



Compartimenteringstudie
casestudie Land van Heusden /
De Maaskant



Deltares
Enabling Delta Life



Compartimenteringstudie

Casestudie Land van Heusden / De Maaskant

Colofon

Uitgeven door:	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Auteurs:	H. van der Most (Deltares)
Datum:	Maart 2008
Realisatie:	Deltares rapportnummer T2513.36
Begeleiding:	Projectteam casestudie Land van Heusden / De Maaskant, samenstelling zie bijlage A
Foto omslag	Karel Tomei



Inhoud

1	Inleiding.....	1
1.1	Aanleiding en kader	1
1.2	Compartimenteren van dijkringen.....	1
1.3	Rol van casestudie dijkkring 36 binnen landelijke studie.....	3
1.4	Proces en organisatie van Casestudie dijkkring 36	4
1.5	Opzet van rapportage	4
2	Beheersing van het overstromingsrisico binnen de dijkkring.....	7
2.1	Beknopte beschrijving van de dijkkring	7
2.2	Gevolgen van overstromingen in de huidige situatie	9
2.3	Beheersing van overstromingsrisico in het verleden.....	15
2.4	Recente studies en plannen	16
3	Opzet en uitgangspunten van casestudie dijkkring 36.....	19
3.1	Doel en afbakening van casestudie dijkkring 36.....	19
3.2	Uitgangspunten bij ontwikkeling van tracés	19
3.3	Uitgangspunten bij beoordeling effectiviteit en rentabiliteit	21
3.3.1	Uitgangspunten voor waterstaatkundige analyse	21
3.3.2	Uitgangspunten voor de kosten-batenanalyse	23
3.3.3	Belangrijkste verschillen met uitgangspunten van RBSO-studie	23
4	Verkenning van inpasbaarheid van tracés.....	25
4.1	Inleiding.....	25
4.2	RBSO-tracé.....	27
4.3	Tracé Parallel-oost.....	28
4.4	Tracé Parallel-west.....	30
4.5	Tracé Hertogswetering Oost.....	31
4.6	Tracé Hertogswetering West.....	32
5	Verkenning van effectiviteit van tracés	35
5.1	Inleiding.....	35
5.2	RBSO-tracé.....	36
5.3	Tracé Hertogswetering-Oost	38
5.4	Tracé Hertogswetering-West.....	41
5.5	Tracé Parallel-Oost.....	42
5.6	Tracé Parallel-West	44
5.7	Vergelijking tussen verschillende tracés	46

5.8	Gevolgen doorbraak benedenstrooms Gewande	47
5.9	Baten van alternatieve tracés: de vermeden schaden.....	48
6	Vergelijking van alternatieve tracés	51
6.1	Inleiding	51
6.2	Globale kosten-batenanalyse van tracés	51
6.3	Bijdrage aan gevolgbeperking.....	54
6.4	Inpassing binnen regionale ontwikkeling	54
6.5	Robuustheid van een kering	55
7	Conclusies en aanbevelingen	57
7.1	Samenvatting van belangrijkste uitgangspunten en bevindingen	57
7.2	Aanbevelingen voor landelijke compartimenteringstudie.....	59
Appendices		
A	Organisatie van Casestudie dijkkring 36	61

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en kader

In het laaggelegen Nederland is een overstroming nooit uit te sluiten. De dijken zijn stevig en hoog, maar het kán toch een keer misgaan. Het kabinet vindt het noodzakelijk dat Nederland daarop goed is voorbereid omdat de gevolgen zeer ernstig kunnen zijn. Uit voorzorg wil het kabinet maatregelen gaan treffen om schade en slachtoffers bij een overstromingsramp te beperken. De aanleg van compartimenteringsdijken kan daaraan bijdragen. Als het dan onverhoopt toch tot een overstroming komt, blijft deze tot een kleiner gebied beperkt.

In het kader van het Kabinetsstandpunt Rampenbeheersing heeft het kabinet besloten de Compartimenteringstudie uit te laten voeren. De Compartimenteringstudie is een studie naar de effectiviteit van compartimenteren. Uit de studie moet blijken op welke plaatsen en onder welke omstandigheden compartimenteringsdijken een effectief middel kunnen zijn om de gevolgen van een overstroming te beperken. De studie moet een landelijk beeld opleveren van de toepasbaarheid van compartimenteren. De Compartimenteringstudie besteedt in het bijzonder aandacht aan de bescherming van kwetsbare gebieden en vitale infrastructuur.

Voor vijf gebieden worden de voor- en nadelen meer in detail onderzocht:

- het gebied ten oosten van 's-Hertogenbosch;
- de zone langs het Amsterdam-Rijnkanaal in de Betuwe;
- het grensgebied van Gelderland en Duitsland;
- de dijkring Centraal Holland; en
- het gebied van Zuidelijk Flevoland

In het project Waterveiligheid 21e eeuw (WV21) onderzoeken Rijk, provincies en waterschappen alle schakels van de veiligheidsketen in samenhang, om een goedonderbouwde keuze te kunnen maken uit mogelijke typen maatregelen om het overstromingsrisico beter te beheersen. De studie naar compartimenteren is een onderdeel van deze verkenning. De uitkomsten van de Compartimenteringstudie zullen worden benut bij het opstellen van de beleidsnota Waterveiligheid. Het kabinet zal eind 2008 in de beleidsnota Waterveiligheid naar verwachting aangeven welke rol compartimenteren zal spelen in het nieuwe waterveiligheidsbeleid. Daarvoor is nodig dat een afweging wordt gemaakt met andere typen maatregelen om het overstromingsrisico beter te beheersen, zoals normverhoging voor de primaire waterkeringen langs de Maas. Zo'n afweging viel buiten de reikwijdte van de onderhavige studie.

1.2 Compartimenteren van dijkringen

Een groot deel van Nederland ligt in de buurt van grote rivieren, grote meren of de zee. Dijken, dammen, duinen en kunstwerken langs die grote wateren (de zogeheten primaire waterkeringen) beschermen het land tegen overstromingen. In totaal zijn zo bijna honderd 'dijkringen' ontstaan, gebieden die geheel door primaire waterkeringen of hoge gronden zijn omringd. De afmetingen van deze dijkringen lopen sterk uiteen van enkele km² tot enkele duizenden km².

Een dijkkring *compartimenteren* betekent dat de dijkkring in kleinere deelgebieden (compartimenten) verdeeld wordt door tussendijken. De tussendijken of compartimenteringsdijken liggen op het land, ze grenzen niet direct aan de grote wateren. Compartimenteringsdijken vormen in wezen barrières in een dijkkring. Ze remmen de waterstroming af en voorkomen dat de overstroming zich snel uitbreidt naar de gehele dijkkring. Compartimenteringsdijken zijn te vergelijken met brandmuren in een gebouw. Compartimenteren kan eraan bijdragen dat het aantal slachtoffers en de schade bij een overstromingsramp beperkt blijft.

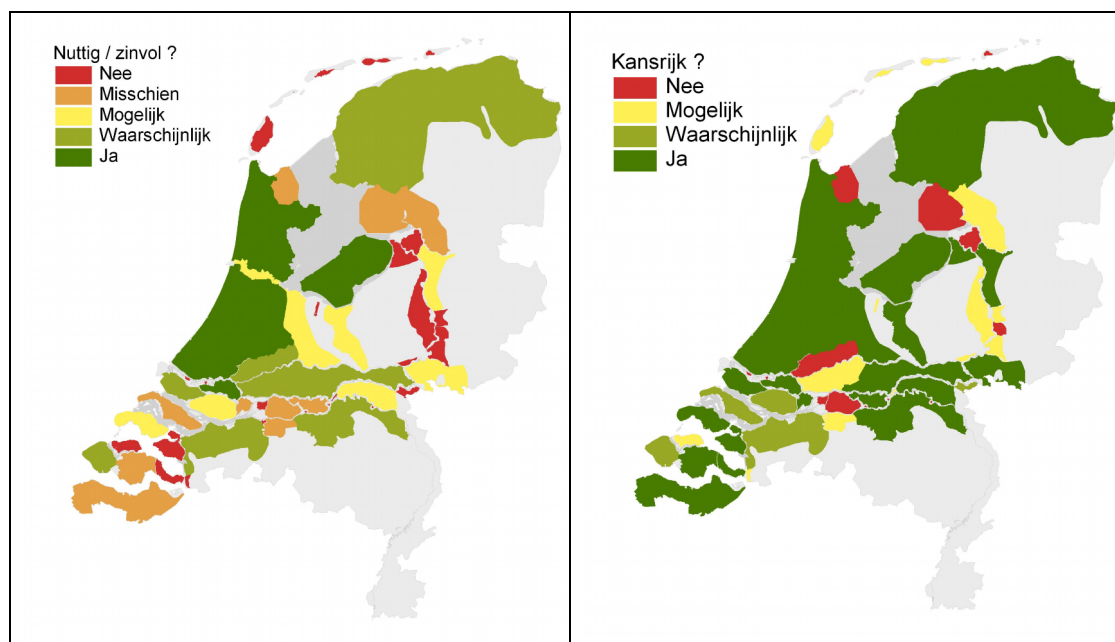
De kans op een doorbraak van de primaire waterkeringen verandert niet door compartimentering. Primaire waterkeringen moeten immers blijven voldoen aan de normen uit de wet. Maar als er toch een overstroming optreedt, zijn de gevolgen kleiner. Die gevolgen verschillen overigens van plaats tot plaats binnen een dijkkring. Door compartimenteringsdijken zullen sommige delen van een dijkkring langer watervrij blijven of blijven zelfs volledig gevrijwaard van overstromingen. 'Bovenstreams' van een compartimenteringskering zullen de overstromingsdiepten vaak in meer of mindere mate toenemen ten opzichte van de situatie zonder kering.

Compartimenteren is geen nieuwe maatregel. Al in de middeleeuwen bouwden Nederlanders dijkjes dwars op de rivieren. Daarmee stuurden zij het water bij een overstroming om hun dorp heen. Ook dat was een vorm van compartimenteren. Bekende voorbeelden zijn de Diefdijk op de grens van Zuid-Holland en Gelderland (zeventiende eeuw) en de Querdamm op de grens van Nederland en Duitsland (negentiende eeuw). Na de overstromingsramp van 1953 zijn de dijken en dammen langs de grote wateren aanzienlijk sterker gemaakt. Veel compartimenteringsdijken zijn sindsdien in onbruik gemaakt.

Verkenning van kansrijkheid van compartimenteren van dijkkringen

In de landelijke compartimenteringstudie is verkend hoe nuttig en kansrijk compartimenteren zou kunnen zijn binnen de verschillende dijkkringen van Nederland. Bij de beoordeling van het nut van compartimenteren is gekeken naar de omvang van de dijkkring, het verwachte overstromingsverloop en de mogelijk gevolgen (schade en slachtoffers) van een overstroming. De beoordeling van de kansrijkheid is gebaseerd op een aantal andere aspecten: de vorm van de dijkkring, de verdeling van het landgebruik binnen de dijkkring en de aanwezigheid van lijnstructuren binnen het gebied, waarop een compartimenteringsdijk zou kunnen aansluiten. De resultaten van deze globale verkenning zijn gepresenteerd in Figuur 1.1 en worden verder beschreven in de landelijke rapportage.

Voor de dijkkring Land van Heusden/ De Maaskant (de dijkkring rechtsonder in figuur 1.1) is in die verkenning geconcludeerd dat compartimenteren waarschijnlijk nuttig is en dat compartimenteren kansrijk is. De langgerekte vorm van de dijkkring en de ligging van de agglomeratie 's-Hertogenbosch in het diepste gedeelte van de dijkkring zijn bepalend voor deze beoordeling.



Figuur 1.1 Overzicht van nut en kansrijkheid van compartimenteren van dijkringren binnen Nederland

1.3 Rol van casestudie dijkkring 36 binnen landelijke studie

De studie Rampenbeheersingstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO) vormt de directe aanleiding voor de casestudie dijkkring 36: Land van Heusden / De Maaskant (hierna kortweg dijkkring 36 genoemd). In de RBSO-studie is, in vervolg op het eerder uitgebrachte advies van de commissie Luteijn, een aantal opties verkent om het overstromingsrisico in het rivierengebied beter te beheersen: internationale samenwerking, integrale normverhoging, noodoverloopgebieden en compartimentering. Een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch kwam in de RBSO-studie op basis van een eerste globale verkenning als kansrijk naar voren. Om die reden is er ook een casestudie dijkkring 36 opgenomen in de landelijke Compartimenteringstudie.

Het doel van de casestudie dijkkring 36 was om een diepgaande verkenning uit te voeren naar de effectiviteit en inpasbaarheid van een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch. Het inzicht in de effectiviteit geldt niet alleen het heden, maar ook de lange termijn in het licht van de verwachte effecten van klimaatverandering, ruimtelijke/economische ontwikkelingen en voorziene maatregelen op lange termijn ter voorkoming van overstromingen (ruimte voor de rivier e.d). De casestudie dijkkring 36 was erop gericht om heldere, regionaal gedragen beslisinformatie bijeen te brengen. De studie is dan ook uitgevoerd in samenspraak met de betrokken regionale instanties en met inbreng van andere belanghebbenden.

De casestudie dijkkring 36 was niet gericht op een beginselkeuze of een investeringsbeslissing over de aanleg van een compartimenteringsdijk. De casestudie levert dan ook geen gedetailleerd technisch-ruimtelijk ontwerp, of een compleet inzicht in milieueffecten of een uitgewerkte kosten-batenanalyse. Wel is de beslisinformatie voldoende ver uitgewerkt om compartimentering volwaardig te kunnen betrekken in het bredere afwegingskader van de nota Waterveiligheid, waarin ook andere fysieke (en organisatorische) maatregelen ter beheersing van overstromingsrisico's aan de orde zijn.

1.4 Proces en organisatie van Casestudie dijkkring 36

De casestudie dijkkring 36 is getrokken vanuit de provincie Noord-Brabant en is vanuit de landelijke Compartimenteringstudie begeleid door de Waterdienst van Rijkswaterstaat. Voor de begeleiding van het (regionale) onderzoek is tevens een ambtelijke begeleidingscommissie in het leven geroepen. In deze commissie waren vertegenwoordigd de provincie, een aantal gemeenten alsook het waterschap. Voor een overzicht van de samenstelling van de commissie: zie bijlage A.

Gedurende de uitvoering van de casestudie is een tweetal werkateliers georganiseerd. Het eerste werkatelier had tot doel het compartimenteringsvraagstuk te introduceren en mogelijke tracés voor zo'n kering te identificeren. In het tweede werkatelier is voor een aantal tracés in meer detail bezien hoe de eventuele aanleg ervan zou zijn in passen in de regionale ontwikkeling van het gebied (meekoppeling van functies). Aan de beide werkateliers is, in aanvulling op de leden van de begeleidingscommissie, deelgenomen door vertegenwoordigers van de Gebiedscommissie Maas en Meijerij, de Vereniging van Nederlandse Riviergemeenten, de ZLTO, de BMF en de veiligheidsregio Noordoost-Brabant.

In de opzet van de casestudie dijkkring 36 is een bewuste keuze gemaakt welke partijen actief te betrekken bij de uitvoering van de studie en welke partijen te informeren over (de uitkomsten van) de studie. Tot deze laatste groep behoren Rijkswaterstaat Noord-Brabant, Prorail, Kamer(s) van Koophandel en Brabant Water. De uitkomsten van de studie zullen eveneens worden besproken in het Bestuurlijk Overleg Noordoost-Brabant.

De feitelijke uitvoering van werkzaamheden binnen de casestudie kwam voor rekening van WL | Delft Hydraulics (per 1 januari 2008 opgegaan in het nieuwe delta-instituut Deltares), met bijdragen van Bosch-Slabbers (meekoppeling van functies en landschappelijke inpassing van een compartimenteringskering), Royal Haskoning (simulaties van overstromingspatronen) en Arcadis ('second opinion' ten aanzien van de kostenschattings).

1.5 Opzet van rapportage

In hoofdstuk 2 wordt een schets gegeven van de mogelijke gevolgen van overstromingen in het dijkkringgebied. Aansluitend wordt beschreven hoe in de afgelopen eeuwen is gewerkt aan een betere beheersing van het overstromingsrisico in het gebied. Tevens komen de recente studies en plannen met betrekking tot noodoverloopgebieden en rampenbeheersing kort aan de orde. Hoofdstuk 3 beschrijft in meer detail de opzet en uitgangspunten van de casestudie dijkkring 36. Het gaat zowel om uitgangspunten bij de ontwikkeling van alternatieve tracés als om de uitgangspunten bij het beoordelen van de effecten van compartimenteren.

Naast het RBSO-tracé is in de studie een aantal alternatieve tracés ontwikkeld. Deze tracés worden in hoofdstuk 4 geïntroduceerd. Tevens worden in dat hoofdstuk de resultaten gepresenteerd van de verkenning van de inpasbaarheid en de mogelijkheid tot meekoppeling van functies. Een waterstaatkundige analyse van de alternatieve tracés is opgenomen in hoofdstuk 5. Gepresenteerd wordt wat de effecten zijn van een bepaald tracé van de compartimenteringdijk op de waterstanden in het gebied in het geval van een overstroming.

Tevens wordt besproken in welke mate compartimenteren bijdraagt aan het verkleinen van de economische schade in het gebied in geval van een overstroming. De verschillende tracés worden vervolgens in hoofdstuk 6 vergeleken op kosten en baten, op de bijdrage aan gevolgbeperking en op de mogelijkheden van inpassing in regionale ontwikkelingen. Het rapport wordt in hoofdstuk 7 afgesloten met een samenvatting van de belangrijkste uitgangspunten en bevindingen alsook een aantal aanbevelingen voor de landelijke compartimenteringstudie.

