	1,53E+03	3,22E-05
21		5,33E+02	3,02E-05	2,13E+02	7,24E-06	1,06E+03	1,99E-05	8,48E+02	9,65E-06	2,65E+03	6,69E-05
22		3,36E+03	3,03E-04	1,34E+03	7,26E-05	6,70E+03	2,00E-04	5,35E+03	9,68E-05	1,68E+04	6,72E-04
23		1,47E+04	1,40E-03	5,87E+03	3,36E-04	2,93E+04	9,24E-04	2,34E+04	4,48E-04	7,33E+04	3,11E-03
24		3,43E+01	9,40E-07	1,37E+01	2,26E-07	6,84E+01	6,20E-07	5,47E+01	3,01E-07	1,71E+02	2,09E-06
25		1,56E+03	4,20E-05	6,25E+02	1,01E-05	3,12E+03	2,77E-05	2,50E+03	1,34E-05	7,81E+03	9,33E-05
26		7,34E+00	2,36E-07	2,93E+00	5,67E-08	1,47E+01	1,56E-07	1,17E+01	7,55E-08	3,66E+01	5,24E-07
27		6,47E+02	1,68E-05	2,58E+02	4,03E-06	1,29E+03	1,11E-05	1,03E+03	5,37E-06	3,23E+03	3,73E-05
28		9,70E+01	3,83E-06	3,87E+01	9,19E-07	1,93E+02	2,53E-06	1,54E+02	1,23E-06	4,83E+02	8,50E-06
29		1,71E+03	6,78E-05	6,81E+02	1,63E-05	3,40E+03	4,48E-05	2,72E+03	2,17E-05	8,51E+03	1,51E-04
30		3,19E+01	1,51E-06	1,27E+01	3,62E-07	6,35E+01	9,94E-07	5,07E+01	4,82E-07	1,59E+02	3,34E-06
31		7,56E+02	6,79E-05	3,02E+02	1,63E-05	1,51E+03	4,48E-05	1,20E+03	2,17E-05	3,77E+03	1,51E-04
32		4,40E+05	3,75E-02	1,76E+05	8,99E-03	8,76E+05	2,47E-02	7,00E+05	1,20E-02	2,19E+06	8,32E-02
Totale verwachtingswaarde per jaar										6,31E+06	1,82E-01

Tabel 4. Dijkverbetering. Een 10 maal kleinere overschrijdingskans.

Scenario	Scenario kans	Onverwachte overstroming				Verwachte overstroming				Som	
		Strategie 1		Strategie 2		Strategie 3		Strategie 4			
		schade €/j	slachtof pers/j	schade €/j	slachtof pers/j	schade €/j	slachtof pers/j	schade €/j	slachtof pers/j	schade €/j	slachtof pers/j
1		3,16E+03	2,49E-05	1,26E+03	5,98E-06	6,32E+03	1,64E-05	5,06E+03	7,95E-06	1,58E+04	5,52E-05
2		5,54E+01	2,02E-06	2,21E+01	4,84E-07	1,11E+02	1,33E-06	8,84E+01	6,45E-07	2,77E+02	4,48E-06
3		1,54E+04	3,71E-04	6,16E+03	8,90E-05	3,08E+04	2,45E-04	2,46E+04	1,19E-04	7,70E+04	8,23E-04
4		7,75E+03	3,33E-04	3,09E+03	7,98E-05	1,54E+04	2,20E-04	1,23E+04	1,06E-04	3,86E+04	7,38E-04
5		2,48E+04	1,18E-03	9,91E+03	2,82E-04	4,95E+04	7,76E-04	3,95E+04	3,76E-04	1,24E+05	2,61E-03
6		1,48E+03	8,42E-05	5,92E+02	2,02E-05	2,95E+03	5,56E-05	2,36E+03	2,69E-05	7,39E+03	1,87E-04
7		2,16E+04	2,06E-03	8,63E+03	4,95E-04	4,31E+04	1,36E-03	3,45E+04	6,60E-04	1,08E+05	4,58E-03
8		1,15E+03	3,15E-05	4,60E+02	7,56E-06	2,30E+03	2,08E-05	1,84E+03	1,01E-05	5,75E+03	7,00E-05
9		7,13E+00	1,41E-07	2,85E+00	3,37E-08	1,42E+01	9,27E-08	1,14E+01	4,49E-08	3,56E+01	3,12E-07
10		7,69E+02	2,06E-05	3,07E+02	4,94E-06	1,53E+03	1,36E-05	1,23E+03	6,59E-06	3,84E+03	4,57E-05
11		2,04E+02	2,60E-06	8,16E+01	6,24E-07	4,08E+02	1,72E-06	3,26E+02	8,34E-07	1,02E+03	5,78E-06
12		2,37E+00	7,60E-08	9,45E-01	1,82E-08	4,72E+00	5,02E-08	3,77E+00	2,43E-08	1,18E+01	1,69E-07
13		7,13E+00	2,59E-07	2,85E+00	6,22E-08	1,42E+01	1,71E-07	1,14E+01	8,29E-08	3,56E+01	5,75E-07
14		3,79E+02	9,80E-06	1,51E+02	2,35E-06	7,56E+02	6,47E-06	6,04E+02	3,14E-06	1,89E+03	2,18E-05
15		5,99E+02	1,43E-05	2,39E+02	3,44E-06	1,20E+03	9,46E-06	9,57E+02	4,59E-06	2,99E+03	3,18E-05
16		1,14E+02	4,52E-06	4,57E+01	1,09E-06	2,28E+02	2,98E-06	1,82E+02	1,45E-06	5,71E+02	1,00E-05
17		1,89E+02	8,09E-06	7,54E+01	1,94E-06	3,76E+02	5,34E-06	3,01E+02	2,59E-06	9,41E+02	1,80E-05
18		7,39E+02	2,94E-05	2,95E+02	7,05E-06	1,47E+03	1,94E-05	1,18E+03	9,41E-06	3,68E+03	6,53E-05
19		1,75E+03	8,28E-05	6,99E+02	1,99E-05	3,49E+03	5,46E-05	2,79E+03	2,65E-05	8,73E+03	1,84E-04
20		3,06E+01	1,45E-06	1,22E+01	3,48E-07	6,10E+01	9,56E-07	4,88E+01	4,64E-07	1,53E+02	3,22E-06
21		5,33E+01	3,02E-06	2,13E+01	7,24E-07	1,06E+02	1,99E-06	8,48E+01	9,65E-07	2,65E+02	6,69E-06
22		3,36E+02	3,03E-05	1,34E+02	7,26E-06	6,70E+02	2,00E-05	5,35E+02	9,68E-06	1,68E+03	6,72E-05
23		1,47E+03	1,40E-04	5,87E+02	3,36E-05	2,93E+03	9,24E-05	2,34E+03	4,48E-05	7,33E+03	3,11E-04
24		3,43E+00	9,40E-08	1,37E+00	2,26E-08	6,84E+00	6,20E-08	5,47E+00	3,01E-08	1,71E+01	2,09E-07
25		1,56E+02	4,20E-06	6,25E+01	1,01E-06	3,12E+02	2,77E-06	2,50E+02	1,34E-06	7,81E+02	9,33E-06
26		7,34E-01	2,36E-08	2,93E-01	5,67E-09	1,47E+00	1,56E-08	1,17E+00	7,55E-09	3,66E+00	5,24E-08
27		6,47E+01	1,68E-06	2,58E+01	4,03E-07	1,29E+02	1,11E-06	1,03E+02	5,37E-07	3,23E+02	3,73E-06
28		9,70E+00	3,83E-07	3,87E+00	9,19E-08	1,93E+01	2,53E-07	1,54E+01	1,23E-07	4,83E+01	8,50E-07
29		1,71E+02	6,78E-06	6,81E+01	1,63E-06	3,40E+02	4,48E-06	2,72E+02	2,17E-06	8,51E+02	1,51E-05
30		3,19E+00	1,51E-07	1,27E+00	3,62E-08	6,35E+00	9,94E-08	5,07E+00	4,82E-08	1,59E+01	3,34E-07
31		7,56E+01	6,79E-06	3,02E+01	1,63E-06	1,51E+02	4,48E-06	1,20E+02	2,17E-06	3,77E+02	1,51E-05
32		4,40E+04	3,75E-03	1,76E+04	8,99E-04	8,76E+04	2,47E-03	7,00E+04	1,20E-03	2,19E+05	8,32E-03
Totale verwachtingswaarde per jaar											6,31E+05 1,82E-02

Tabel 5. Nieuwe verwachtingswaarden ten gevolgen van het aanleggen van retentiegebied Bomhofsplas.

Scenario	Scenario kans	Onverwachte overstroming				Verwachte overstroming				Som	
		Strategie 1		Strategie 2		Strategie 3		Strategie 4		schade	slachtof
		Schade	slachtof	schade	slachtof	schade	slachtof	schade	slachtof		
		€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j		
1		3,16E+04	2,49E-04	1,26E+04	5,98E-05	6,32E+04	1,64E-04	5,06E+04	7,95E-05	1,58E+05	5,52E-04
2		5,54E+02	2,02E-05	2,21E+02	4,84E-06	1,11E+03	1,33E-05	8,84E+02	6,45E-06	2,77E+03	4,48E-05
3		1,54E+05	3,71E-03	6,16E+04	8,90E-04	3,08E+05	2,45E-03	2,46E+05	1,19E-03	7,70E+05	8,23E-03
4		7,75E+04	3,33E-03	3,09E+04	7,98E-04	1,54E+05	2,20E-03	1,23E+05	1,06E-03	3,86E+05	7,38E-03
5		2,48E+05	1,18E-02	9,91E+04	2,82E-03	4,95E+05	7,76E-03	3,95E+05	3,76E-03	1,24E+06	2,61E-02
6	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
8		1,15E+04	3,15E-04	4,60E+03	7,56E-05	2,30E+04	2,08E-04	1,84E+04	1,01E-04	5,75E+04	7,00E-04
9		7,13E+01	1,41E-06	2,85E+01	3,37E-07	1,42E+02	9,27E-07	1,14E+02	4,49E-07	3,56E+02	3,12E-06
10		7,69E+03	2,06E-04	3,07E+03	4,94E-05	1,53E+04	1,36E-04	1,23E+04	6,59E-05	3,84E+04	4,57E-04
11		2,04E+03	2,60E-05	8,16E+02	6,24E-06	4,08E+03	1,72E-05	3,26E+03	8,34E-06	1,02E+04	5,78E-05
12		2,37E+01	7,60E-07	9,45E+00	1,82E-07	4,72E+01	5,02E-07	3,77E+01	2,43E-07	1,18E+02	1,69E-06
13		7,13E+01	2,59E-06	2,85E+01	6,22E-07	1,42E+02	1,71E-06	1,14E+02	8,29E-07	3,56E+02	5,75E-06
14		3,79E+03	9,80E-05	1,51E+03	2,35E-05	7,56E+03	6,47E-05	6,04E+03	3,14E-05	1,89E+04	2,18E-04
15		5,99E+03	1,43E-04	2,39E+03	3,44E-05	1,20E+04	9,46E-05	9,57E+03	4,59E-05	2,99E+04	3,18E-04
16		1,14E+03	4,52E-05	4,57E+02	1,09E-05	2,28E+03	2,98E-05	1,82E+03	1,45E-05	5,71E+03	1,00E-04
17		1,89E+03	8,09E-05	7,54E+02	1,94E-05	3,76E+03	5,34E-05	3,01E+03	2,59E-05	9,41E+03	1,80E-04
18		7,39E+03	2,94E-04	2,95E+03	7,05E-05	1,47E+04	1,94E-04	1,18E+04	9,41E-05	3,68E+04	6,53E-04
19		1,75E+04	8,28E-04	6,99E+03	1,99E-04	3,49E+04	5,46E-04	2,79E+04	2,65E-04	8,73E+04	1,84E-03
20	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
21	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
22	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
23	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
24		3,43E+01	9,40E-07	1,37E+01	2,26E-07	6,84E+01	6,20E-07	5,47E+01	3,01E-07	1,71E+02	2,09E-06
25		1,56E+03	4,20E-05	6,25E+02	1,01E-05	3,12E+03	2,77E-05	2,50E+03	1,34E-05	7,81E+03	9,33E-05
26		7,34E+00	2,36E-07	2,93E+00	5,67E-08	1,47E+01	1,56E-07	1,17E+01	7,55E-08	3,66E+01	5,24E-07
27		6,47E+02	1,68E-05	2,58E+02	4,03E-06	1,29E+03	1,11E-05	1,03E+03	5,37E-06	3,23E+03	3,73E-05
28		9,70E+01	3,83E-06	3,87E+01	9,19E-07	1,93E+02	2,53E-06	1,54E+02	1,23E-06	4,83E+02	8,50E-06
29		1,71E+03	6,78E-05	6,81E+02	1,63E-05	3,40E+03	4,48E-05	2,72E+03	2,17E-05	8,51E+03	1,51E-04
30	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
31	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
32		4,40E+05	3,75E-02	1,76E+05	8,99E-03	8,76E+05	2,47E-02	7,00E+05	1,20E-02	2,19E+06	8,32E-02
Totale verwachtingswaarde per jaar										5,06E+06	1,30E-01

Tabel 6. Partiële compartimentering. Aangepaste schadebedragen en slachtofferaantallen per scenario.