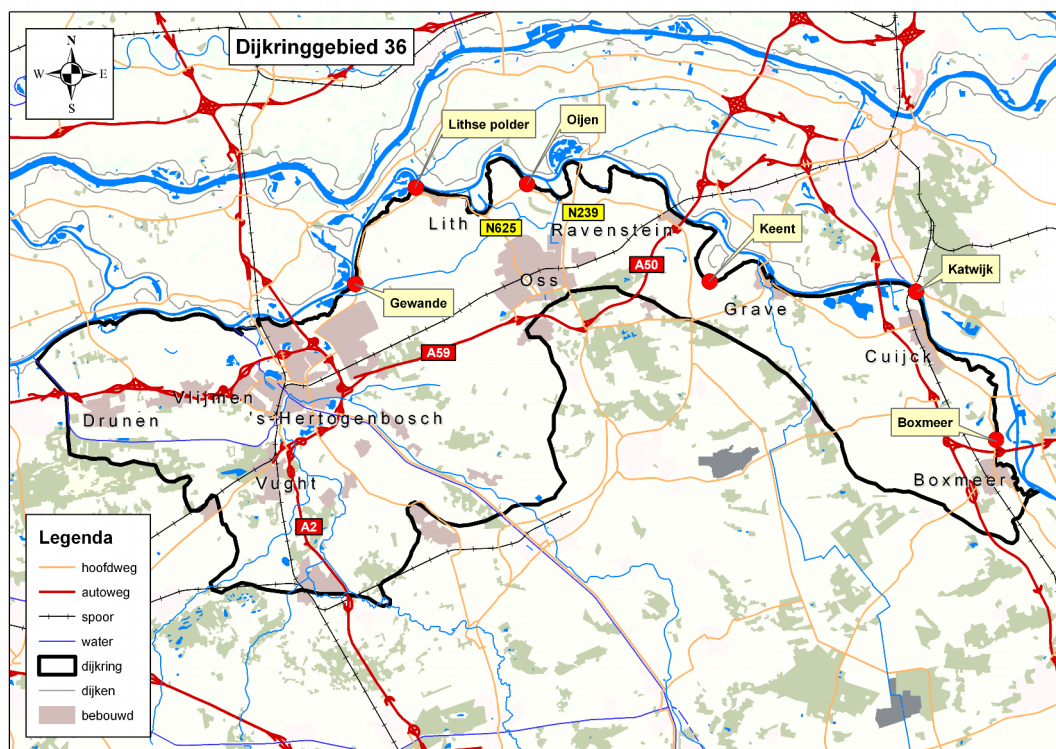
In aanvulling op de onderhavige rapportage is een deelrapportage Landschap opgesteld. Het deelrapport *Landschap* gaat in op de waterstaatkundige en landschappelijke ontwikkelingen in het gebied en verkent de inpasbaarheid van de verschillende tracés alsook de mogelijkheden van het meekoppelen met functies binnen het gebied.

2 Beheersing van het overstromingsrisico binnen de dijkkring

2.1 Beknopte beschrijving van de dijkkring

Het dijkkringgebied 36, Land van Heusden/De Maaskant wordt in het noorden begrensd door de Maas. Langs de Maas bevindt zich meer dan 100 km primaire waterkering. In het zuiden kent het gebied een natuurlijke begrenzing van de hoge gronden (Peelrug etc.). Het gebied helt in twee richtingen. Van de hoge gronden in het zuiden naar de Maas toe en in een helling van oost naar west. Bij een overstroming vanuit de Maas bovenstrooms van 's-Hertogenbosch stroomt het water richting 's-Hertogenbosch via het hellend vlak naar de lager gelegen gebieden.

In het gebied van dijkkring 36 is een aantal belangrijke snel- en spoorwegen aanwezig (zie ook figuur 2.1). Een aantal snelwegen ligt verhoogd in het gebied, te weten de A2, A50 en de A59. Voorts is er de spoorlijn 's-Hertogenbosch – Oss – Nijmegen, die grotendeels op een dijk ligt. Deze hoger gelegen lijnelementen, evenals secundaire keringen en kades in het gebied zijn van invloed op het overstromingspatroon; ze kunnen de toestroming naar lager gelegen gebieden tijdelijk vertragen.



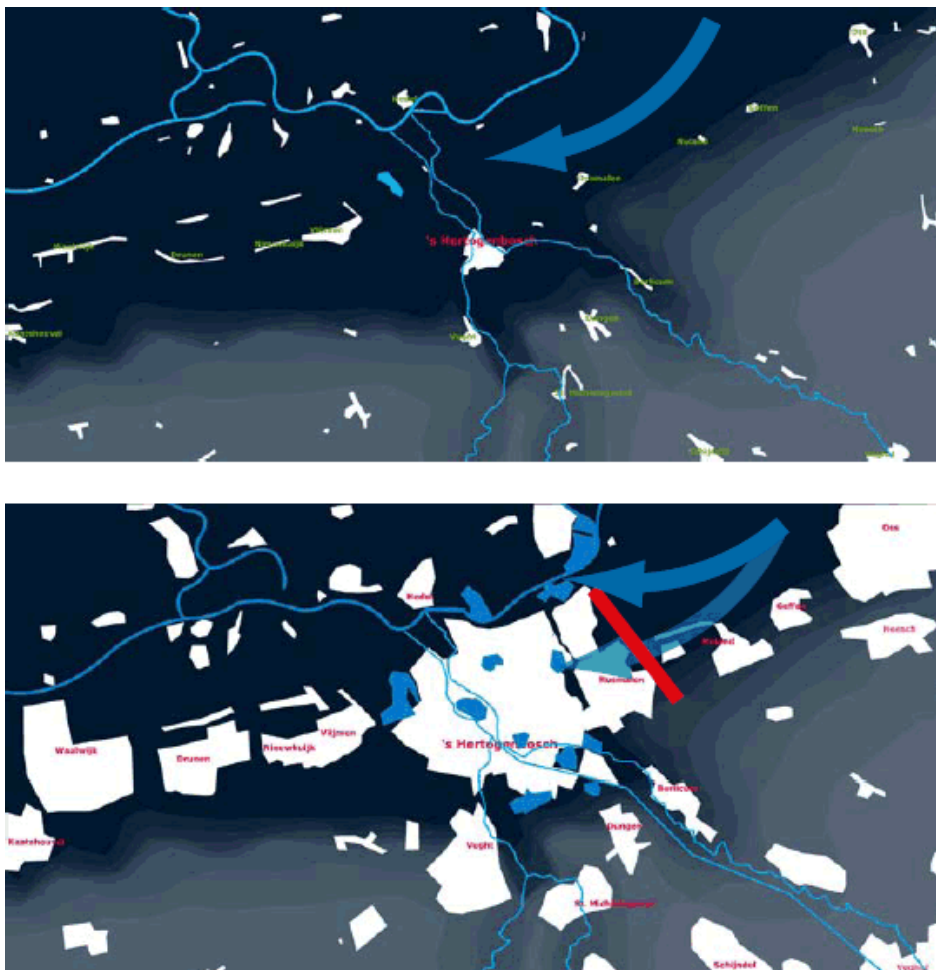
Figuur 2.1 Topografie van dijkkringgebied 36 (Land van Heusden / Maaskant)

Het gebied is te kenmerken als een landelijk gebied met een beperkt aantal grote steden en veel dorpen. Grote steden binnen het gebied zijn 's-Hertogenbosch en Oss met ca. 140.000 resp. ca. 65.000 inwoners. Het grondgebruik in dijkkring 36 omvat voornamelijk landbouw (77%) en stedelijk gebied (10%).

De meest schadegevoelige gebieden bij een overstroming zijn de plaatsen 's-Hertogenbosch (uitzondering hierop is de oude hooggelegen binnenstad) en de industrie ten noorden van Oss. De agglomeratie 's-Hertogenbosch is het meest kwetsbaar door de ligging in het diepste deel van de dijkkring waardoor het water op deze locatie 4 tot 5m hoog kan komen staan.

De kwetsbaarheid van de dijkkring is het gevolg van de stedelijke ontwikkeling van het gebied gedurende de 20^e eeuw. Die ontwikkeling is gevisualiseerd in figuur 2.2. Het bovenste kaartbeeld van 1900 toont hoe 's-Hertogenbosch en de dorpen daarom heen verspreid in het landschap lagen. Het water van de Maas kon 's-Hertogenbosch ook in geval van extreme piekbelasting betrekkelijk moeiteloos passeren. Het water zocht zich een weg over de lage gronden benoorden de stad.

Het onderste kaartbeeld toont hoe ingrijpend de situatie in 2000 is veranderd. Niet alleen de stad, maar ook de dorpen hebben een enorme groei doorlopen. 's-Hertogenbosch is uitgebreid naar het noorden, waar de stad nu tot aan de Maas reikt, en naar het oosten. Deze verstedelijking is van grote invloed op de 'afhandeling' van het Maaswater in geval van een overstroming. Het water van de Maas kan 's-Hertogenbosch in zo'n geval nauwelijks meer passeren. Het water dat zich door de laagte benoorden de Brabantse wal een weg zocht kan niet meer weg, en bedreigt daarmee de stad.



Figuur 2.2 Ontwikkeling van het studiegebied tussen 1900 (boven) en 2000 (onder)

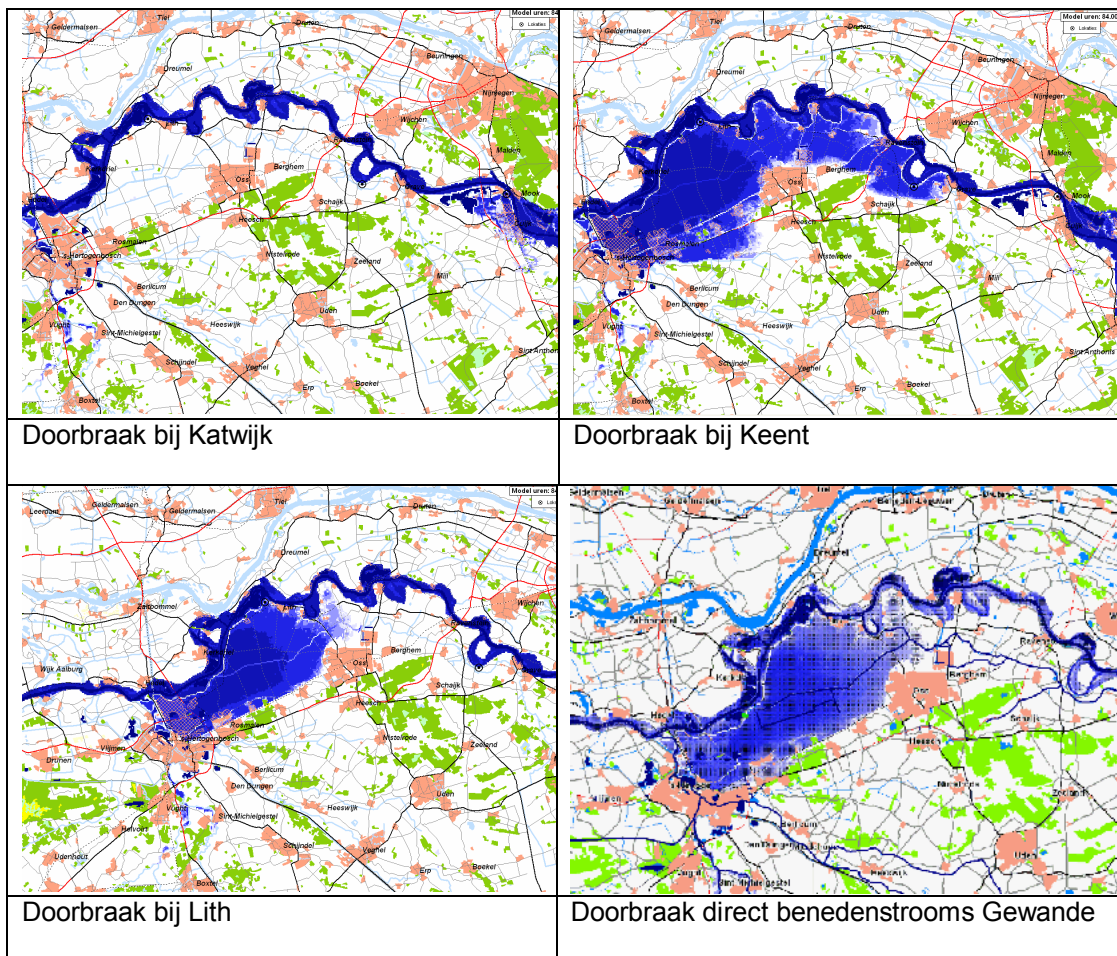
2.2 Gevolgen van overstromingen in de huidige situatie

Invloed van doorbraaklocatie op overstromingspatroon

De omvang van een overstroming wordt in belangrijke mate bepaald door de locatie van de doorbraak in samenhang met de fysisch-geografische kenmerken van het gebied. In eerdere studies van de provincie Noord-Brabant en in het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) is hier uitgebreid onderzoek naar gedaan. Daaruit is naar voren gekomen dat ten aanzien van overstromingspatronen vier trajecten langs de Maas kunnen worden onderscheiden (zie ook figuur 2.1):

- Het traject van Beugen/Boxmeer tot iets bovenstrooms van Keent: een doorbraak langs dit traject leidt tot een relatief beperkte omvang van overstromingen. Overstromingen langs dit traject worden in de casestudie dijkkring 36 gerepresenteerd door de doorbraaklocatie Katwijk.
- Het traject van Keent tot Oijen: doorbraken langs dit traject leiden tot de meest omvangrijke overstromingen. Overstromingen langs dit traject worden in de case dijkkring 36 gerepresenteerd door de doorbraaklocatie Keent
- Het traject van Oijen tot Gewande: ook bij doorbraken langs dit traject is sprake van forse overstromingen, maar de omvang is toch duidelijk minder dan bij een doorbraak ter hoogte van Keent; zie ook figuur 2.3. Overstromingen langs dit traject worden in de casestudie dijkkring 36 gerepresenteerd door een doorbraak bij Lith.
- Het traject benedenstrooms van Gewande; bij doorbraken langs dit traject is ook sprake van forse overstromingen, de omvang is redelijk vergelijkbaar met een overstroming ten gevolge van een doorbraak bij Lith.

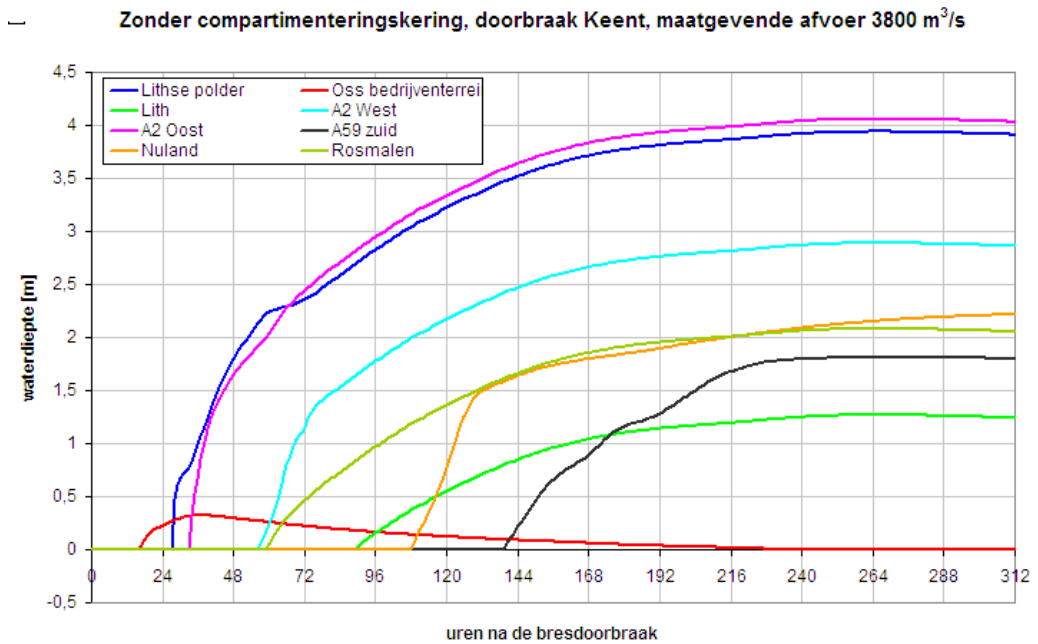
Het overstromingspatroon behorend bij de genoemde vier doorbraaklocaties is getoond in Figuur 2.3. Het betreft overstromingspatronen ten gevolge van een bres in de primaire waterkering onder maatgevende omstandigheden op de Maas (een Maasafvoer van 3800 m³/s). De figuur laat zien dat een doorbraak bij Keent de grootste gevolgen heeft voor het gebied: zowel het overstroomde gebied als de waterdiepten zijn groter dan voor de andere locaties.



Figuur 2.3 Overstromingspatronen voor een doorbraak van de primaire waterkering op een viertal mogelijke locaties (onder maatgevende omstandigheden op de Maas)

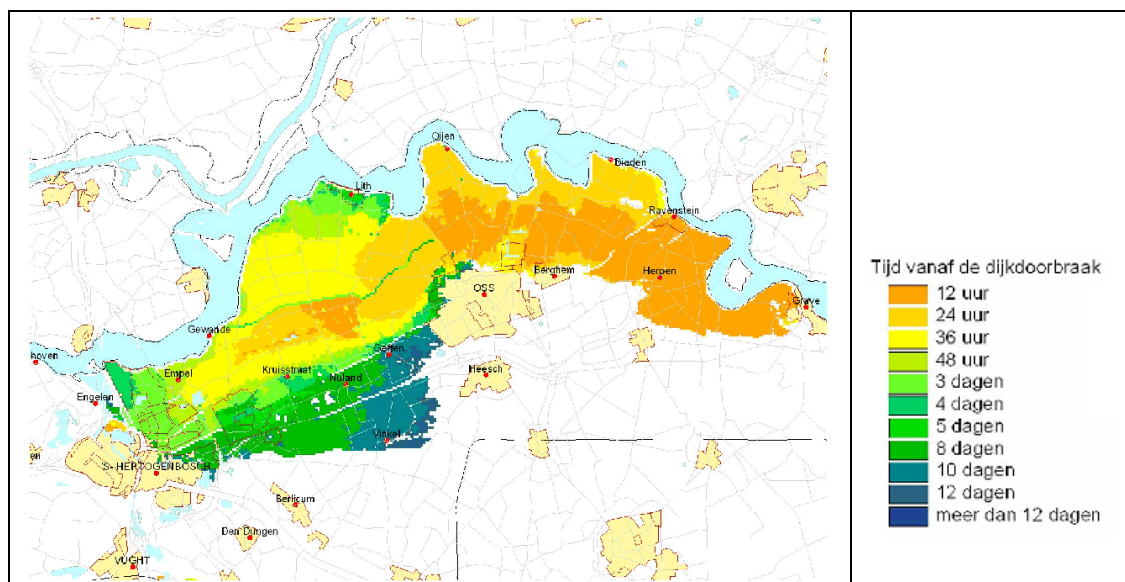
Doorbraak bij Keent het maatgevende overstromingsscenario

Naast de omvang van de overstroming is ook de snelheid waarmee het gebied overstroomt van belang. In figuur 2.4 is voor een aantal locaties in het gebied het verloop van de waterstand getoond voor een doorbraak bij Keent. De figuren laat ook zien welke waterdiepten op de verschillende locaties uiteindelijk worden bereikt in geval van een doorbraak tijdens een maatgevend hoogwater op de Maas (een afvoer van $3800 \text{ m}^3/\text{s}$).