Scenario	Onverwachte overstroming						Verwachte overstroming					
	Str. kans	Sch. S1	Sla. S1	Str. kans	Sch. S2	Sla. S2	Str. kans	Sch. S3	Sla. S3	Str. kans	Sch. S4	Sla. S4
		miljoen €	personen		miljoen €	personen		miljoen €	personen		miljoen €	personen
1	0,2	23,4	1,84E-07	0,08	23,4	1,11E-07	0,4	23,4	6,08E-08	0,32	23,4	3,68E-08
2	0,2	161,5	1,15E-05	0,08	161,5	6,91E-06	0,4	161,5	3,80E-06	0,32	161,5	2,30E-06
3	0,2	161,5	1,15E-05	0,08	161,5	6,91E-06	0,4	161,5	3,80E-06	0,32	161,5	2,30E-06
4	0,2	288,4	4,35E-06	0,08	288,4	2,61E-06	0,4	288,4	1,44E-06	0,32	288,4	8,70E-07
5	0,2	288,4	4,35E-06	0,08	288,4	2,61E-06	0,4	288,4	1,44E-06	0,32	288,4	8,70E-07
6	0,2	731,1	1,13E-04	0,08	731,1	6,81E-05	0,4	731,1	3,74E-05	0,32	731,1	2,27E-05
7	0,2	731,1	1,13E-04	0,08	731,1	6,81E-05	0,4	731,1	3,74E-05	0,32	731,1	2,27E-05
8	0,2	508,2	1,39E-05	0,08	507,5	8,34E-06	0,4	507,1	4,59E-06	0,32	506,9	2,78E-06
9	0,2	15,2	3,01E-07	0,08	15,2	1,80E-07	0,4	15,2	9,91E-08	0,32	15,2	6,00E-08
10	0,2	521,7	1,40E-05	0,08	521,1	8,38E-06	0,4	520,6	4,61E-06	0,32	520,4	2,79E-06
11	0,2	28,8	3,68E-07	0,08	28,8	2,21E-07	0,4	28,8	1,21E-07	0,32	28,8	7,36E-08
12	0,2	669,6	1,29E-05	0,08	669,6	7,75E-06	0,4	669,6	4,26E-06	0,32	669,6	2,30E-05
13	0,2	176,7	1,16E-05	0,08	176,7	6,93E-06	0,4	176,7	3,81E-06	0,32	176,7	2,27E-05
14	0,2	669,6	1,29E-05	0,08	669,6	7,75E-06	0,4	669,6	4,26E-06	0,32	669,6	2,30E-05
15	0,2	176,7	1,16E-05	0,08	176,7	6,93E-06	0,4	176,7	3,81E-06	0,32	176,7	2,27E-05
16	0,2	796,5	5,74E-06	0,08	796,5	3,44E-06	0,4	796,5	1,89E-06	0,32	796,5	1,55E-06
17	0,2	303,6	4,38E-06	0,08	303,6	2,63E-06	0,4	303,6	1,45E-06	0,32	303,6	1,39E-06
18	0,2	796,5	5,74E-06	0,08	796,5	3,44E-06	0,4	796,5	1,89E-06	0,32	796,5	1,55E-06
19	0,2	303,6	4,38E-06	0,08	303,6	2,63E-06	0,4	303,6	1,45E-06	0,32	303,6	1,39E-06
20	0,2	1239,2	1,15E-04	0,08	1239,2	6,89E-05	0,4	1239,2	3,79E-05	0,32	1239,2	6,89E-07
21	0,2	746,3	1,13E-04	0,08	746,3	6,81E-05	0,4	746,3	3,74E-05	0,32	746,3	5,26E-07
22	0,2	1239,2	1,15E-04	0,08	1239,2	6,89E-05	0,4	1239,2	3,79E-05	0,32	1239,2	6,89E-07
23	0,2	746,3	1,13E-04	0,08	746,3	6,81E-05	0,4	746,3	3,74E-05	0,32	746,3	5,26E-07
24	0,2	513,5	1,41E-05	0,08	512,8	8,45E-06	0,4	512,4	4,65E-06	0,32	512,2	2,82E-06
25	0,2	527,0	1,42E-05	0,08	526,3	8,49E-06	0,4	525,9	4,67E-06	0,32	525,7	2,83E-06
26	0,2	674,9	1,29E-05	0,08	674,9	7,75E-06	0,4	674,9	4,26E-06	0,32	674,9	2,30E-05
27	0,2	674,9	1,29E-05	0,08	674,9	7,75E-06	0,4	674,9	4,26E-06	0,32	674,9	2,30E-05
28	0,2	801,9	5,74E-06	0,08	801,9	3,44E-06	0,4	801,9	1,89E-06	0,32	801,9	1,55E-06
29	0,2	801,9	5,74E-06	0,08	801,9	3,44E-06	0,4	801,9	1,89E-06	0,32	801,9	1,55E-06
30	0,2	1244,6	1,15E-04	0,08	1244,6	6,89E-05	0,4	1244,6	3,79E-05	0,32	1244,6	6,89E-07
31	0,2	1244,6	1,15E-04	0,08	1244,6	6,89E-05	0,4	1244,6	3,79E-05	0,32	1244,6	6,89E-07

Tabel 7. Partiele compartimentering. Verwachtingswaarde voor de economische schade en het aantal slachtoffers per jaar.