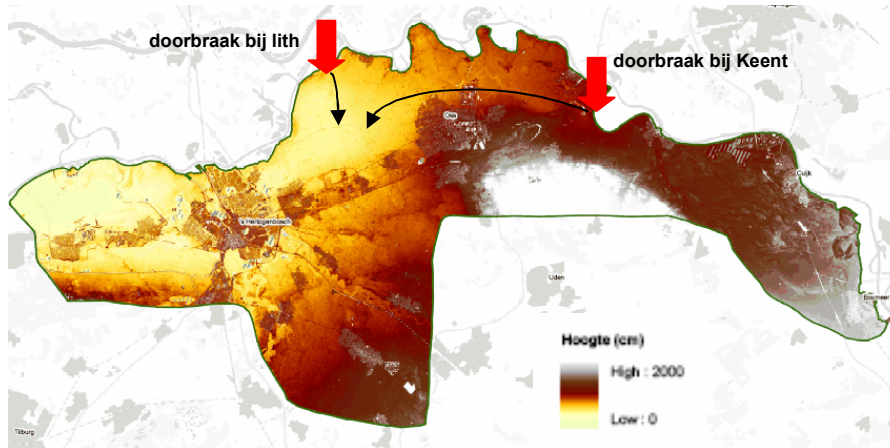
Figuur 2.4 Verloop van de waterdiepten op enkele locaties in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden

Het verloop van een overstroming kan ook op kaart worden weergegeven. Figuur 2.5 laat het tijdstip van overstromen zien voor een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden op de Maas. Figuur 2.5 laat zien dat de overstroming zich snel verplaatst langs de Hertogswetering en dat na ongeveer anderhalve dag 's-Hertogenbosch wordt bereikt. Een plaats als Lith wordt na ca. 3 dagen bereikt, terwijl het meer dan 5 dagen duurt voor het gebied ten zuiden van de lijn 's-Hertogenbosch – Oss wordt bereikt.



Figuur 2.5 Tijdstip tot overstromen vanaf de dijkdoorbraak in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden op de Maas

De figuren 2.3 en 2.5 laten zien dat de gevolgen van een doorbraak bij Keent ernstiger zijn dan een doorbraak bij Lith. De agglomeratie 's-Hertogenbosch ondervindt meer schade door een doorbraak bij Keent. De oorzaak hiervan is dat bij een doorbraak bij Keent het instromende water door de hellende ligging van het gebied direct in westelijke richting weg stroomt. Er bouwt zich aan de binnenkant van de bres geen waterstand die op gegeven moment de verdere instroming belemmerd. Bovendien is de Maaswaterstand bij Keent vanwege het verhang op de rivier belangrijk hoger.

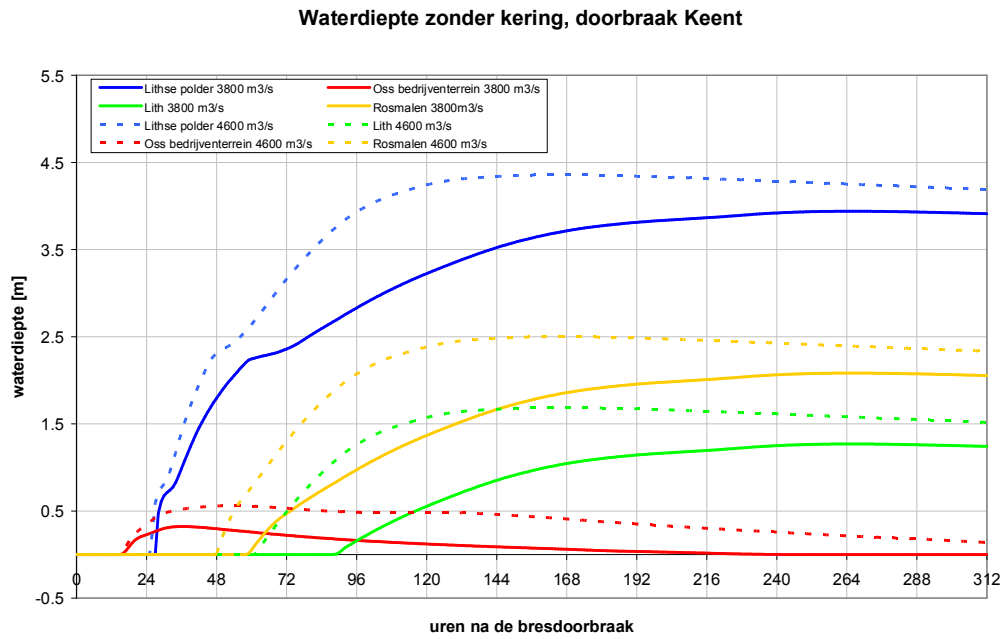


Figuur 2.6 Hoogteligging binnen de dijkkring en het effect op het overstromingspatroon

Anders is dat bij een doorbraak bij Lith. In dat geval stroomt de Lithse polder vol en neemt het verval tussen de Maas en het overstroomde gebied gaandeweg af, waardoor de instroming naar het gebied steeds kleiner wordt (zie ook de figuur 2.6). Een overstrooming van de dijkkring ten gevolge van een doorbraak bij Keent kan dan ook worden beschouwd als het maatgevende overstromingsscenario.

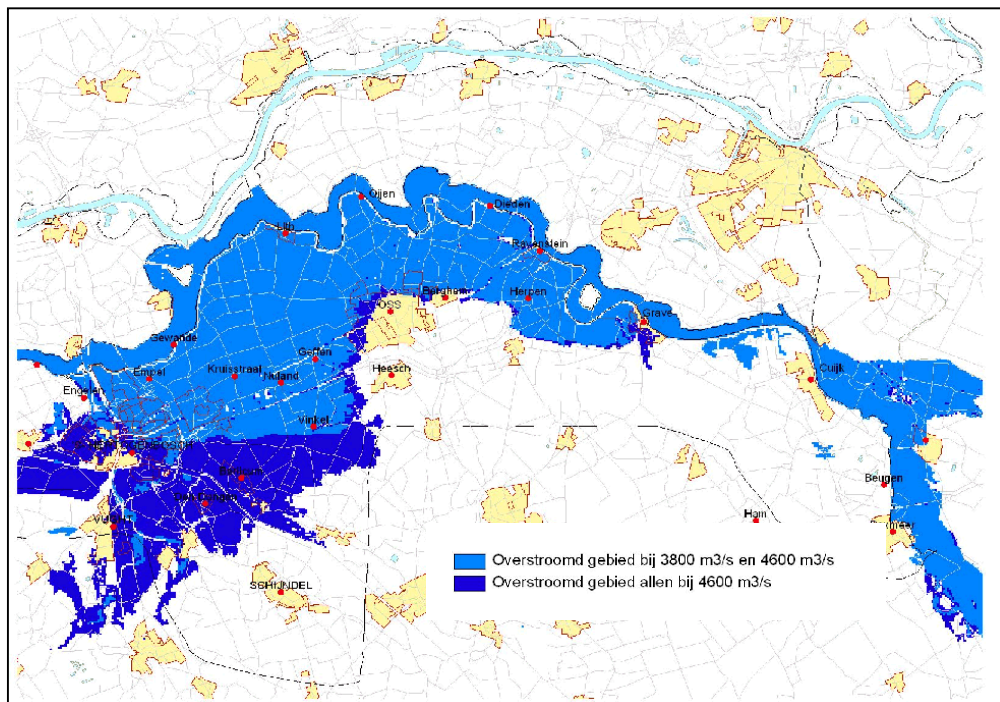
Verskil tussen maatgevende en bovenmaatgevende omstandigheden

De overstromingspatronen die hiervoor zijn gepresenteerd hadden betrekking op maatgevende hoogwaterstanden op de Maas. Er is ook een analyse uitgevoerd van de gevolgen van een doorbraak onder bovenmaatgevende omstandigheden (een afvoer op de Maas van 4600 m³/s). Ten opzichte van de maatgevende omstandigheden gaat het dan om een afvoergolf die langer duurt en een hogere piekwaterstand kent. Gevolg hiervan is dat het water langer en met meer kracht door de bres stroomt en er dus meer water het gebied instroomt. Vergeleken met maatgevende omstandigheden leiden bovenmaatgevende omstandigheden dus tot een omvangrijker gebied dat overstromt alsook tot enigszins grotere waterdiepten. Figuur 2.7 laat voor een viertal locaties het verschil zien in het verloop van de waterstand voor beide situaties.



Figuur 2.7 Verloop van de waterdiepten op enkele locaties in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden resp. bovenmaatgevende omstandigheden

Het verschil in overstromd gebied wordt getoond in figuur 2.8. Ten opzichte van een overstroming onder maatgevende omstandigheden leidt een overstroming onder bovenmaatgevende omstandigheden met name tot extra overstroming van het gebied ten zuiden en zuidwesten van 's-Hertogenbosch. Voor een doorbraak bij Lith zijn de verschillen tussen beide situaties kleiner.



Figuur 2.8 Verschil in overstromd gebied bij een doorbraak bij Keent onder maatgevende resp. bovenmaatgevende omstandigheden op de Maas

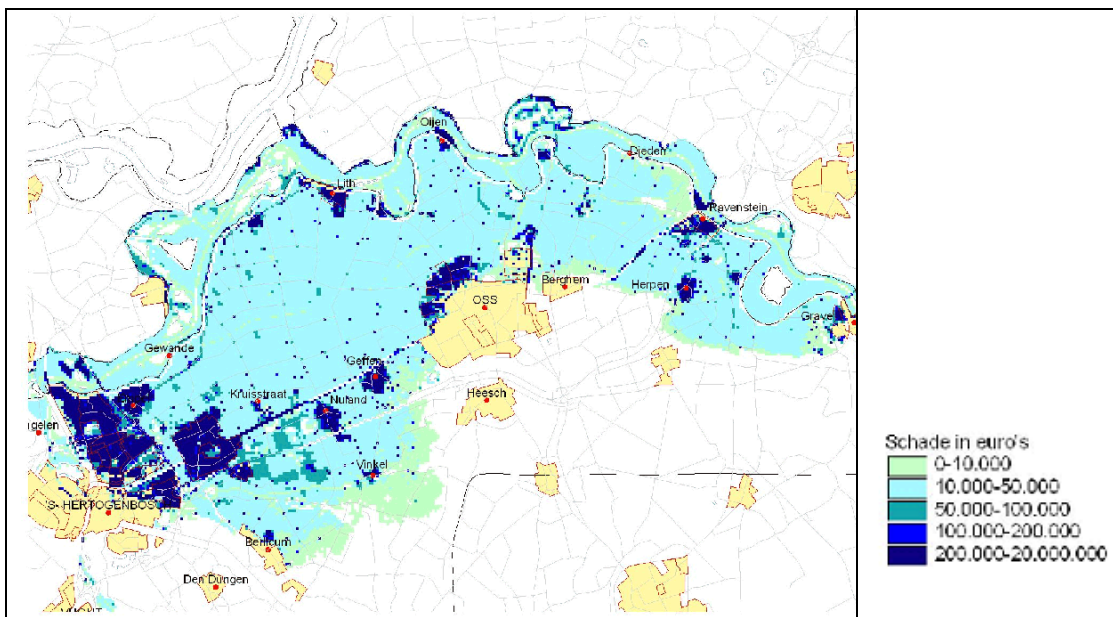
Gevolgen van overstromingen

Ten gevolge van overstromingen treedt economische schade op. Met behulp van de meeste recente versie van de Standaard Schade en Slachtoffer methode van het Hoogwater Informatie Systeem (HIS-SSM) – de versie van november 2007 - zijn de berekende overstromingsdiepten vertaald in economische schade. Deze analyse is uitgevoerd voor doorbraken bij Keent en bij Lith voor resp. de maatgevende en bovenmaatgevende omstandigheden (zie ook tabel 2.1). Tabel 2.1 laat zien dat de schade bij een doorbraak bij Keent ruim twee keer zo groot is als bij een doorbraak bij Lith. Een doorbraak onder bovenmaatgevende omstandigheden leidt tot een ca. 50 % hogere schade dan een overstroming onder maatgevende omstandigheden.

Tabel 2.1 Schade in dijkkring 36 in miljoenen Euro's afhankelijk van afvoer op Maas en doorbraaklocatie (voor situatie zonder compartimenteringskering)

Afvoer Maas	Locatie	Doorbraak bij Keent	Doorbraak bij Lith
Maasafvoer 3800		8010	3375
Maasafvoer 4600		13350	5730

De ruimtelijke verdeling van de schade is getoond in figuur 2.9. Deze verdeling weerspiegelt sterk het grondgebruik in het gebied. Daarbij zij opgemerkt dat het HIS-SSM nog werkt met het bodemgebruik voor het jaar 2002. Het betekent dat de stedelijke uitbreiding van 's-Hertogenbosch (Grote Wielen) en het bedrijventerrein van Oss hier nog niet goed in zijn opgenomen en de schade dus enige mate wordt onderschat.



Figuur 2.9 Verdeling van schaden (in Euro's / ha) in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden op de Maas

2.3 Beheersing van overstromingsrisico in het verleden

De dijkkring zoals we die nu kennen is het resultaat van een eeuwenlange ontwikkeling waarin met de aanleg van dijken het overstromingsrisico van het gebied steeds beter werd beheerst. De Beerse overlaat en de Beerse Maas vormden centrale elementen in deze ontwikkeling. “De Beerse overlaat was een natuurlijke zijdelingse afleiding van de Maas ter hoogte van de dorpen Beers en Cuijk, enkele kilometers ten oosten van Grave. Deze overlaat was ontstaan doordat de Maasoevers bij deze dorpen niet bedijkt waren. Via het overlaten stroomde het Maaswater evenwijdig aan de Maas richting Grave af, vanwaar het over een soms kilometerbrede strook verder in westelijke richting afvloeide. Bij 's-Hertogenbosch kon een deel van dit water, via de Dieze, de Maas weer bereiken. Het overlaten bij Beers en Cuijk zorgden ervoor dat er, min of meer parallel aan de Maas, een tweede Maasstroom werd gecreëerd. Deze traverse - stroomgebied van een overlaat dwars over de velden – werd vanaf de zestiende eeuw, analoog aan de overlaat bij Beers, als Beerse Maas aangeduid” (Van Heezik, 2008). Zie de kadertekst hieronder voor een beknopte beschrijving van de ontwikkeling van dwarsdijken in de Beerse Maas.

Ontwikkeling van dwarsdijken in de Beerse Maas

De Maasbedijking vond vanaf omstreeks 1000 na Chr. plaats. Dit gebeurde in west-oostelijke richting. Telkens als een stuk dijk af was werd het oostelijke eindpunt van deze (ban)dijk verbonden met de hogere dekzandrug in het gebied ten zuiden van de Maasdijk. Op die manier kwamen ten minste vijf dwarsdijken tot stand, waaronder de Kepkendonsdijk (boven Geffen), de Meerdijk (tussen Oss en Macharen), de Groenendijk of Harensche Zegedijk (tussen Haren en Berchem) en de Erfdijk (bij Herpen). Deze drie dwarsdijken werden tussen circa 1290 en 1330 aangelegd.



Dwarsdijken in de Beerse Maas

Met het vorderen van de bedijking in oostelijke richting werd de waterkerende functie van de westelijk gelegen dwarsdijken minder belangrijk. Dit veranderde echter nadat de Beerse Maas steeds vaker als tweede Maasstroom ging fungeren.

Men probeerde toen de toenemende wateroverlast in te dammen door de dwarsdijken te verhogen en vooral ook - als er waterlossingsvoorzieningen in de dijken waren aangebracht - zoveel mogelijk te dichten. De bewoners van de stroomopwaarts van de dwarsdijk liggende gebieden waren daar echter fel tegen gekant. Zij vonden dat de dwarsdijken de afvoer van het Beerse water sterk belemmerden

waardoor zij met grote wateroverlast te kampen kregen. De grootste problemen hierover ontstonden rond de Groenendijk. Dat was ook niet zo vreemd, want deze dijk vormde één van de eerste buffers tegen het Beerse water.

Conflicten bleven dan ook niet uit. Het was de watersnood van 1926 die uiteindelijk de oplossing zou brengen. De rampspoed die hierdoor ontstond leidde tot de uitvoering van de zogenaamde Maaswerken. Belangrijkste doel van deze werken was het afvoervermogen van de Maas beneden de Beerse overlaat zodanig te vergroten dat de rivier in staat was om de maximum hoeveelheid water af te voeren, zodat de Beerse overlaat kon worden opgeheven. Dit laatste gebeurde uiteindelijk pas in 1942.

Door de sluiting van de Beerse overlaat verloor de Groenendijk zijn functie. Tijdens de grootscheepse ruilverkavelingen van na de Tweede Wereldoorlog werd de compartimenteringsdijk grotendeels afgegraven. Slechts een klein gedeelte van de Groenendijk bleef behouden en dit restant van de dijk is nog steeds aanwezig in het landschap als stille getuige van alle commotie die hij bijna zeven eeuwen lang teweeg heeft gebracht.

Uit: Van Heezik (2008)

In het eerste werkatelier is geopperd om bij de compartimentering van de dijkkring op de een of andere manier gebruik te maken van de traverse van de Beerse Maas. Een dergelijke opzet zou op zich goed aansluiten op de cultuurhistorische ontwikkeling van het gebied. Verkennende berekeningen laten echter zien dat de dwarsdijken onvoldoende berging bieden voor de maatgevende omstandigheden waaronder de compartimenteringskering zou moeten functioneren. Bovendien zou, in aanvulling op de dwarsdijken van de traverse, er een extra dwarsdijk nodig zijn in de buurt van Gewande. Zonder zo'n extra dwarsdijk is 's-Hertogenbosch immers onvoldoende beschermd tegen mogelijke overstromingen vanuit de Maas op het traject van Lith tot Gewande. Op grond van deze overwegingen is geconcludeerd dat de traverse van de Beerse Maas onvoldoende geschikte aanknopingspunten biedt voor een compartimentering van de dijkkring ten behoeve van een betere bescherming van de agglomeratie van 's-Hertogenbosch.

2.4 Recente studies en plannen

Een betere beheersing van het overstromingsrisico van het rivierengebied en in het bijzonder de dijkkring Land van Heusden / De Maaskant heeft ook de afgelopen jaren veel aandacht gekregen. In 2002 heeft de Commissie Noodoverloopgebieden haar advies uitgebracht. Vanuit de gedachte 'liever een gecontroleerde overstroming dan een ongecontroleerde overstroming' heeft de Commissie voorstellen gedaan voor het inrichten van noodoverloopgebieden, ondermeer voor het gebied van de Beersche Overlaat. De voorstellen van de Commissie ontmoetten veel weerstand en de plannen zijn voor een belangrijk deel dan ook weer geschrapt. Alleen het oostelijke deel van het gebied van de voormalige Beersche Maas is in de Nota Ruimte nog gereserveerd voor waterberging. De aandacht is inmiddels verschoven naar mogelijke alternatieven voor een noodoverloopgebied, zoals een compartimentering van de dijkkring. Gedachte hierbij is dat compartimenteringskeringen altijd werken, terwijl de werking van noodoverloopgebieden tamelijk onzeker is.

Compartimentering van de dijkkring Land van Heusden / De Maaskant is vervolgens onderzocht in het project RampenBeheersingsStrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO).

In het RBSO-project is overigens naast compartimentering ook aandacht gegeven aan andere typen maatregelen, zoals fysiek noodmaatregelen (zandzakken, steunbermen, e.d.), noodoverloopgebieden en integrale verhoging van de veiligheidsnorm. Voor compartimentering van de dijkkring is een baten-kosten verhouding bepaald van 0.73. Bij de berekende baten-kosten verhouding wordt in de 'Achtergrondrapportage kosten-batenanalyse' van het RBSO-project nog wel een kanttekening geplaatst. In het RBSO-project is gewerkt met een globale methode voor het bepalen van schade van overstromingen. Deze globale methode resulteert in aanzienlijk hogere schade dan de meer gedetailleerde methode zoals die in het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) is ontwikkeld. Dat betekent dat de baten van een compartimenteringskering in het RBSO-project zijn overschat.

Medio 2006 heeft de regio Noordoost-Brabant een bestuurlijk standpunt ingenomen naar aanleiding van de uitkomsten van de RBSO-studie. Dit standpunt, ook wel aangeduid als dubbelbesluit, geeft aan dat de regio een voorkeur heeft voor een combinatie van een regionaal hoger beschermingsniveau en compartimentering.

3 Opzet en uitgangspunten van casestudie dijkkring 36

3.1 Doel en afbakening van casestudie dijkkring 36

De casestudie dijkkring 36 maakt deel uit van de landelijke Compartimenteringstudie. Tegelijkertijd vormt het een schakel in de reeks van plannen en studies van de laatste 5-10 jaar voor een betere beheersing van het overstromingsrisico in het gebied. Naast compartimentering zijn er ook andere maatregelen mogelijk voor een betere beheersing van het overstromingsrisico zoals dijkversterking, ruimte voor de rivier of inzet van noodoverloopgebieden. Op het gebied van normverhoging is in het kader van de RBSO-studie als mogelijke oplossing de 'variant Aa en Maas' ontwikkeld. Deze maatregelen vallen echter buiten de reikwijdte van de casestudie dijkkring 36.

Het doel van de casestudie dijkkring 36 is om een diepgaande verkenning uit te voeren naar de effectiviteit en inpasbaarheid van een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch. Bij de verkenning is een aantal uitgangspunten gehanteerd. Het gaat in de casestudie dijkkring 36 niet om de vraag of er een compartimenteringskering moet komen. De vraag is veel meer van als besloten zou worden tot aanleg van een compartimenteringskering wat zou dan een geschikt tracé zijn en hoe zou zo'n kering kunnen worden ingebed in de regionale ontwikkeling. De casestudie dijkkring 36 beperkt zich tot een inhoudelijke verkenning van inpasbaarheid en effectiviteit van een compartimenteringskering. Procedurele aspecten als ook bepaalde uitvoeringsaspecten vallen buiten de reikwijdte van de casestudie dijkkring 36. In de landelijke studie is overigens wel aandacht gegeven aan procedurele aspecten.

Bij de beoordeling van de inpasbaarheid is het belangrijk aan te sluiten op regionale ontwikkelingen in het gebied en op de 'eigenheid' van het landschap binnen het gebied. Deze overwegingen resulteren in een aantal uitgangspunten voor de ontwikkeling van alternatieve tracés voor de compartimenteringskering (zie par. 3.2).

Ten behoeve van de beoordeling van de effectiviteit van een compartimenteringskering is binnen de landelijke Compartimenteringstudie een (generiek) beoordelingskader opgesteld (Baan, 2007). Dit beoordelingskader omvat hydraulische uitgangspunten voor de analyse van het overstromingspatroon alsook uitgangspunten voor de uitvoering van een (globale) kosten-batenanalyse. De uitgangspunten uit het beoordelingskader zijn verder verbijzonderd en aangevuld voor de casestudie dijkkring 36. De betreffende uitgangspunten worden besproken in par. 3.3. Daarbij wordt ook kort aandacht gegeven aan de belangrijkste verschillen met de aanpak en uitgangspunten van de RBSO-studie.

3.2 Uitgangspunten bij ontwikkeling van tracés

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

Waterstaatkundig effectief impliceert ondermeer aantakking van de compartimenteringskering op de primaire waterkering langs de Maas nabij Gewande

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

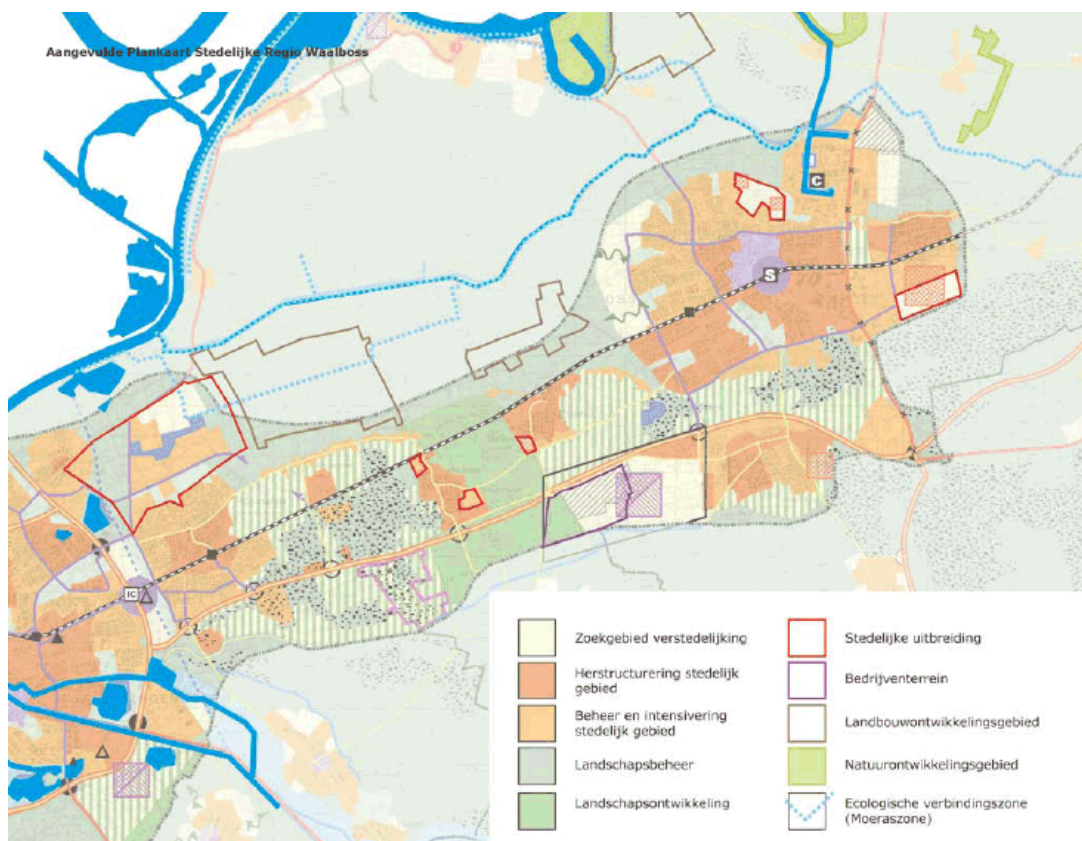
Door de aanleg van een compartimenteringskering kunnen overstromingsdiepten 'bovenstreams' van een kering toenemen. Met een geschikte tracékeuze kunnen dergelijke negatieve effecten zoveel mogelijk beperkt blijven. Dit is vooral van belang voor schadegevoelige gebieden. In dat kader komt een betere bescherming van Oss in beeld.

Bij kruisingen van de compartimenteringskering met bestaande infrastructuur (zowel weginfrastructuur als waterlopen) wordt gekozen voor oplossingen waarbij de werking van de bestaande infrastructuur niet wordt belemmerd.

Ten aanzien van de regionale inbedding van tracés geldt als uitgangspunt dat ontwikkelingen in het landschap zodanig moeten worden geregisseerd dat kwaliteiten behouden blijven, knelpunten tot een oplossing worden gebracht en waar mogelijk nieuwe kwaliteiten aan het landschap worden toegevoegd. Daarbij is van belang dat het landschap 'zijn verhaal kan blijven vertellen'. Dit betekent dat waar mogelijk en zinvol nieuwe ontwikkelingen worden geënt op bestaande patronen en structuren; een en ander aansluitend en passend bij de compartimenteringsfunctie. Ook kunnen nieuwe ontwikkelingen worden benut om bestaande patronen en structuren een hernieuwde zeggingskracht c.q. een vernieuwde betekenis te verschaffen.

De aanleg van een compartimenteringskering dient zo goed mogelijk bij te dragen aan c.q. aan te sluiten op de regionale ontwikkeling. Dat wil zeggen dat er goede perspectieven moeten zijn voor het meekoppelen van (te ontwikkelen) functies binnen het gebied. De plankaart van de stedelijke regio Waalboss (zie figuur 3.1) biedt een geschikt kader voor de beoordeling van deze perspectieven. Voor de volgende typen functies zijn er in beginsel mogelijkheden om deze te koppelen aan de aanleg van een compartimenteringskering:

- Stedelijke uitbreidingen (ontsluiting ervan)
- Ontwikkeling van bedrijventerreinen (ontsluiting ervan)
- Plannen, ideeën voor versterking van ecologische infrastructuur
- Plannen, ideeën voor versterking van recreatieve infrastructuur
- Landbouwontwikkeling in (mogelijke) LOG-gebieden (ontsluiting ervan)
- (Mogelijke) behoeften aan uitbreiding van de weginfrastructuur



Figuur 3.1 Schets van regionale ontwikkelingen binnen de stedelijke regio Waalbos

3.3 Uitgangspunten bij beoordeling effectiviteit en rentabiliteit

Voor de beoordeling van het gevolgbeperkende effect en van de economische aantrekkelijkheid van een compartimenteringsdijk is een aantal uitgangspunten van belang. Deze worden in deze paragraaf uiteengezet.

3.3.1 Uitgangspunten voor waterstaatkundige analyse

Uitgangspunten voor het functioneren van het systeem

De beoordeling van het functioneren van de compartimenteringskering richt zich op bovenmaatgevende omstandigheden. Dergelijke omstandigheden kunnen in beginsel tijdig worden onderkend. De aanname is dan ook dat bewoners van het gebied tijdig zijn geëvacueerd; het slachtofferrisico speelt in de beoordeling dus in feite geen rol. Dat neemt niet weg dat verschillen in dreiging van aantallen slachtoffers toch een rol kan spelen in de beoordeling voor het geval dat een evacuatie onverhoopt niet volledig succesvol kan worden uitgevoerd.

Een compartimenteringskering is gericht op het beperken van de gevolgen van doorbraken van de primaire kering ten gevolge van het optreden van bovenmaatgevende omstandigheden bovenstrooms van de compartimenteringskering. De veronderstelling is dat benedenstrooms van de compartimenteringskering zich geen bovenmaatgevende omstandigheden zullen voordoen.

Bij de beoordeling van de effectiviteit en rentabiliteit van een compartimenteringskering wordt er vanuit gegaan dat de primaire waterkeringen 'op orde' zijn. Dit betekent dat de maatregelen vanuit de PKB Ruimte voor de Rivier en de Maaswerken alsook de maatregelen in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma zijn uitgevoerd en dat alle primaire waterkeringen dus voldoen aan de Voorschriften voor het Toetsen op Veiligheid (VTV). Voor de schatting van de overstromingskans van de dijkkring *in deze situatie* wordt aangesloten op de schattingen zoals gedaan in de recente studie Nederland Later (Klijn et al, 2007). Dit uitgangspunt is een conservatief uitgangspunt. Wanneer de primaire waterkeringen niet 'op orde' zijn, zal de overstromingskans van de dijkkring groter zijn. Zo'n grotere overstromingskans vertaalt zich in grotere jaarlijkse baten van een compartimentering. De rentabiliteit van een compartimenteringskering zal in zo'n situatie groter zijn dan wanneer de primaire keringen wel op orde zijn.

Er wordt in de analyse van het overstromingspatroon geen rekening gehouden met een uitlaatwerk waarmee na het passeren van de afvoergolf weer water kan worden teruggevoerd naar de Maas. De veronderstelling is dat in geval van nood een ad-hoc uitlaat gemaakt zal worden. Met het terugvoeren van water naar de Maas kan de omvang van een overstroming enigszins worden beperkt. Deze mogelijkheid doet zich zowel voor in de huidige situatie als in de situatie met een compartimenteringskering.

Ten aanzien van de veiligheid van de compartimenteringskering wordt ervan uitgegaan dat wordt aangesloten op de gangbare ontwerppraktijk voor primaire keringen. Een compartimenteringskering zal wat dit betreft vergelijkbaar zijn met een 'categorie c kering'.

Analyse van overstromingspatronen

Voor het in beeld brengen van de gevolgen van een doorbraak van een primaire kering wordt gebruik gemaakt van een dynamisch overstromingsmodel. Met dit model wordt het verloop berekend van waterdiepten en stroomsnelheden in het overstroomde gebied. Voor dit model wordt gebruik gemaakt van het reeds beschikbare model van dijkkring 36 zoals ontwikkeld in het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK). De toepassing van overstromingsmodellen vergt keuzen ten aanzien van te beschouwen hydraulische randvoorwaarden, mogelijke doorbraaklocaties en de ontwikkeling van de bresbreedte. Voor de casestudie dijkkring 36 wordt zo goed mogelijk aangesloten bij keuzen zoals gemaakt bij eerdere overstromingssimulaties:

- Overstromingssimulaties worden uitgevoerd onder maatgevende omstandigheden en onder de situatie met een fysiek maximum voor de Maasafvoer. Ten aanzien van de bijbehorende afvoergolf wordt aangesloten op de Hydraulisch Randvoorwaarden 2001; dat is de afvoergolf die tot nu toe in overstromingsstudies is gehanteerd. Er zijn inmiddels nieuwe inzichten die aangeven dat een smallere afvoergolf mogelijk realistischer zou zijn. Hieraan wordt in een gevoeligheidsanalyse aandacht gegeven.
- Ten aanzien van mogelijk doorbraaklocaties wordt gewerkt met doorbraken bij Katwijk, Keent, Lith en Gewande. Van deze doorbraaklocaties is Keent maatgevend, omdat een doorbraak bij deze locatie de grootste gevolgen heeft.
- Er wordt vanuit gegaan dat de bresbreedte in enkele uren toeneemt van 10 m naar 100 m en daarna constant blijft. In een gevoeligheidsanalyse wordt onderzocht wat het effect is van een bredere bres.

3.3.2 Uitgangspunten voor de kosten-batenanalyse

Raming van kosten en baten

De kosten voor de verschillende tracés worden globaal geraamd, gebruikmakend van de methode van kostenkentallen uit de RBSO-studie. Ten opzichte van de RBSO-studie is het prijspeil aangepast naar 2007. Ten aanzien van de toepassing van de methode is nog een 'second opinion' opgesteld.

Voor het bepalen van de economische gevolgen van overstromingen wordt gebruik gemaakt van de meest recente versie (november 2007) van de zogeheten Schade en SlachtofferModule van het Hoogwater Informatie Systeem (HIS-SSM). De met HIS-SSM berekende schade betreft zowel directe als indirecte schade. Het grondgebruik betreft het jaar 2002. Een aantal ontwikkelingen van de laatste jaren zijn hier dus nog niet (goed) in opgenomen. Bij een eventueel vervolg op de onderhavige casestudie verdient het aanbeveling het grondgebruik te actualiseren. Binnen de case dijkkring 36 was hiervoor onvoldoende ruimte. HIS-SSM bevat niet alle schaden; daarom zijn opslagen toegepast voor hulpverlening en schoonmaak, uitval van belangrijke verkeersaders en (immateriële) welzijnsschade.

criterium voor rendement van kering

Voor de bepaling van de economische aantrekkelijkheid wordt aangesloten op de werkwijze zoals gehanteerd in de kosten-batenanalyse van de RBSO-studie. Gekeken wordt naar het eerstejaars rendement in de referentiesituatie 2015; dat is het moment waarop de primaire keringen op orde zouden moeten zijn. Het eerstejaars rendement is daarbij gedefinieerd als de verhouding tussen de gemiddelde jaarlijkse baten en de jaarlijkse kosten. Voor het omrekenen van investeringskosten naar jaarlijkse kosten wordt uitgegaan van een disconteringsvoet van 2,5 %. Bij het bepalen van de totale jaarlijkse kosten wordt daarnaast rekening gehouden met beheer- en onderhoudskosten gelijk aan 1% van de investeringskosten.

3.3.3 Belangrijkste verschillen met uitgangspunten van RBSO-studie

In de casestudie dijkkring 36 is het overstromingspatroon bepaald met behulp van een dynamisch overstromingsmodel waarmee een zo goed mogelijk beeld wordt verkregen van de overstromingsdiepten binnen het gebied. In het geval van de RBSO-studie zijn met een vereenvoudigde aanpak maximale overstromingsdiepten bepaald. Met de RBSO-aanpak zijn de overstromingsdiepten en daarmee ook de schaden ten gevolge van een overstroming overschat. Ten opzichte van de casestudie dijkkring 36 berekende de RBSO-studie daarmee hogere baten van een compartimenteringskering.

In de kosten-batenanalyse van RBSO is voor het bepalen van de jaarlijkse kosten nog uitgegaan van een disconteringsvoet van 4 %. Inmiddels geldt voor investeringen in risicobeheersing zoals een compartimenteringsdijk een lagere disconteringsvoet van 2,5 %. Het effect hiervan is dat de jaarlijkse kosten van een investering in de casestudie dijkkring 36 lager uitvallen dan bij de RBSO-studie.

De beide genoemde verschillen tussen de casestudie dijkkring 36 en de RBSO-studie werken verschillend uit op de rentabiliteit van een compartimenteringskering. Lagere schaden ten gevolge van een overstroming betekenen lagere jaarlijkse baten van een kering. De lagere disconteringsvoet in de casestudie dijkkring 36 leidt evenwel tot enigszins lagere jaarlijkse kosten.

Het verschil bij de baten is echter groter, zodat voor de casestudie dijkkring 36 ten opzichte van de RBSO-studie een enigszins lagere baten-kosten verhouding mag worden verwacht.