Scenario	Scenario kans	Onverwachte overstroming				Verwachte overstroming				Som	
		Strategie 1		Strategie 2		Strategie 3		Strategie 4			
		schade	slachtof	schade	slachtof	schade	slachtof	schade	slachtof	schade	slachtof
		€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j
1		3,16E+04	2,49E-04	1,26E+04	5,98E-05	6,32E+04	1,64E-04	5,06E+04	7,95E-05	1,58E+05	5,52E-04
2		1,71E+02	1,22E-05	6,83E+01	2,92E-06	3,41E+02	8,04E-06	2,73E+02	3,90E-06	8,54E+02	2,70E-05
3		5,98E+04	4,27E-03	2,39E+04	1,02E-03	1,20E+05	2,82E-03	9,58E+04	1,37E-03	2,99E+05	9,48E-03
4		2,58E+04	3,90E-04	1,03E+04	9,35E-05	5,17E+04	2,57E-04	4,13E+04	1,25E-04	1,29E+05	8,65E-04
5		1,14E+05	1,72E-03	4,55E+04	4,12E-04	2,27E+05	1,13E-03	1,82E+05	5,49E-04	5,69E+05	3,81E-03
6		1,66E+04	2,58E-03	6,64E+03	6,18E-04	3,32E+04	1,70E-03	2,66E+04	8,25E-04	8,30E+04	5,72E-03
7		1,21E+05	1,87E-02	4,83E+04	4,50E-03	2,42E+05	1,24E-02	1,93E+05	6,00E-03	6,04E+05	4,16E-02
8		1,15E+04	3,15E-04	4,60E+03	7,56E-05	2,30E+04	2,08E-04	1,84E+04	1,01E-04	5,75E+04	7,00E-04
9		7,13E+01	1,41E-06	2,85E+01	3,37E-07	1,42E+02	9,27E-07	1,14E+02	4,49E-07	3,56E+02	3,12E-06
10		7,69E+03	2,06E-04	3,07E+03	4,94E-05	1,53E+04	1,36E-04	1,23E+04	6,59E-05	3,84E+04	4,57E-04
11		2,04E+03	2,60E-05	8,16E+02	6,24E-06	4,08E+03	1,72E-05	3,26E+03	8,34E-06	1,02E+04	5,78E-05
12		1,55E+01	2,99E-07	6,20E+00	7,17E-08	3,10E+01	1,97E-07	2,48E+01	8,50E-07	7,75E+01	1,42E-06
13		2,38E+01	1,55E-06	9,51E+00	3,73E-07	4,75E+01	1,03E-06	3,80E+01	4,89E-06	1,19E+02	7,84E-06
14		2,74E+03	5,29E-05	1,10E+03	1,27E-05	5,49E+03	3,49E-05	4,39E+03	1,51E-04	1,37E+04	2,51E-04
15		2,46E+03	1,61E-04	9,83E+02	3,86E-05	4,92E+03	1,06E-04	3,93E+03	5,05E-04	1,23E+04	8,10E-04
16		7,31E+02	5,27E-06	2,92E+02	1,26E-06	1,46E+03	3,48E-06	1,17E+03	2,27E-06	3,65E+03	1,23E-05
17		6,58E+02	9,50E-06	2,63E+02	2,28E-06	1,32E+03	6,27E-06	1,05E+03	4,81E-06	3,29E+03	2,29E-05
18		5,41E+03	3,90E-05	2,16E+03	9,36E-06	1,08E+04	2,57E-05	8,66E+03	1,68E-05	2,70E+04	9,09E-05
19		8,37E+03	1,21E-04	3,35E+03	2,90E-05	1,67E+04	7,97E-05	1,34E+04	6,11E-05	4,19E+04	2,91E-04
20		3,65E+02	3,38E-05	1,46E+02	8,11E-06	7,29E+02	2,23E-05	5,83E+02	3,24E-07	1,82E+03	6,45E-05
21		6,04E+02	9,18E-05	2,42E+02	2,20E-05	1,21E+03	6,06E-05	9,66E+02	6,80E-07	3,02E+03	1,75E-04
22		2,86E+03	2,65E-04	1,14E+03	6,36E-05	5,72E+03	1,75E-04	4,58E+03	2,54E-06	1,43E+04	5,06E-04
23		8,35E+03	1,27E-03	3,34E+03	3,05E-04	1,67E+04	8,38E-04	1,34E+04	9,41E-06	4,18E+04	2,42E-03
24		3,43E+01	9,40E-07	1,37E+01	2,26E-07	6,84E+01	6,20E-07	5,47E+01	3,01E-07	1,71E+02	2,09E-06
25		1,56E+03	4,20E-05	6,25E+02	1,01E-05	3,12E+03	2,77E-05	2,50E+03	1,34E-05	7,81E+03	9,33E-05
26		4,82E+00	9,22E-08	1,93E+00	2,21E-08	9,64E+00	6,09E-08	7,71E+00	2,63E-07	2,41E+01	4,38E-07
27		4,70E+02	8,99E-06	1,88E+02	2,16E-06	9,40E+02	5,94E-06	7,52E+02	2,56E-05	2,35E+03	4,27E-05
28		6,21E+01	4,45E-07	2,48E+01	1,07E-07	1,24E+02	2,93E-07	9,93E+01	1,92E-07	3,10E+02	1,04E-06
29		1,25E+03	8,96E-06	5,01E+02	2,15E-06	2,50E+03	5,91E-06	2,00E+03	3,87E-06	6,26E+03	2,09E-05
30		3,79E+01	3,50E-06	1,52E+01	8,40E-07	7,58E+01	2,31E-06	6,07E+01	3,36E-08	1,90E+02	6,68E-06
31		6,44E+02	5,94E-05	2,58E+02	1,43E-05	1,29E+03	3,92E-05	1,03E+03	5,70E-07	3,22E+03	1,13E-04
32		4,40E+05	3,75E-02	1,76E+05	8,99E-03	8,76E+05	2,47E-02	7,00E+05	1,20E-02	2,19E+06	8,32E-02
Totale verwachtingswaarde per jaar										4,32E+06	1,51E-01

Tabel 8. Waardebeschermende compartimentering. Aangepaste schadebedragen en slachtofferaantallen per scenario.