4 Verkenning van inpasbaarheid van tracés

4.1 Inleiding

Ontwikkeling van tracés in werkateliers

Voor de casestudie dijkkring 36 vormde het RBSO-tracé het vertrekpunt. In een tweetal werkateliers is een aantal alternatieve tracés ontwikkeld. Aan deze werkateliers is deelgenomen door vertegenwoordigers van de provincie Noord-Brabant, van de gemeenten 's-Hertogenbosch, Lith, Maasdonk en Oss, het waterschap Aa en Maas alsmede vertegenwoordigers van de Vereniging van Nederlandse Riviergemeenten, de ZLTO, de BMF en de veiligheidsregio Noordoost-Brabant (zie ook bijlage A). Van beide werkateliers is een gedetailleerd verslag gemaakt.

Het eerste werkatelier had tot doel om het compartimenteringsvraagstuk te introduceren en mogelijke tracés voor een compartimenteringskering globaal te identificeren. Het werkatelier leverde een goed beeld op van de bandbreedte van mogelijke opties voor compartimentering van dijkkring 36. In het tweede werkatelier is voor de ontwikkelde tracés in meer detail gezien hoe de eventuele aanleg ervan zou zijn in te passen in de regionale ontwikkeling van het gebied (meekoppeling van functies).

Uit de werkateliers is in aanvulling op het noord-zuid lopende RBSO-tracé een aantal tracés naar voren gekomen met een oost-west oriëntatie: een alternatief langs de Hertogswetering en een wat meer zuidelijk gelegen alternatief (Parallel genoemd). Voor beide alternatieven is een tweetal varianten uitgewerkt: één variant met een aansluiting op de hoge gronden juist westelijk van Oss en een andere, oostelijke variant rond Oss en Berghem heen.

Naast inzichten over mogelijke alternatieve tracés voor een compartimenteringskering is door de deelnemers aan de werkateliers ook gewezen op het belang van koppeling van de aanleg van een compartimenteringskering aan andere ontwikkelingen in het gebied. Zo'n koppeling wordt vanuit bestuurlijk oogpunt cruciaal geacht. Een maatregel die er alleen op is gericht de gevolgen van een 'zeer incidentele gebeurtenis' te beperken zal naar verwachting onvoldoende prioriteit krijgen.

Oost-west ontwikkeling van het gebied

De hoofdrichting van de ontwikkelingen in het gebied is duidelijk oost-west georiënteerd, min of meer evenwijdig aan de loop van de Maas. Deze richting laat zich vanuit de ondergrond logisch verklaren. Van oudsher zijn de hoge, droge gronden de plekken van occupatie geweest: hier ligt dan ook de kiem van de stedelijke nederzettingen in de regio. De kleine bewoningsplekken van toen zijn uitgegroeid tot de huidige dorpen en steden, die zich nog steeds hoofdzakelijk op de droge zandrug bevinden. Hierdoor is de infrastructuur logischerwijs ook in oost-west richting komen te liggen (A59, spoorlijn Nijmegen-'s-Hertogenbosch).

De meeste stedelijke ontwikkelingen vinden plaats in de nabijheid van bestaande bebouwing (De Grootte Wielen bij 's-Hertogenbosch) of langs de snelweg A59 (bedrijventerrein Heesch-West). De rug zal zich verder ontwikkelen tot een stedelijke zone, waarin wonen, werken en infrastructuur een belangrijke rol spelen.

Wel wordt daarbij ingezet op een groene geleiding binnen deze stedenband, bijvoorbeeld door de aanwezige bos- en natuurgebieden, maar ook in de vorm van te ontwikkelen landschapsecologische geleidingszones zoals tussen Nuland en Geffen.

Relevante ruimtelijke ontwikkelingen

Binnen het gebied speelt een aantal ruimtelijke ontwikkelingen die van belang kunnen zijn in relatie tot een eventuele compartimenteringsdijk. Hieronder worden de belangrijkste daarvan kort beschreven. Daarbij moet opgemerkt worden dat dit de ontwikkelingen zijn zoals die nu (begin 2008) bekend zijn, volgens de huidige inzichten. Sommige ontwikkelingen staan ter discussie en er kunnen zich nieuwe ontwikkelingen voordoen die nu nog niet bekend zijn. Het is dus zeer wel mogelijk dat in de toekomst de meekoppelkansen anders liggen dan momenteel het geval is.

De aanleg van nieuwe woon- en werkgebieden speelt op verschillende plekken in het gebied. Logischerwijs zijn het vooral de grotere kernen zoals 's-Hertogenbosch (Groote Wielen) en Oss, waar deze ontwikkelingen het meest pregnant zijn. Ook op kleinere schaal speelt de vraag naar woningen en met name naar aantrekkelijke groene woonmilieus.

In een gebied met een toenemend aantal inwoners groeit ook de behoefte aan recreatie mogelijkheden. Aantrekkelijke routes die stad en land verbinden en interessante bestemmingen zijn daarbij van belang. Ten aanzien van natuur is met name de ecologische verbindingzone langs de Hertogswetering van belang. Gekoppeld aan deze historische watergang, wordt een belangrijke natte oost-westverbinding door het kommenlandschap gerealiseerd.

De ontwikkelingen in de landbouw worden voor een belangrijk deel gestuurd door de reconstructieplannen in het gebied. In deze plannen is onderscheid gemaakt tussen landbouwontwikkelingsgebieden, verwevingsgebieden en extensiveringsgebieden. In het kommenlandschap zijn enkele landbouwontwikkelingsgebieden gesitueerd, waarin de veehouderij kansen krijgt zich verder te ontwikkelen. De gronden op de rug in de nabijheid van dorpen, bos- en natuurgebieden zijn veelal als verwevingsgebieden bestempeld.

Uitwerking van tracés

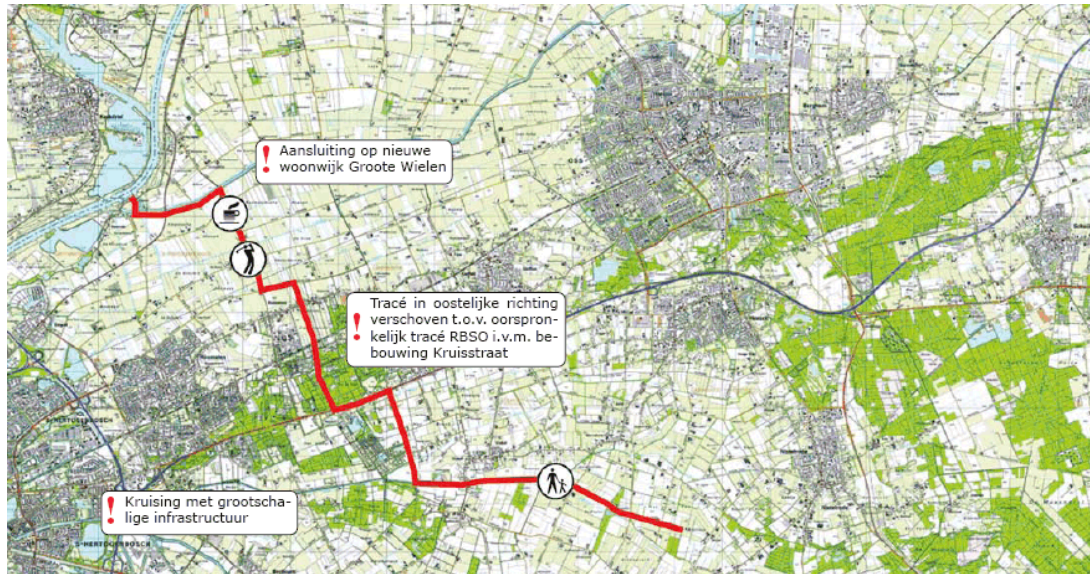
Uitgangspunt bij de uitwerking van tracés is dat ontwikkelingen in het landschap zodanig moeten worden vormgegeven dat het landschap 'zijn verhaal kan blijven vertellen'. Waar mogelijk en zinvol worden nieuwe ontwikkelingen geënt op bestaande patronen en structuren. Worden de nieuwe ontwikkelingen aangewend om bestaande patronen en structuren een hernieuwde zeggingskracht, een vernieuwde betekenis te verschaffen.

Voor de realisatie van een compartimenteringskering is het belangrijk dat er goede perspectieven zijn voor meekoppeling van functies. Deze perspectieven worden in dit hoofdstuk per tracé beschreven en geïllustreerd met een aantal kenmerkende doorsneden van een compartimenteringsdijk. Delen van de tracés vallen samen, waardoor de "plussen en minnen" en ook de meekoppelkansen van de verschillende tracés elkaar soms overlappen. De meekoppelkansen zijn ook verbeeld in een aantal animaties; deze animaties zijn opgenomen in een aparte 'deelrapportage landschap'. Deze deelrapportage bevat daarnaast achtergronden over de waterstaatkundige geschiedenis en de sporen die dat heeft achtergelaten in het gebied.

4.2 RBSO-tracé

Kenschets

Dit is het kortste tracé. Het volgt de kortst haalbare lijn haaks op de Maas. Vanaf de Maas 'zoekt' dit tracé zich een weg langs weteringen, uitbreidingswijken en dorpen naar de hogere gronden van de Brabantse wal. De compartimenteringsdijk neemt van noord naar zuid in hoogte af. Ten opzichten van het oorspronkelijke RBSO tracé is dit tracé ter hoogte van het bebouwingslint Kruisstraat iets in oostelijke richting verschoven. Hiermee wordt voorkomen dat de bestaande woningen hier moeten verdwijnen en blijft voldoende ontwikkelingsruimte naar de toekomst toe mogelijk.



Dit overwegend noord-zuid gerichte tracé kruist een aantal infrastructurele hoofdverbindingen die juist oost-west verlopen, zoals de snelweg en het spoor. Dit leidt tot zware coupures in de compartimenteringsdijk.

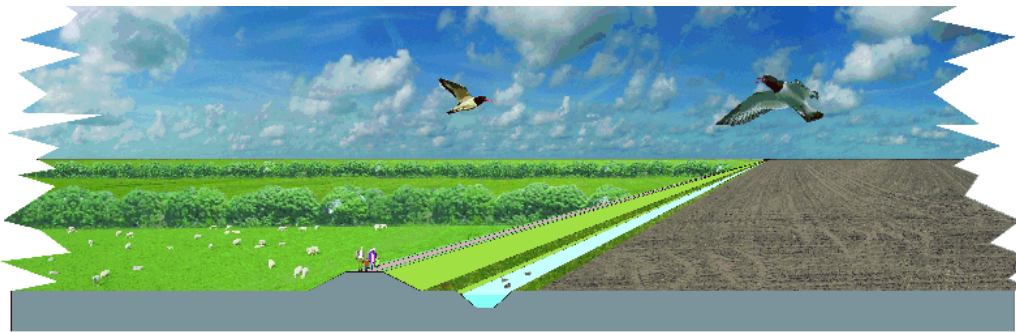
Het RBSO-tracé is feitelijk het enige tracé dat nadrukkelijk een noord-zuid oriëntatie heeft en daarmee haaks staat op de ontwikkelingsrichting van de Waalboss-regio. Met dit tracé wordt dan ook een scheiding gemaakt binnen de stedelijke band Waalwijk-'s-Hertogenbosch - Oss.

Meekoppelkansen

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



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



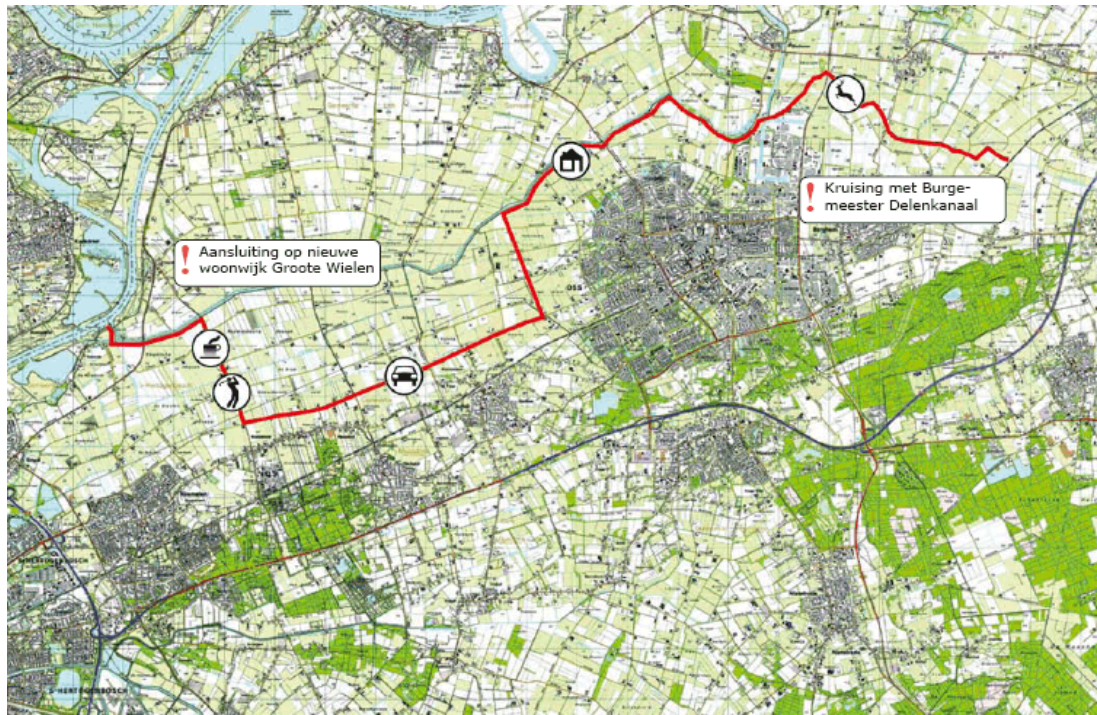
Meer zuidelijk, waar de compartimenteringsdijk uitwigt tegen de Brabantse wal, wordt de dijk geleidelijk smaller en lager. Hier kan de dijk worden ontwikkeld tot een aantrekkelijk wandelpad. Hier loopt men als over de catwalk door het landschap. De verheven positie maakt dat men ver van zich af kan kijken, men als het ware boven het landschap zweeft.

4.3 Tracé Parallel-oost

Kenschets

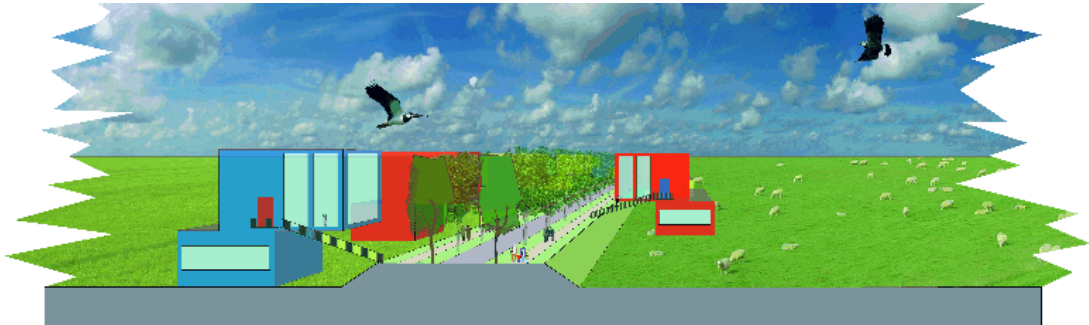
Dit tracé volgt over een klein deel de Hertogswetering, gaat dan langs De Grote Wielen, buigt om het landbouw-ontwikkelingsgebied (LOG) om vervolgens weer de Hertogswetering te volgen en ten oosten van Oss aan te sluiten op het spoor. In dit tracé wordt een veelheid van essentieel verschillende structuuronderdelen uit hun oorspronkelijke verband losgemaakt en vervolgens in een nieuwe setting aaneengeregend, met elkaar verknoot.

De compartimenteringsdijk zal voor eeuwen een nieuwe structuurlijn aan het landschap toevoegen. In dit geval een structuurlijn die is samengesteld uit componenten van andere structuurlijnen. Ook door onze voorouders zijn structuurlijnen aan het landschap toegevoegd, en vaak zijn die logisch te verklaren, bijvoorbeeld vanuit de ondergrond. Deze nieuwe structuurlijn echter reageert op een planologische tijdsopname: de aanwezigheid van een landbouwontwikkelingsgebied (LOG).



Meekoppelkansen

Dit tracé is feitelijk een optelsom van losse onderdelen uit andere tracés. Voor delen van het tracé gelden dan ook meekoppelkansen die overeenkomen met andere tracés. Van een *onderscheidende* meekoppelkans is bij dit tracé echter geen sprake.



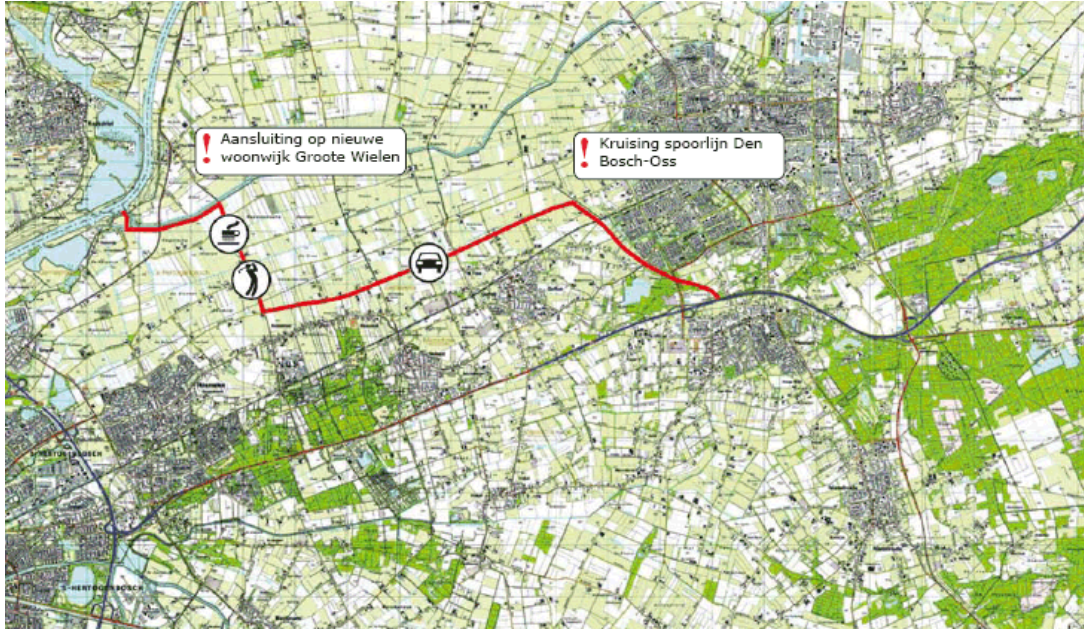
Evenals bij het RBSO tracé kan grenzend aan De Grote Wielen een 'geshaped reliëf' bijdragen aan de ontwikkeling van de nieuwe stadsrand van 's-Hertogenbosch. Voor het deel van het tracé dat langs de Hertogswetering loopt kan een koppeling met natuurontwikkeling worden gemaakt (zie Hertogswetering-west).