Scenario	Onverwachte overstroming						Verwachte overstroming					
	Str. kans	Sch. S1	Sla. S1	Str. kans	Sch. S2	Sla. S2	Str. kans	Sch. S3	Sla. S3	Str. kans	Sch. S4	Sla. S4
		miljoen	personen		miljoen	personen		miljoen	personen		miljoen	personen
1	0,2	23,4	1,84E-07	0,08	23,4	1,11E-07	0,4	23,4	6,08E-08	0,32	23,4	3,68E-08
2	0,2	161,5	1,15E-06	0,08	161,5	6,91E-07	0,4	161,5	3,80E-07	0,32	161,5	2,30E-07
3	0,2	161,5	1,15E-06	0,08	161,5	6,91E-07	0,4	161,5	3,80E-07	0,32	161,5	2,30E-07
4	0,2	88,5	1,00E-08	0,08	88,5	6,00E-09	0,4	88,5	3,30E-09	0,32	88,5	2,00E-09
5	0,2	374,0	2,79E-05	0,08	374,0	1,68E-05	0,4	374,0	9,21E-06	0,32	374,0	5,58E-06
6	0,2	397,5	3,52E-05	0,08	397,5	2,11E-05	0,4	397,5	1,16E-05	0,32	397,5	7,03E-06
7	0,2	927,6	1,22E-04	0,08	927,6	7,34E-05	0,4	927,6	4,04E-05	0,32	927,6	2,45E-05
8	0,2	460,9	1,36E-05	0,08	460,9	8,14E-06	0,4	460,9	4,48E-06	0,32	460,9	2,71E-06
9	0,2	15,2	3,01E-07	0,08	15,2	1,80E-07	0,4	15,2	9,91E-08	0,32	15,2	6,00E-08
10	0,2	521,7	1,40E-05	0,08	521,1	8,38E-06	0,4	520,6	4,61E-06	0,32	520,4	2,79E-06
11	0,2	28,8	3,68E-07	0,08	28,8	2,21E-07	0,4	28,8	1,21E-07	0,32	28,8	7,36E-08
12	0,2	622,4	1,39E-05	0,08	622,4	8,34E-06	0,4	622,4	4,59E-06	0,32	622,4	2,78E-06
13	0,2	176,7	6,44E-07	0,08	176,7	3,86E-07	0,4	176,7	2,12E-07	0,32	176,7	1,29E-07
14	0,2	622,4	1,39E-05	0,08	622,4	8,34E-06	0,4	622,4	4,59E-06	0,32	622,4	2,78E-06
15	0,2	176,7	6,44E-07	0,08	176,7	3,86E-07	0,4	176,7	2,12E-07	0,32	176,7	1,29E-07
16	0,2	549,4	1,36E-05	0,08	549,4	8,14E-06	0,4	549,4	4,48E-06	0,32	549,4	2,71E-06
17	0,2	103,7	3,11E-07	0,08	103,7	1,86E-07	0,4	103,7	1,02E-07	0,32	103,7	6,20E-08
18	0,2	832,2	4,14E-05	0,08	832,2	2,48E-05	0,4	832,2	1,37E-05	0,32	832,2	8,27E-06
19	0,2	379,4	2,81E-05	0,08	379,4	1,69E-05	0,4	379,4	9,28E-06	0,32	379,4	5,62E-06
20	0,2	785,1	4,74E-05	0,08	785,1	2,84E-05	0,4	785,1	1,56E-05	0,32	785,1	9,47E-06
21	0,2	402,8	3,54E-05	0,08	402,8	2,12E-05	0,4	402,8	1,17E-05	0,32	402,8	7,07E-06
22	0,2	1074,8	1,29E-04	0,08	1074,8	7,71E-05	0,4	1074,8	4,24E-05	0,32	1074,8	2,57E-05
23	0,2	933,0	1,23E-04	0,08	933,0	7,35E-05	0,4	933,0	4,04E-05	0,32	933,0	2,45E-05
24	0,2	466,2	1,37E-05	0,08	466,2	8,25E-06	0,4	466,2	4,54E-06	0,32	466,2	2,75E-06
25	0,2	527,0	1,42E-05	0,08	526,3	8,49E-06	0,4	525,9	4,67E-06	0,32	525,7	2,83E-06
26	0,2	627,7	1,49E-05	0,08	627,7	8,94E-06	0,4	627,7	4,92E-06	0,32	627,7	2,98E-06
27	0,2	627,7	1,49E-05	0,08	627,7	8,94E-06	0,4	627,7	4,92E-06	0,32	627,7	2,98E-06
28	0,2	554,7	1,38E-05	0,08	554,7	8,25E-06	0,4	554,7	4,54E-06	0,32	554,7	2,75E-06
29	0,2	837,5	4,16E-05	0,08	837,5	2,49E-05	0,4	837,5	1,37E-05	0,32	837,5	8,31E-06
30	0,2	790,4	4,75E-05	0,08	790,4	2,85E-05	0,4	790,4	1,57E-05	0,32	790,4	9,51E-06
31	0,2	1080,1	1,29E-04	0,08	1080,1	7,72E-05	0,4	1080,1	4,25E-05	0,32	1080,1	2,57E-05
32	0,2	1321,4	1,43E-04	0,08	1321,4	8,55E-05	0,4	1321,4	4,70E-05	0,32	1321,4	2,85E-05

Tabel 9. Waardebeschermende compartimentering. Verwachtingswaarde voor de economische schade en het aantal slachtoffers per jaar.

Scenario	Scenario kans	Onverwachte overstroming				Verwachte overstroming				Som	
		Strategie 1		Strategie 2		Strategie 3		Strategie 4		schade	slachtof
		schade	slachtof	schade	slachtof	schade	slachtof	schade	slachtof		
		€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j	€/j	pers/j
1		3,16E+04	2,49E-04	1,26E+04	5,98E-05	6,32E+04	1,64E-04	5,06E+04	7,95E-05	1,58E+05	5,52E-04
2		1,71E+02	1,22E-06	6,83E+01	2,92E-07	3,41E+02	8,04E-07	2,73E+02	3,90E-07	8,54E+02	2,70E-06
3		5,98E+04	4,27E-04	2,39E+04	1,02E-04	1,20E+05	2,82E-04	9,58E+04	1,37E-04	2,99E+05	9,48E-04
4		7,93E+03	8,96E-07	3,17E+03	2,15E-07	1,59E+04	5,91E-07	1,27E+04	2,87E-07	3,96E+04	1,99E-06
5		1,47E+05	1,10E-02	5,90E+04	2,64E-03	2,95E+05	7,27E-03	2,36E+05	3,52E-03	7,37E+05	2,44E-02
6		9,03E+03	7,99E-04	3,61E+03	1,92E-04	1,81E+04	5,27E-04	1,44E+04	2,56E-04	4,51E+04	1,77E-03
7		1,53E+05	2,02E-02	6,13E+04	4,85E-03	3,07E+05	1,33E-02	2,45E+05	6,47E-03	7,67E+05	4,49E-02
8		1,04E+04	3,07E-04	4,18E+03	7,38E-05	2,09E+04	2,03E-04	1,67E+04	9,84E-05	5,22E+04	6,83E-04
9		7,13E+01	1,41E-06	2,85E+01	3,37E-07	1,42E+02	9,27E-07	1,14E+02	4,49E-07	3,56E+02	3,12E-06
10		7,69E+03	2,06E-04	3,07E+03	4,94E-05	1,53E+04	1,36E-04	1,23E+04	6,59E-05	3,84E+04	4,57E-04
11		2,04E+03	2,60E-05	8,16E+02	6,24E-06	4,08E+03	1,72E-05	3,26E+03	8,34E-06	1,02E+04	5,78E-05
12		1,44E+01	3,22E-07	5,76E+00	7,72E-08	2,88E+01	2,12E-07	2,30E+01	1,03E-07	7,20E+01	7,14E-07
13		2,38E+01	8,66E-08	9,51E+00	2,08E-08	4,76E+01	5,71E-08	3,80E+01	2,77E-08	1,19E+02	1,92E-07
14		2,55E+03	5,70E-05	1,02E+03	1,37E-05	5,10E+03	3,76E-05	4,08E+03	1,82E-05	1,28E+04	1,27E-04
15		2,46E+03	8,95E-06	9,83E+02	2,15E-06	4,92E+03	5,91E-06	3,93E+03	2,86E-06	1,23E+04	1,99E-05
16		5,04E+02	1,25E-05	2,02E+02	2,99E-06	1,01E+03	8,22E-06	8,07E+02	3,99E-06	2,52E+03	2,77E-05
17		2,25E+02	6,73E-07	9,00E+01	1,61E-07	4,50E+02	4,44E-07	3,60E+02	2,15E-07	1,12E+03	1,49E-06
18		5,65E+03	2,81E-04	2,26E+03	6,74E-05	1,13E+04	1,85E-04	9,04E+03	8,99E-05	2,83E+04	6,24E-04
19		1,05E+04	7,75E-04	4,18E+03	1,86E-04	2,09E+04	5,12E-04	1,67E+04	2,48E-04	5,23E+04	1,72E-03
20		2,31E+02	1,39E-05	9,24E+01	3,34E-06	4,62E+02	9,19E-06	3,70E+02	4,46E-06	1,15E+03	3,09E-05
21		3,26E+02	2,86E-05	1,30E+02	6,87E-06	6,52E+02	1,89E-05	5,22E+02	9,15E-06	1,63E+03	6,35E-05
22		2,48E+03	2,97E-04	9,92E+02	7,12E-05	4,96E+03	1,96E-04	3,97E+03	9,49E-05	1,24E+04	6,59E-04
23		1,04E+04	1,37E-03	4,18E+03	3,29E-04	2,09E+04	9,05E-04	1,67E+04	4,39E-04	5,22E+04	3,04E-03
24		3,11E+01	9,17E-07	1,24E+01	2,20E-07	6,22E+01	6,05E-07	4,98E+01	2,93E-07	1,56E+02	2,04E-06
25		1,56E+03	4,20E-05	6,25E+02	1,01E-05	3,12E+03	2,77E-05	2,50E+03	1,34E-05	7,81E+03	9,33E-05
26		4,48E+00	1,06E-07	1,79E+00	2,55E-08	8,97E+00	7,02E-08	7,17E+00	3,41E-08	2,24E+01	2,36E-07
27		4,37E+02	1,04E-05	1,75E+02	2,49E-06	8,74E+02	6,85E-06	7,00E+02	3,32E-06	2,19E+03	2,30E-05
28		4,30E+01	1,07E-06	1,72E+01	2,56E-07	8,59E+01	7,03E-07	6,87E+01	3,41E-07	2,15E+02	2,36E-06
29		1,31E+03	6,48E-05	5,23E+02	1,56E-05	2,61E+03	4,28E-05	2,09E+03	2,07E-05	6,53E+03	1,44E-04
30		2,41E+01	1,45E-06	9,63E+00	3,48E-07	4,82E+01	9,56E-07	3,85E+01	4,63E-07	1,20E+02	3,22E-06
31		5,59E+02	6,66E-05	2,24E+02	1,60E-05	1,12E+03	4,40E-05	8,94E+02	2,13E-05	2,79E+03	1,48E-04
32		3,41E+05	3,68E-02	1,37E+05	8,84E-03	6,83E+05	2,43E-02	5,46E+05	1,18E-02	1,71E+06	8,17E-02

Bijlage 8. Aangepaste schade- en slachtoffergrids per breslocatie ter uitwerking van compartimentering.

1. Partiële compartimentering, aangepaste schade- en slachtoffergrids.

1.1. Enkelvoudige doorbraken

Breslocatie	buitenwaterstand	Deel Schade- en slachtoffergrid
Oudleusen	tp-1d	Orgineel grid, geen bewerkingen.
	tp	Orgineel grid, geen bewerkingen.
	tp+1d	Orgineel grid, geen bewerkingen.
Dalfsen	tp-1d	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.
	tp	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.
	tp+1d	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.
Na Dalfsen	tp-1d	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.
	tp	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.
	tp+1d	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.
Hessenpoort	tp	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.
	tp+1d	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.
	tp+2d	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.
Bomhofspas	tp	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.
	tp+1d	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.
	tp+2d	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.
Hasselt	tp-1d	Orgineel grid, geen bewerkingen.
	tp	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.
	tp+1d	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.

Breslocatie	buitenwaterstand	Deel Schade- en slachtoffergrid
Veldiger	tp-1d	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.
	tp	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.
	tp+1d	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.
Zwartsluis	tp-1d	Orgineel grid, geen bewerkingen.
	tp	Orgineel grid, geen bewerkingen.
	tp+1d	Orgineel grid, geen bewerkingen.
Zwarte Meer	tp-1d	Orgineel grid, geen bewerkingen.
	tp	Orgineel grid, geen bewerkingen.
	tp+1d	Orgineel grid, geen bewerkingen.

1.2. Meervoudige doorbraken

Breslocatie 1	Breslocatie 2	Schadegrid 1	Schadegrid 2
Oudleusen	Zwartsluis	Orgineel grid, geen bewerkingen.	Orgineel grid Zwartsluis
Oudleusen	Zwarte Meer	Orgineel grid, geen bewerkingen.	Orgineel grid Zwarte Meer
Dalfsen	Zwartsluis	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.	Orgineel grid Zwartsluis
Dalfsen	Zwarte Meer	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.	Orgineel grid Zwarte Meer
Na Dalfsen	Zwartsluis	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.	Orgineel grid Zwartsluis
Na Dalfsen	Zwarte Meer	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.	Orgineel grid Zwarte Meer
Hessenpoort	Zwartsluis	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.	Orgineel grid Zwartsluis
Hessenpoort	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.	Orgineel grid Zwarte Meer
Bomhofsplas	Zwartsluis	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.	Orgineel grid Zwartsluis
Bomhofsplas	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.	Orgineel grid Zwarte Meer
Hasselt	Zwartsluis	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.	Orgineel grid Zwartsluis

Kenmerk R001-0220503LKK-kzo-V01-NL

Breslocatie 1	Breslocatie 2	Schadegrid 1	Schadegrid 2
Hasselt	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.	Orgineel grid Zwarte Meer
Veldiger	Zwartsluis	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.	Orgineel grid Zwartsluis
Veldiger	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.	Orgineel grid Zwarte Meer
Zwartsluis	Zwarte Meer	Orgineel grid Zwartsluis	Orgineel grid Zwarte Meer

Breslocatie 1	Breslocatie 2	Breslocatie 3	Schadegrid 1	Schadegrid 2	Breslocatie 3
Oudleusen	Zwartsluis	Zwarte Meer	Orgineel grid	Orgineel grid	Orgineel grid
Dalfsen	Zwartsluis	Zwarte Meer	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.	Orgineel grid	Orgineel grid
Na Dalfsen	Zwartsluis	Zwarte Meer	Deel maximaal grid ten zuiden van de N340.	Orgineel grid	Orgineel grid
Hessenpoort	Zwartsluis	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.	Orgineel grid	Orgineel grid
Bomhofspas	Zwartsluis	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N340 en de N377/Dedemsvaart.	Orgineel grid	Orgineel grid
Hasselt	Zwartsluis	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.	Orgineel grid	Orgineel grid
Veldiger	Zwartsluis	Zwarte Meer	Deel maximaal grid tussen de N377/Dedemsvaart en de N334/N375.	Orgineel grid	Orgineel grid
Maximaal	Orgineel grid, geen bewerkingen.				