Het deel van het tracé dat langs de rand van de hogere gronden loopt kan benut worden voor een eventuele extra parallel ontsluiting ('s-Hertogenbosch – Oss) waarmee de ring rond 's-Hertogenbosch wordt ontlast en de Grote Wielen beter wordt ontsloten (zie ook Parallel-west). Eventueel kan worden gedacht aan het koppelen van woonvormen aan de dijk; het nieuwe buitenbinnendijks wonen. Voor de hand liggende locaties hiervoor vallen samen met het deel van het tracé langs de Hertogswetering; in de directe nabijheid van Oss.

4.4 Tracé Parallel-west

Kenschets

Dit tracé is deels gelijk aan het tracé Parallel-oost, met dien verstande dat dit tracé westelijk van Oss op de snelweg aantakt.

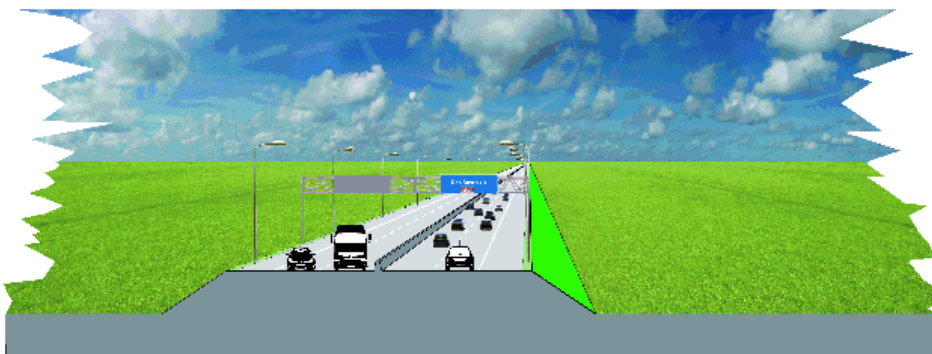


Dit tracé kent deels dezelfde bezwaren als Parallel-oost. Door niet het tracé van de Hertogswetering langs Oss te volgen ontstaat wel een wat logischer tracé.

Meekoppelkansen

Met betrekking tot het deel van het tracé dat overeenkomt met Parallel-oost geldt dezelfde meekoppelkans in relatie tot de stadsrand van 's-Hertogenbosch.

De aantakking ten westen van Oss biedt kans voor een koppeling met een verbeterde ontsluiting. Dit tracé kan worden gecombineerd met de aanleg van een westelijke rondweg om Oss, een verbeterde ontsluiting van De Grote Wielen en, bij het doortrekken van de snelweg tot op de ring van 's-Hertogenbosch, een verlichting van de verkeersdruk op de ring.



Met betrekking tot het deel van het dat overeenkomt met Parallel-oost geldt dezelfde meekoppelkans in relatie tot de stadsrand van 's-Hertogenbosch.

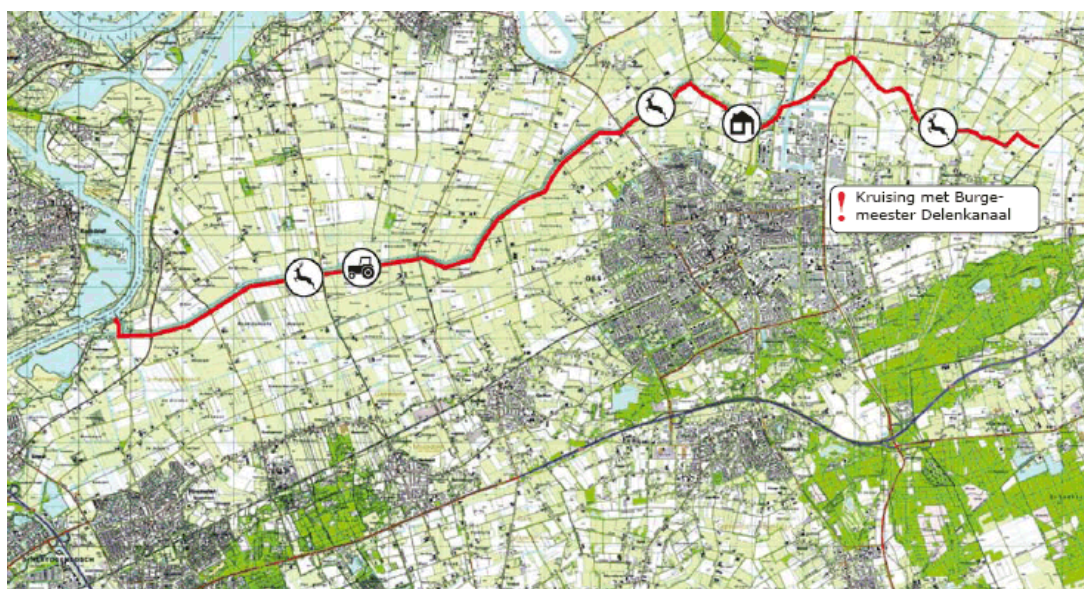
4.5 Tracé Hertogswetering Oost

Kenschets

Dit tracé pakt de Hertogswetering / Rode Wetering op als een historische structuurlijn, en geeft aan deze lijn hernieuwde betekenis. Het tracé takt oostelijk van Oss aan op het spoor. Over vrijwel de gehele lengte van het tracé is sprake van een koppeling tussen wetering en nieuwe dijk, waardoor een helder eenduidig beeld met een grote mate van continuïteit ontstaat.

De nieuwe dijk wordt ten zuiden van de wetering aangelegd, zodat het water aan de “buitendijkse” zijde ligt. Op deze wijze kan ook het bestaande watersysteem en de afvoerfunctie van de wetering blijven functioneren.

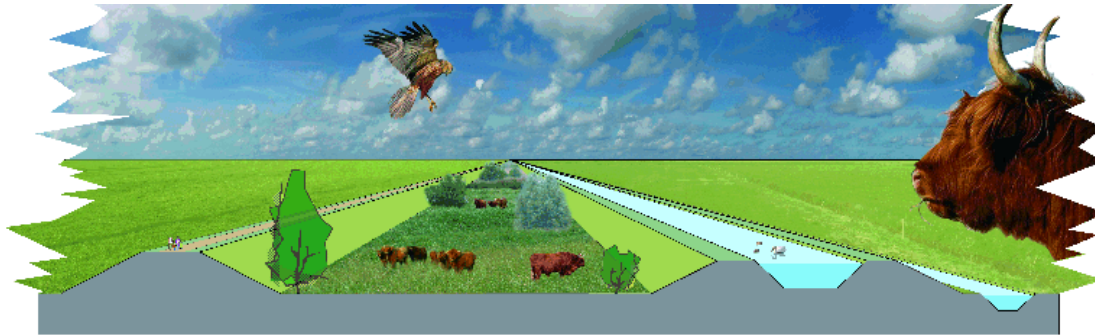
Overwogen kan worden de dijk ter hoogte van Oss wat meer in zuidelijke richting op te schuiven en samen te laten vallen met de overgang tussen zand en klei in de ondergrond. Hiermee kan tegemoet worden gekomen aan de wens de openheid van het kommenlandschap te respecteren en daarin zo min mogelijk nieuwe landschappelijke elementen (zoals een dijk) toe te voegen.



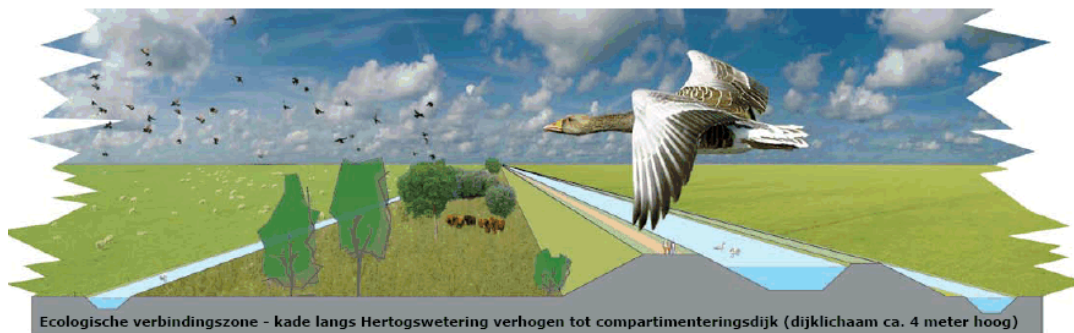
Met dit tracé behoudt De Grote Wielen haar directe relatie met het aanliggend landschap en verdwijnt ze niet achter een hoog dijklichaam.

Meekoppelkansen

De koppeling met de wetering biedt kansen voor natuurontwikkeling langs de dijk. Hierbij kan invulling wordt gegeven aan de natte ecologische verbindingzone die hier is geprojecteerd. Tussen de compartimenteringsdijk en de Hertogswetering ontstaat zo een brede en doorgaande ecologische zone van formaat, met water, riet en moeras.



Een alternatief profiel bestaat er uit dat de bestaande kade aan de zuidzijde van de Hertogswetering wordt opgehoogd tot compartimenteringsdijk en dat de ecologische verbindingszone aan de zuidzijde van deze nieuw dijk komt te liggen.



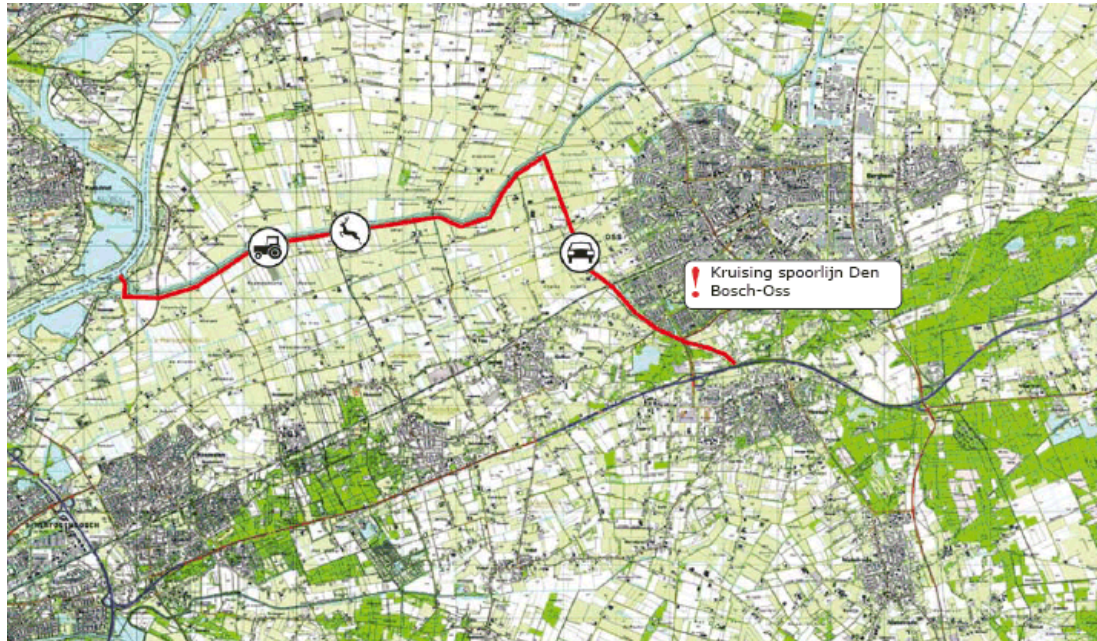
Ecologische verbindingszone - kade langs Hertogswetering verhogen tot compartimenteringsdijk (dijklichaam ca. 4 meter hoog)

Het deel van het tracé dat langs de rand van Oss loopt, biedt meekoppelkansen in de vorm van nieuwe woonvormen aan de dijk (zie ook Parallel-oost). Het deel van het tracé dat grenst aan het landbouwontwikkelingsgebied biedt kansen voor nieuwe agrarische bedrijven (zie ook Hertogswetering West).

4.6 Tracé Hertogswetering West

Kenschets

Dit tracé is deels gelijk aan het tracé Hertogswetering Oost, met dien verstande dat dit tracé westelijk van Oss op de snelweg aantakt. Het volgt daarmee de weteringen maar voor een deel en valt eigenlijk in twee deeltrajecten uiteen.



Ook bij dit tracé behoudt De Grootte Wielen haar directe relatie met het aanliggende landschap. Wel wordt er langs de westelijke rand van Oss een nieuwe lijn geïntroduceerd.

Meekoppelkansen

Een deel van dit tracé kan worden gecombineerd met de aanleg van een westelijke rondweg om Oss. (Zie ook Parallel-west). Verder biedt dit tracé voor een deel dezelfde meekoppelkansen als Hertogswetering Oost waar het gaat om de koppeling met de ecologische verbindingzone.



Tot slot kan dit tracé mogelijk worden gecombineerd met de ontsluiting van de nieuwe intensieve veehouderijbedrijven welke hier in het kader van het LOG zouden kunnen worden ontwikkeld. Deze bedrijven van formaat behoeven een ontsluiting van formaat. Deze kan over de compartimenteringsdijk worden geleid. De veehouderijbedrijven liggen op verbrede plateaus aan de dijk.

5 Verkenning van effectiviteit van tracés

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk is gericht op het in beeld brengen van de effecten van de alternatieve tracés op het overstromingspatroon binnen de dijkkring. De aanleg van een compartimenteringskering verkleint het gebied dat bij een doorbraak overstroomt. Tegelijkertijd wordt ook de berging in het overstroomde gebied verkleind, waardoor 'bovenstrooms' van de kering grotere waterdiepten zullen optreden dan in de situatie zonder kering. De doorbraaklocatie en het tracé bepalen in welke mate deze effecten zich voordoen. Het RBSO-tracé en het tracé Hertogswetering-Oost vormen daarbij uitersten: bij het RBSO-tracé neemt de berging het minst af en bij het tracé Hertogswetering-Oost het meest. In de verkenning van de effectiviteit van de verschillende tracés wordt daarom de meeste aandacht besteed aan deze twee tracés. De effectiviteit van de andere tracés ligt tussen deze twee tracés in.

Het model voor het simuleren van overstromingen genereert een veelheid aan informatie. Een beperkte selectie hiervan wordt in dit hoofdstuk gepresenteerd; meer informatie is opgenomen in een aparte achtergrondrapportage over de uitgevoerde overstromingssimulaties. Deze achtergrondrapportage bevat ook de resultaten van enkele gevoeligheidsanalyses. In dit hoofdstuk worden, voor zover zinvol, per tracé de volgende typen resultaten gepresenteerd en besproken:

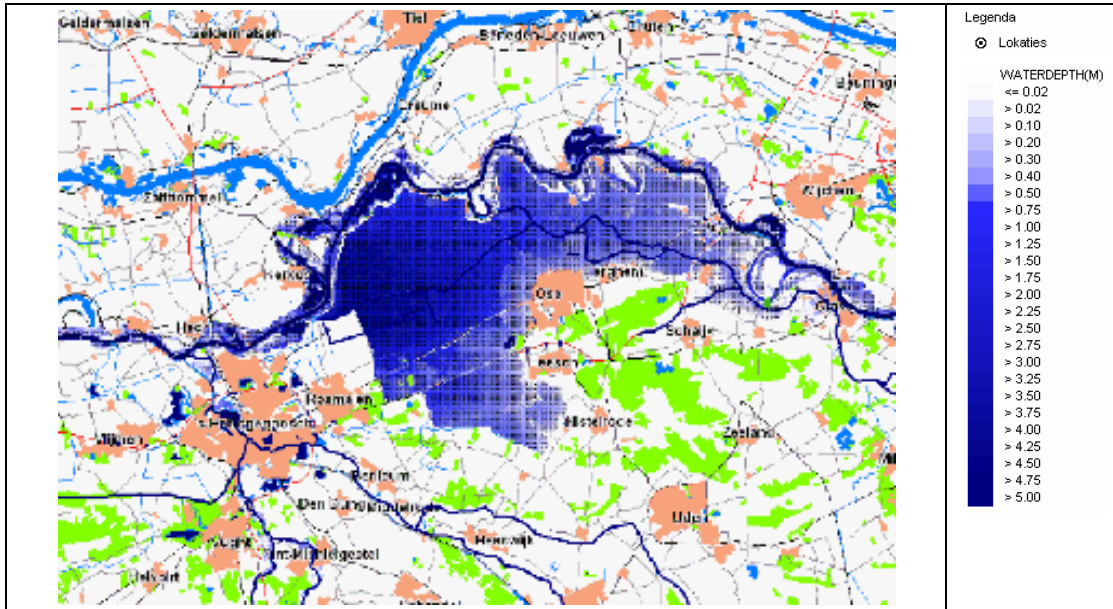
- Een kaart met de omvang van de overstroming en de maximale waterdiepten in het gebied. Hierin is het verloop van het tracés goed te herkennen; het vormt immers een abrupte overgang van overstroomd naar niet-overstroomd gebied.
- Een verschilkaart van waterdiepten zonder en met compartimenteringskering. Aan de hand van deze kaart is goed te beoordelen in welke mate de aanleg van een kering leidt tot toename van overstromingsdiepten in het gebied 'bovenstrooms' van de compartimenteringskering.
- Een kaart met het tijdstip van overstromen; deze kaart laat zien hoeveel uren of dagen zijn verstreken alvorens de overstroming een bepaalde plaats bereikt. Verkleining van de berging kan er ook toe leiden dat een bepaald gebied sneller overstroomt dan in de situatie zonder kering.
- Grafieken met het verloop van de waterstand voor enkele specifieke locaties of het verloop van waterstanden voor verschillende typen situaties. Hiermee wordt een indruk gegeven van het verloop van de overstroming op een bepaalde locatie.

De gepresenteerde informatie heeft vooral betrekking op een doorbraak bij Keent, dat is het maatgevende scenario. Voor enkele tracés worden ook resultaten besproken in geval van een doorbraak bij Lith. Ook wordt nog kort aandacht gegeven aan de invloed van een compartimenteringskering op het overstromingspatroon in geval van een doorbraak benedenstrooms van Gewande. De resultaten tezamen geven een goed beeld van het effect van de verschillende tracés van een compartimenteringskering op het overstromingspatroon.