2. Waardebeschermende compartimentering, aangepaste schade- en slachtoffergrids.

2.1 Enkelvoudige doorbraken

Breslocatie	Buitenwaterstand	Waarde voor de economische waarde en het aantal slachtoffers.
Oudleusen	tp-1d	Originele waarde.
	tp	Originele waarde.
	tp+1d	Originele waarde.
Dalfsen	tp-1d	Waarde compartiment ten zuiden van de N340.
	tp	Waarde compartiment ten zuiden van de N340.
	tp+1d	Waarde compartiment ten zuiden van de N340.
Na Dalfsen	tp-1d	Waarde compartiment ten zuiden van de N340.
	tp	Waarde compartiment ten zuiden van de N340.
	tp+1d	Waarde compartiment ten zuiden van de N340.
Hessenpoort	tp	Waardebeschermende kering Hessenpoort voorkomt verdere overstroming. Alleen Hessenpoort loopt onder.
	tp+1d	Waardebeschermende kering Hessenpoort voorkomt verdere overstroming. Alleen Hessenpoort loopt onder.
	tp+2d	Waardebeschermende kering Hessenpoort voorkomt verdere overstroming. Alleen Hessenpoort loopt onder.
Bomhofspas	tp	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort en Hasselt
	tp+1d	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort en Hasselt
	tp+2d	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort en Hasselt
Hasselt	tp-1d	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Meppel en Zwartsluis.
	tp	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Meppel en Zwartsluis.
	tp+1d	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Meppel en Zwartsluis.
Veldiger	tp-1d	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Meppel en Zwartsluis.
	tp	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Meppel en Zwartsluis.

Breslocatie	Buitenwaterstand	Waarde voor de economische waarde en het aantal slachtoffers.
	tp+1d	Originele waarde min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Meppel en Zwartsluis.
Zwartsluis	tp-1d	Originele waarde min compartiment Zwartsluis.
	tp	Originele waarde min compartiment Zwartsluis.
	tp+1d	Originele waarde min compartiment Zwartsluis.
Zwarte Meer	tp-1d	Originele waarde.
	tp	Originele waarde.
	tp+1d	Originele waarde.

2.2 Meervoudige doorbraken

Breslocatie 1	Breslocatie 2	Waarde voor de economische waarde en het aantal slachtoffers.
Oudleusen	Zwartsluis	Originele waarde.
Oudleusen	Zwarte Meer	Originele waarde.
Dalfsen	Zwartsluis	Originele waarde Zwartsluis + waarde compartiment ten zuiden van de N340.
Dalfsen	Zwarte Meer	Originele waarde Zwarte Meer + waarde compartiment ten zuiden van de N340.
Na Dalfsen	Zwartsluis	Originele waarde Zwartsluis + waarde compartiment ten zuiden van de N340.
Na Dalfsen	Zwarte Meer	Originele waarde Zwarte Meer + waarde compartiment ten zuiden van de N340.
Hessenpoort	Zwartsluis	Originele waarde Zwartsluis min compartiment Zwartsluis + waarde compartiment Hessenpoort.
Hessenpoort	Zwarte Meer	Originele waarde Zwarte Meer + waarde compartiment Hessenpoort.
Bomhofsplas	Zwartsluis	Originele waarden Zwartsluis en Bomhofsplas min compartimenten Zwartsluis, Hessenpoort en Hasselt.
Bomhofsplas	Zwarte Meer	Originele waarde Zwarte Meer en Bomhofsplas min compartimenten Zwartsluis, Hessenpoort en Hasselt.
Hasselt	Zwartsluis	Originele waarden Zwartsluis en Hasselt min compartimenten Zwartsluis, Hessenpoort en Hasselt.
Hasselt	Zwarte Meer	Originele waarden Zwarte Meer en Hasselt min compartimenten Zwartsluis, Hessenpoort en Hasselt.

Breslocatie 1	Breslocatie 2	Waarde voor de economische waarde en het aantal slachtoffers.
Veldiger	Zwartsluis	Originele waarden Zwartsluis en Veldiger min compartimenten Zwartsluis, Hessenpoort en Hasselt.
Veldiger	Zwarte Meer	Originele waarden Zwarte Meer en Veldiger min compartimenten Zwartsluis, Hessenpoort en Hasselt.
Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde – Compartiment Zwartsluis

Breslocatie 1	Breslocatie 2	Breslocatie 3	Waarde voor de economische waarde en het aantal slachtoffers.
Oudleusen	Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde.
Dalfsen	Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde Zwartsluis en Zwarte Meer plus compartiment ten zuiden van de N340.
Na Dalfsen	Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde Zwartsluis en Zwarte Meer plus compartiment ten zuiden van de N340.
Hessenpoort	Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde Zwartsluis en Zwarte Meer plus compartiment Hessenpoort.
Bomhofsplas	Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde Bomhofsplas, Zwartsluis en Zwarte Meer min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Zwartsluis.
Hasselt	Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde Hasselt, Zwartsluis en Zwarte Meer min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Zwartsluis en Meppel.
Veldiger	Zwartsluis	Zwarte Meer	Originele waarde Veldiger, Zwartsluis en Zwarte Meer min compartimenten Hessenpoort, Hasselt en Zwartsluis en Meppel.
Maximaal			Originele waarde maximaal min compartimenten Zwartsluis, Hasselt, Meppel en Hessenpoort

Bijlage 9. Correctie indirecte schade

Als in HIS SSM v2.5 van de standaard methode wordt afgeweken veranderd ook de wegingset. In de standaard wegingset wordt een factor van 0,25 aangehouden voor de indirecte schade (bijlage 6). In HIS SSM versie 2.5 is het niet mogelijk om een eigen wegingset aan een berekening te koppelen (bijlage 6). Door deze fout zijn de uitgevoerde schadebedragen tussen de 10% en 20% te groot.