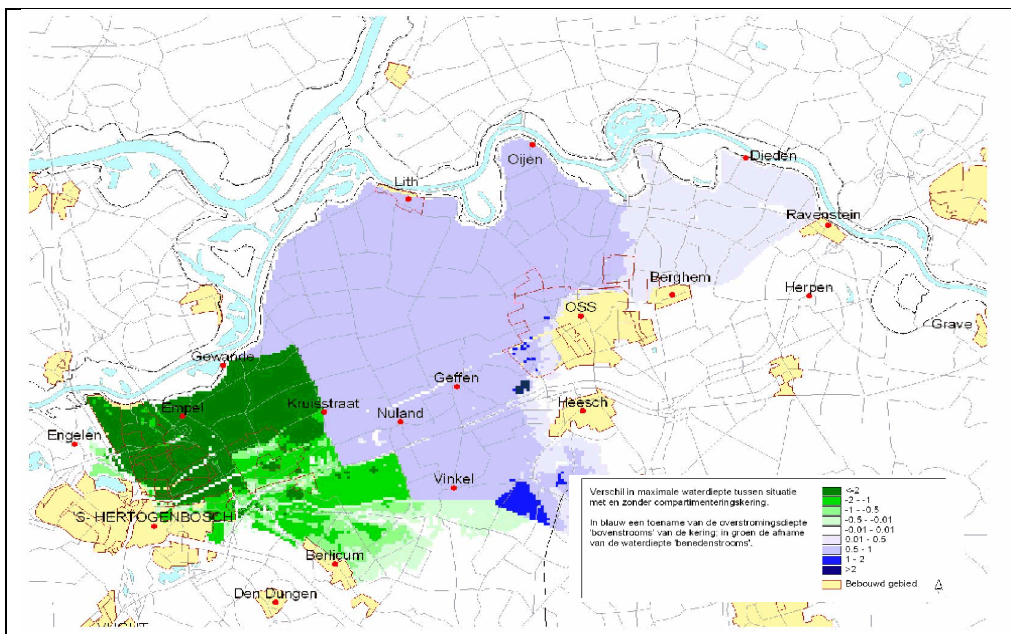
Aan het einde van dit hoofdstuk wordt de informatie over waterdiepten ten gevolge van overstroming nog vertaald in economische schade en wordt aangegeven hoeveel mensen in geval van een overstroming zullen worden getroffen.

5.2 RBSO-tracé

Figuur 5.1 geeft een beeld van de maximale waterdiepten bij aanleg van een compartimenteringskering volgens het RBSO-tracé. Het verschil in waterdiepte met de situatie zonder kering wordt getoond in figuur 5.2.



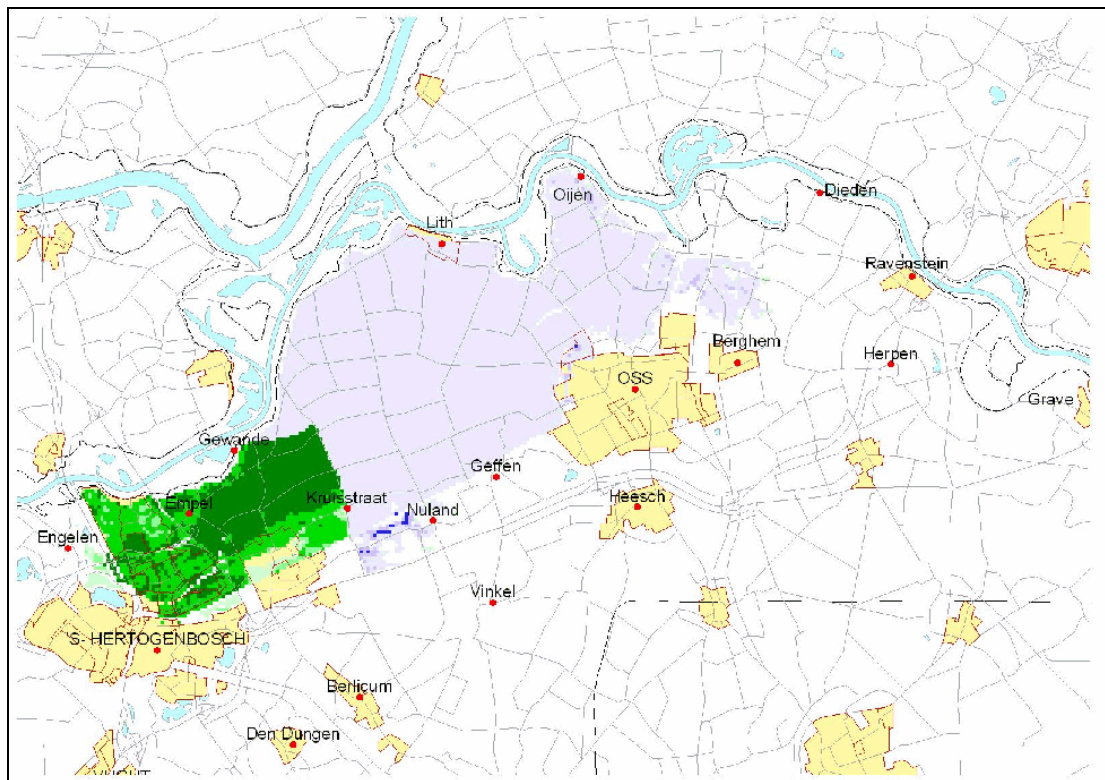
Figuur 5.1 Maximale waterdiepten ten gevolge van een doorbraak bij Keent bij aanwezigheid kering volgens RBSO-tracé bij maatgevende afvoer op de Maas van 3800 m³/s



Figuur 5.2 Verschil in waterdiepte tussen het RBSO-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden

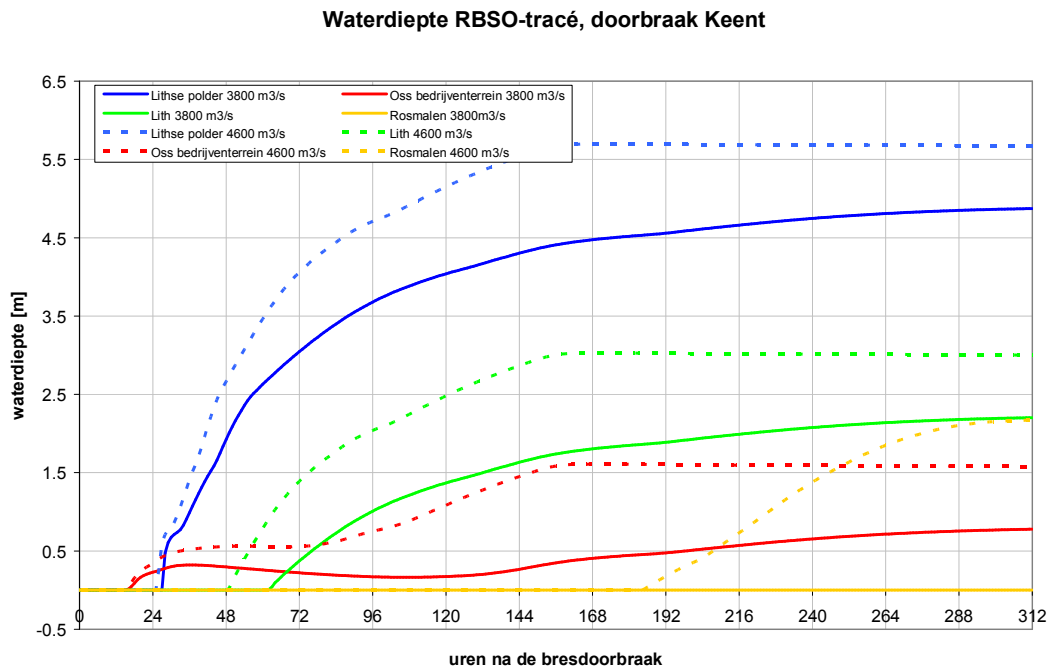
Figuur 5.2 laat zien welke gedeelte van 's-Hertogenbosch en omgeving blijft gevrijwaard van overstroming. De figuur laat ook zien dat de overstromingsdiepten bovenstrooms van de kering met zo'n 0,5 tot 1,0 meter toenemen.

De figuren 5.1 en 5.2 hebben betrekking op een doorbraak bij Keent. Er is in de casestudie dijkkring 36 ook gesimuleerd wat de gevolgen zijn van een doorbraak bij Lith. Zoals al in par 2.2 aangegeven is de omvang van de overstroming bij een doorbraak bij Lith een stuk kleiner dan bij een doorbraak bij Keent. Wanneer voor een doorbraak bij Lith gekeken wordt naar de verschillen tussen de situatie met en zonder kering, dan leidt een kering volgens het RBSO-tracé slechts tot een gering toename van de overstromingsdiepte van minder dan 0,5 meter (zie figuur 5.3).



Figuur 5.3 Verskil in waterdiepte tussen het RBSO-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Lith onder maatgevende omstandigheden

De tot nu toe gepresenteerde resultaten hebben betrekking op de overstromingsdiepten onder maatgevende omstandigheden. Figuur 5.4 geeft voor enkele locaties het verloop van de waterdiepten onder zowel maatgevende als bovenmaatgevende omstandigheden. De figuur laat zien dat bij bovenmaatgevende omstandigheden de overstromingsdiepten ca. 1 meter groter zijn dan onder maatgevende omstandigheden.

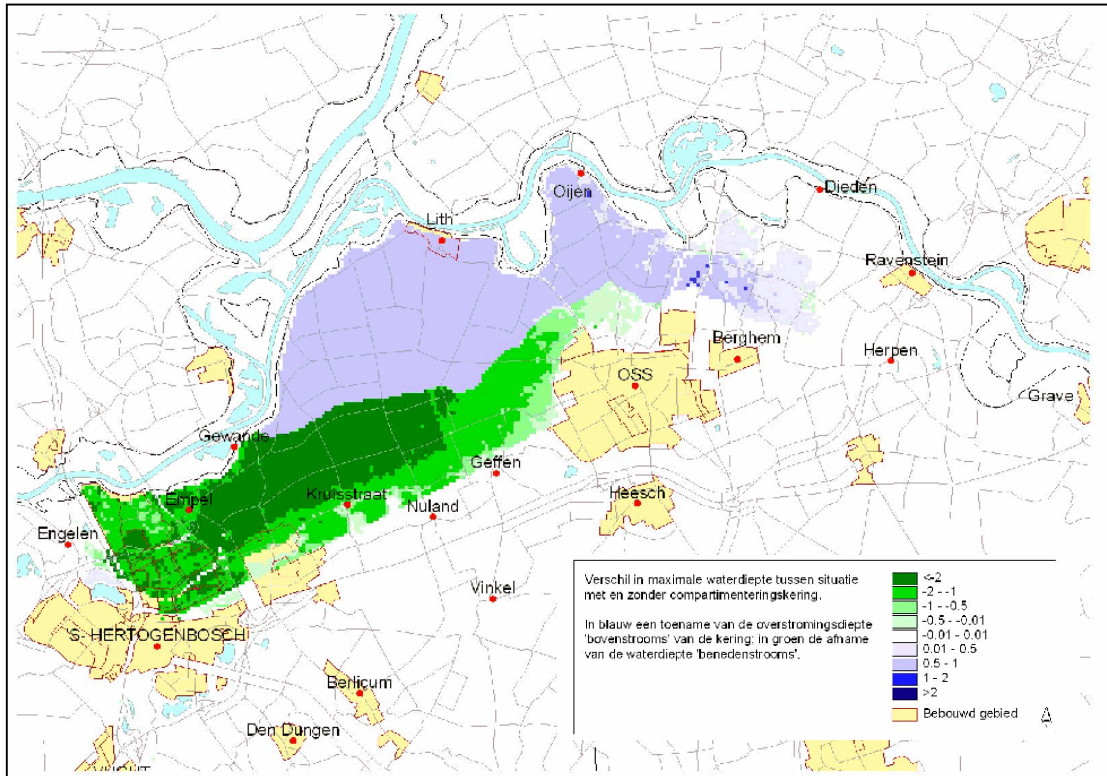


Figuur 5.4 Verloop van waterdiepten voor enkele locaties voor zowel de maatgevende als bovenmaatgevende omstandigheden voor een doorbraak bij Keent

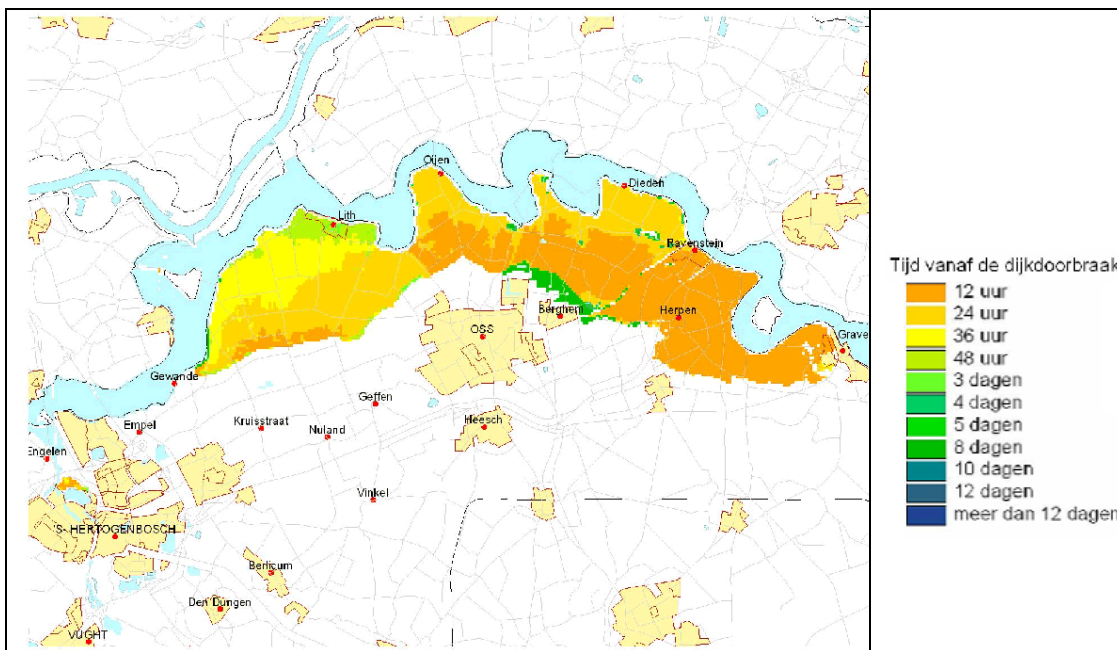
5.3 Tracé Hertogswetering-Oost

Voor het tracé Hertogswetering-Oost laat figuur 5.5 het effect zien van de kering op de maximale waterdiepte. Het verschil met de situatie zonder kering wordt duidelijk in figuur 5.6. Over een groot deel van het gebied tussen de Maas en de compartimenteringskering neemt de overstromingsdiepte met 1- 2 meter toe.

In geval van een doorbraak bij Lith is het overstroomde gebied een stukje kleiner dan in het geval van een doorbraak bij Keent. Bovendien is de toename in overstromingsdiepte ten gevolge van de kering beperkt tot 0,5 – 1,0 meter (zie ook figuur 5.7). De aanleg van een kering leidt niet alleen tot grotere waterdiepten in het 'bovenstroomse' deel, maar de overstroming plant zich ook iets sneller voort. Figuur 5.8 toont voor het gebied het moment van overstromen. Vergelijking met de situatie zonder kering (figuur 2.5) laat zien dat met het verkleinen van de berging de overstroming een gemeente als Lith ongeveer een dag sneller bereikt.



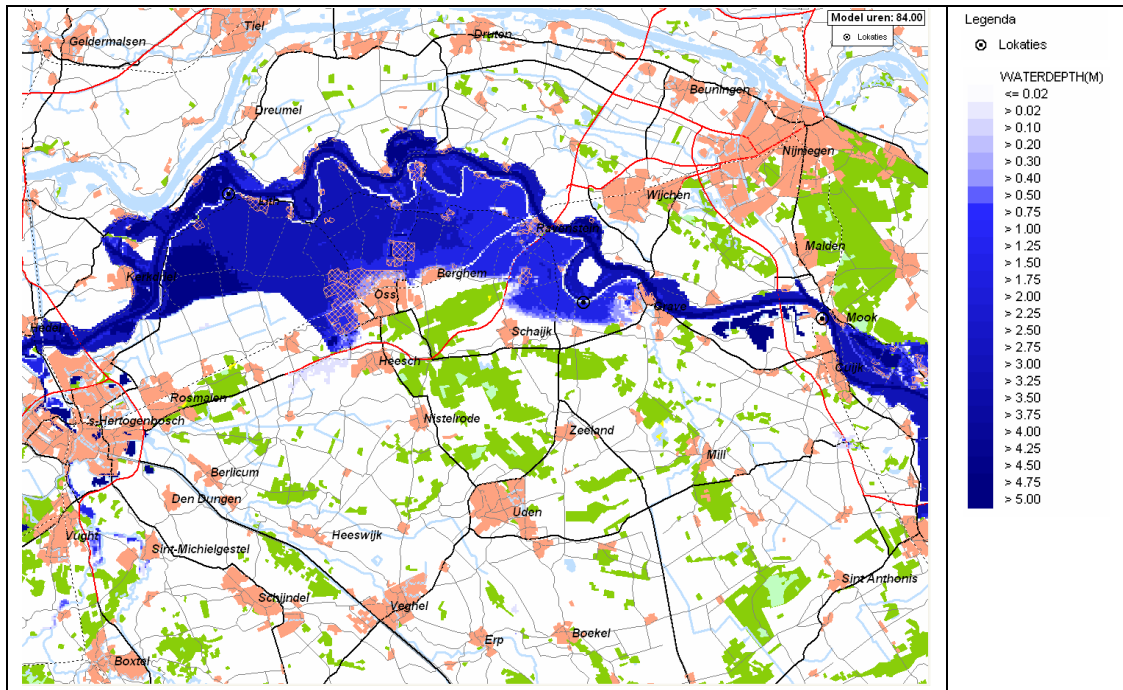
Figuur 5.7 Verschil in waterdiepte tussen het HW-Oost-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Lith onder maatgevende omstandigheden



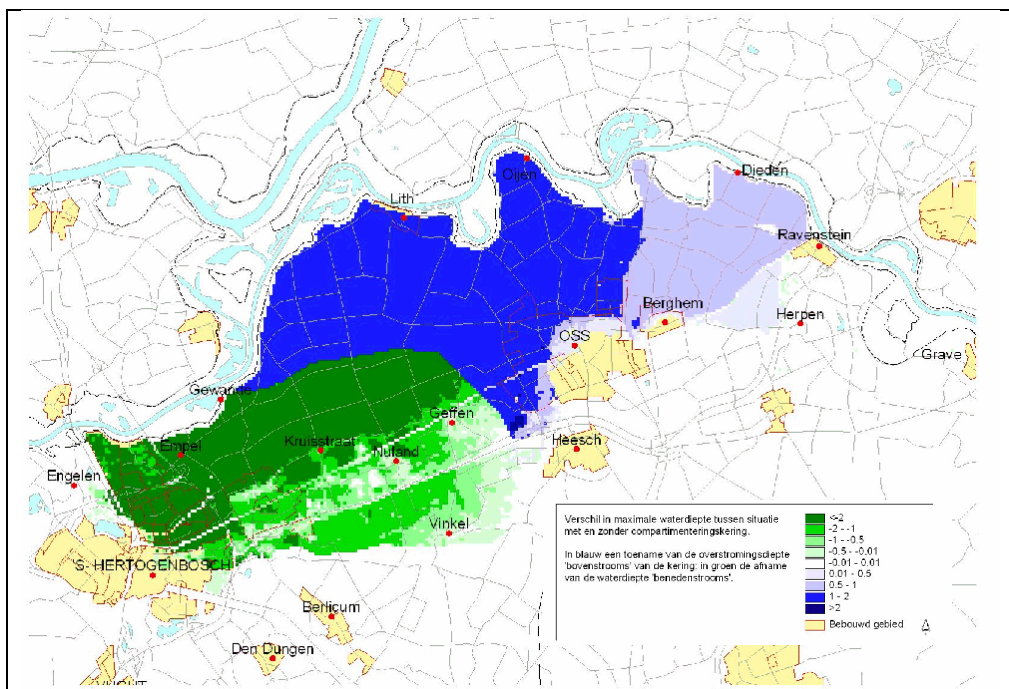
Figuur 5.8 Tijdstip tot overstromen vanaf de dijkdoorbraak in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden op de Maas (met kering volgens HW-Oost-tracé)

5.4 Tracé Hertogswetering-West

Voor het tracé Hertogswetering-West laat figuur 5.9 het effect zien van de kering op de maximale waterdiepte. Figuur 5.10 toont het verschil met de situatie zonder kering.