De correctiefactoren die worden bepaald in deze bijlage zijn alleen van toepassing op de resultaten voor het wetproof maken van bebouwing (paragraaf 4.5) en waterrobuust maken van vitale infrastructuur (paragraaf 4.7). Bij de andere 2 maatregelen waarin is gesleuteld aan HIS SSM is dit niet van toepassing. Het dryproof maken van bebouwing is uitgevoerd met de experimentele HIS SSM versie van Deltares waarin de wegingset wel kon worden aangepast. Voor evacuatie is de wegingset niet van invloed.

De uitvoer van HIS SSM kan echter wel met Excel gecorrigeerd worden door de schadebedragen uit de HIS SSM rapportage in te voeren en de indirecte schade posten te vermenigvuldigen met 0,25. Deze gegevens kunnen echter niet opnieuw worden ingevoerd in de VNK risicotool. Daarom is er voor gekozen om de afwijking te bepalen en deze te vermenigvuldigen met de uitgevoerde verwachtingswaarde voor de economische schade uit de VNK risicotool.

1. Werkwijze

Om de afwijking te bepalen, is de uitvoer van 3 verschillende scenario's genomen: een scenario met grote gevolgen (het maximale scenario), een scenario met gemiddelde gevolgen (Hasselt tp) en een scenario met kleine gevolgen (Zwarte Meer tp). Voor deze scenario's is de uitvoer voor de indirecte schade vermenigvuldigd met 0,25. Vervolgens kan door de gecorrigeerde uitvoer te delen, door de 'foute' uitvoer de afwijking worden bepaald. Deze afwijking kan vervolgens als correctiefactor worden beschouwd waarmee de verwachtingswaarde voor de economische schade verminderd kan worden. De uitvoer uit de VNK risicotool wordt vermenigvuldigd met de minimale en de maximale afwijking (de correctiefactor), zodat de juiste waarde daar ergens tussenin zal liggen.

2. Afwijking wetproof maken van bebouwing.

De afwijking voor het wetproof maken van bebouwing dient dubbel bepaald te worden omdat de schade voor strategie 1&2 verschilt van strategie 3&4 (paragraaf 4.6). De minimale is 13,4%, de maximale afwijking is 20,5 % (tabel 1). Als de minimale correctiefactor wordt - 13% genomen, als maximale correctiefactor - 20%.

		Oorspronkelijke 'foute' uitvoer		Uitvoer aangepaste wegingset		Verschil	
		Strat. 1&2	Strat. 3&4	Strat. 1&2	Strat. 3&4	S 1&2	S 3&4
Maximaal scenario	Maximale overstrooming	€ 1633869492	€ 1460420175	€1 380414528	€ 1206965211	15,5%	17,4%
Gemiddeld scenario	Hasselt tp	€ 458273354	€ 399767416	€ 376416133	€ 317910195	17,9%	20,4%
Minimaal scenario	Zwarte Meer tp	€ 12170990	€ 11603289	€ 10600917	€ 10033216	13,9%	13,4%

Tabel 1. Bepaling afwijking wetproof maken van bebouwing.

3. Afwijking waterrobuuste vitale infrastructuur.

De minimale afwijking voor waterrobuuste infrastructuur is 11,8% (tabel 2). De maximale afwijking is 14,6%. Daarom wordt als correctiefactor voor de minimale waarde - 12% genomen, voor de maximale correctiefactor wordt - 15% genomen.

		Oorspronkelijke 'foute' uitvoer	Uitvoer aangepaste wegingset	Verschil
Maximaal scenario	Maximale overstrooming	€ 1937434522	€ 1684252116	13,1 %
Gemiddeld scenario	Hasselt tp	€ 13270079	€ 11700497,75	14,6 %
Minimaal scenario	Zwarte Meer tp	€ 559470922	€477694324	11,8 %

Tabel 2. Bepaling afwijking waterrobuust maken van vitale infrastructuur.

4. Controle

Ter controle is ook een uitvoer gemaakt zonder dat de standaardmethode in HIS SSM is aangepast. De afwijking in deze uitvoer is ongeveer gelijk (tabel 3) als die in de uitvoer voor het wetproof maken van bebouwing en die van waterrobuuste vitale infrastructuur. Deze ligt voor de 3 scenario's tussen de 10% en 20% hoger dan de uitvoer met de juiste wegingset.

		Oorspronkelijke uitvoer	Uitvoer met foute wegingset	Vershil
Maximaal scenario	Maximale overstroming	€ 1703247148	€ 1956702113	+ 14,9%
Gemiddeld scenario	Hasselt tp	€ 11771332	€ 13341405	+17%
Minimaal scenario	Zwarte Meer tp	€ 482586566	€ 564443789	+ 13,3%

Tabel 3. Controle afwijking.

Bijlage 10. SIC Codes

Voor de beschrijving van de onderstaande SIC codes is gebruik gemaakt van de officiële lijst van de Amerikaanse overheid [Ref.35]. Omdat er geen Nederlandse vertaling bestaat, zijn de onderstaande beschrijvingen een eigen vertaling. SIC codes 4000 t/m 4800 vallen binnen de schaderelatie Transport&communicatie [Ref.12]. SIC codes 4900 vallen binnen de schaderelatie Nutsbedrijven. De SIC codes met beschrijving worden weergegeven in tabellen 1 en 2.

SIC Code	Beschrijving
4011	Spoorwegmaatschappijen - operatie
4013	Spoorwegmaatschappijen – terminals en rangeren
4100	Binnenstedelijke transportsystemen
4210	Wegtransportdiensten en koeriersdiensten
4213	Langeafstandswegtransport
4220	Opslag en distributie
4231	Wegtransport overslag
4400	Vrachtscheepvaart
4412	Onderzees transport van goederen
4512	Vliegmaatschappijen – lijnvluchten
4513	Vliegmaatschappijen – vrachtvervoer
4522	Vliegmaatschappijen – chartervluchten
4581	Luchthavendiensten
4610	Pijpleidingen
4700	Transportdiensten
4731	Logistieke planning
4812	Radiocommunicatie
4813	Telefoon
4822	Telegraaf en overige communicatiesystemen
4832	Radiostations
4833	TV stations
4841	Kabel TV

Tabel 1. SIC codes voor de schaderelatie Transport&Communicatie met hun beschrijving.

SIC Code	Beschrijving
4911	Elektriciteitsbedrijven
4922	Levering van aardgas
4923	Levering en distributie van aardgas
4924	Distributie van aardgas
4931	Elektra overig
4932	Aardgas overig
4941	Levering van drinkwater
4950	Sanitaire diensten
4953	Afvalverwerking
4955	Verwerking van gevaarlijk afval
4991	Levering van energie door private partijen

Tabel 2. SIC codes voor de schaderelatie Nutsbedrijven met hun beschrijving.