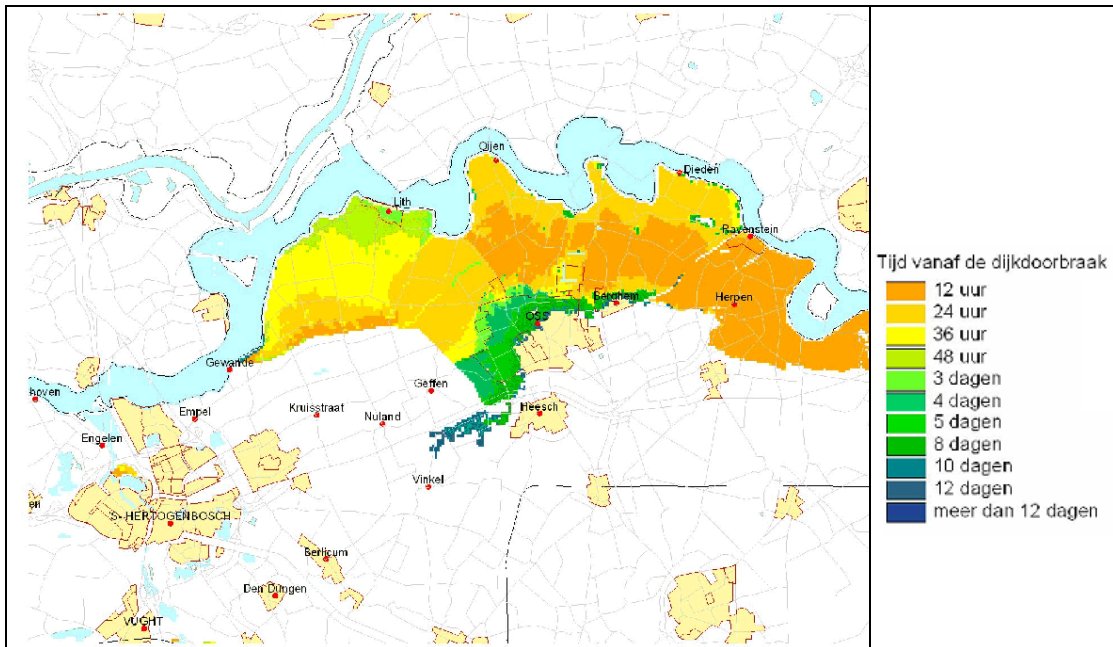


Figuur 5.9 Maximale waterdiepten ten gevolge van een doorbraak bij Keent bij aanwezigheid kering volgens Hertogswetering-West-tracé bij maatgevende afvoer op de Maas van 3800 m3/s



Figuur 5.10 Verschil in waterdiepte tussen het HW-West-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden

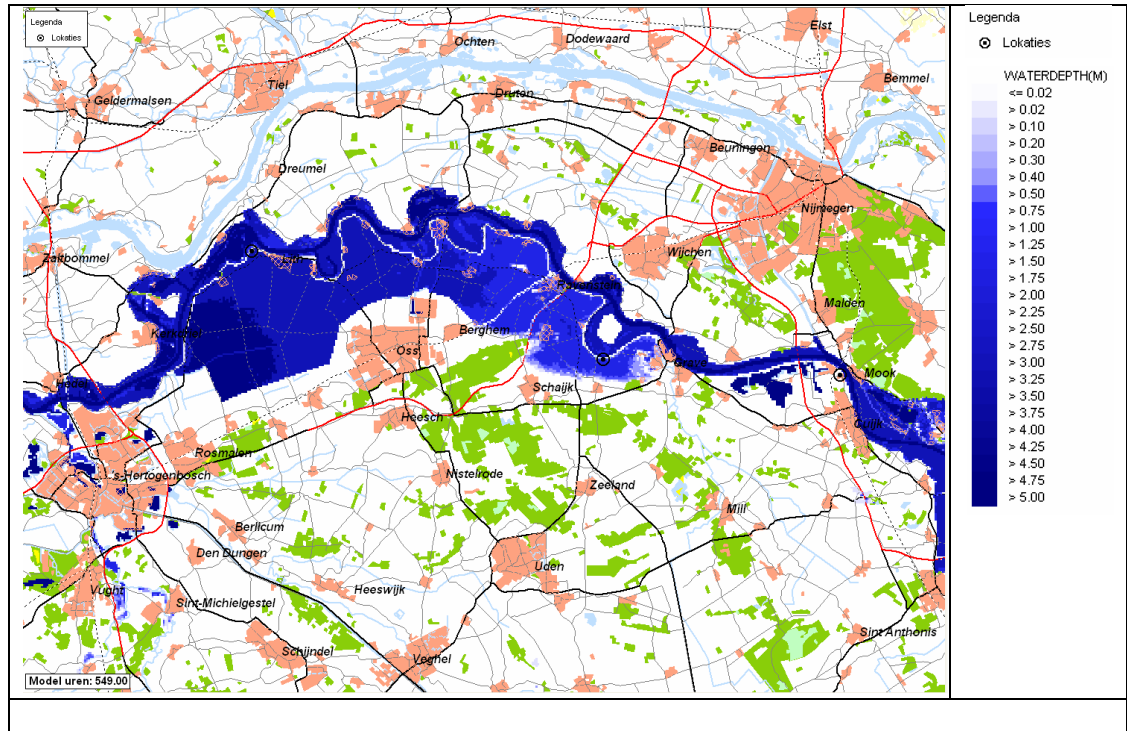
Figuur 5.10 maakt duidelijk dat over een groot deel van het gebied tussen de Maas en de compartimenteringskering de overstromingsdiepte met 1- 2 meter toeneemt; alleen in het gebied tussen Berghem en Ravenstein is de toename minder: van 0,5 – 1,0 m. Ook de snelheid van overstromen neemt enigszins toe ten opzichte van de situatie zonder kering, maar minder dan in het geval van Hertogswetering-Oost (zie figuur 5.11).



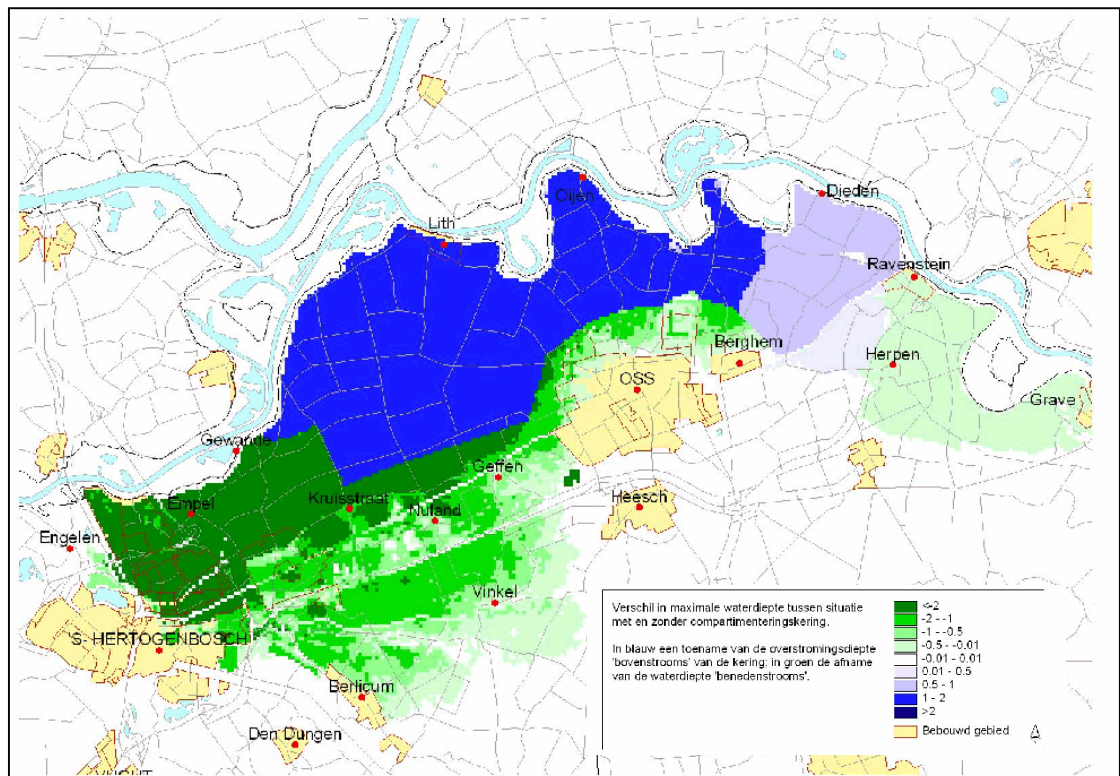
Figuur 5.11 Tijdstip tot overstromen vanaf de dijkdoorbraak in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden op de Maas (met kering volgens HW-West-tracé)

5.5 Tracé Parallel-Oost

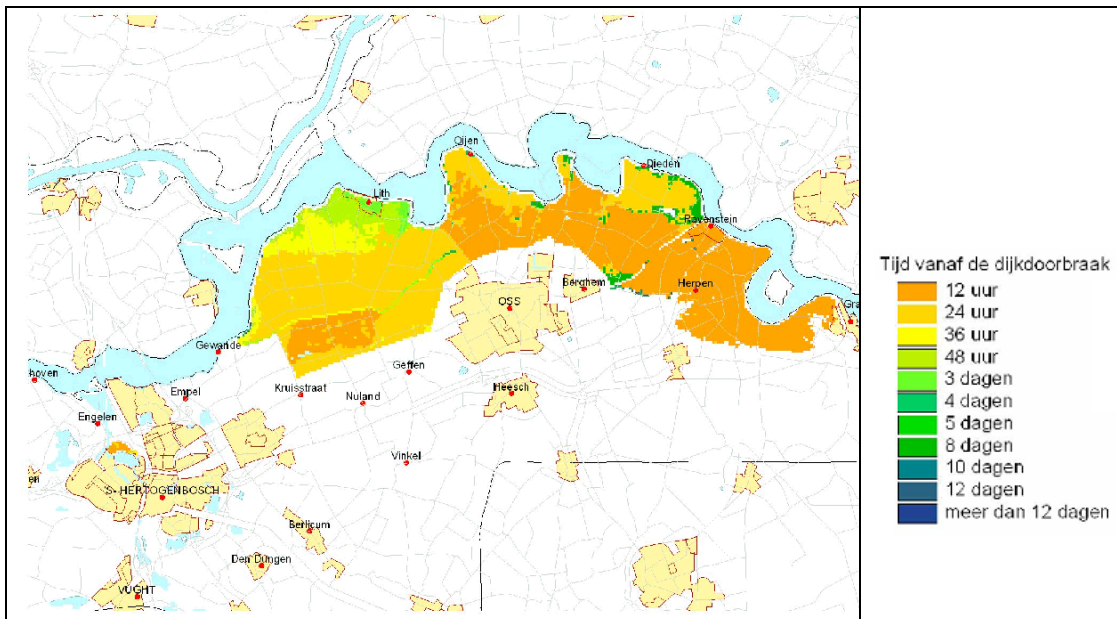
Voor het tracé Parallel-Oost laat figuur 5.12 het effect zien van de kering op de maximale waterdiepte. Figuur 5.13 toont het verschil met de situatie zonder kering. De laat zien dat over een groot deel van het gebied tussen de Maas en de compartimenteringskering de overstromingsdiepte met 1- 2 meter toeneemt; alleen in het gebied tussen Berghem en Ravenstein is de toename minder: van 0,5 – 1,0 m. Ook de snelheid van overstromen neemt enigszins toe ten opzichte van de situatie zonder kering, maar minder dan in het geval van Hertogswetering-Oost (zie figuur 5.14). De hydraulische effecten van dit tracé liggen in tussen het tracé Hertogswetering-Oost en het tracé Hertogswetering-West.



Figuur 5.12 Maximale waterdiepten ten gevolge van een doorbraak bij Keent bij aanwezigheid kering volgens Parallel Oost -tracé bij maatgevende afvoer op de Maas van 3800 m³/s



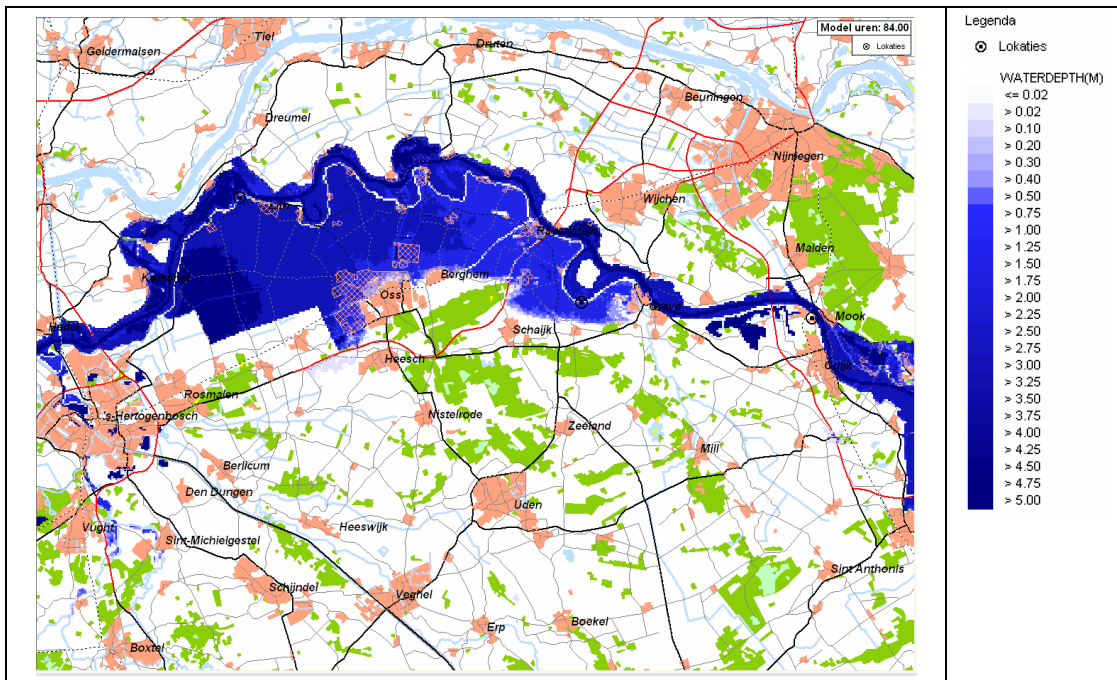
Figuur 5.13 Verschil in waterdiepte tussen het Par-Oost-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden



Figuur 5.14 Tijdstip tot overstromen vanaf de dijkdoorbraak in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden op de Maas (met kering volgens Par-Oost-tracé)

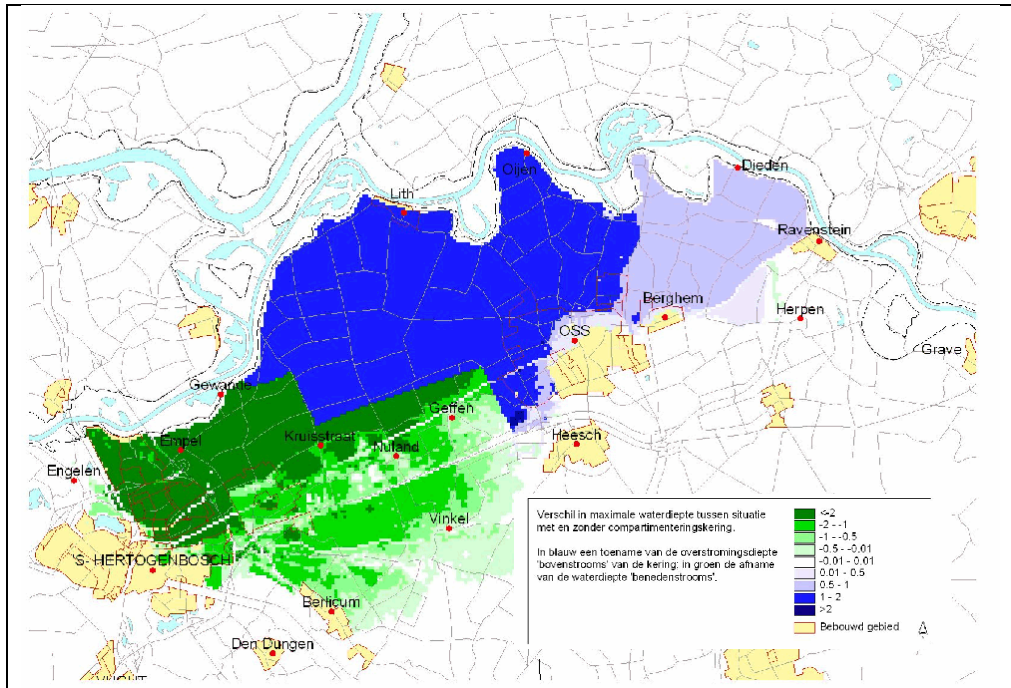
5.6 Tracé Parallel-West

Figuur 5.15 toont de maximale waterdiepten bij het tracé Parallel-West.

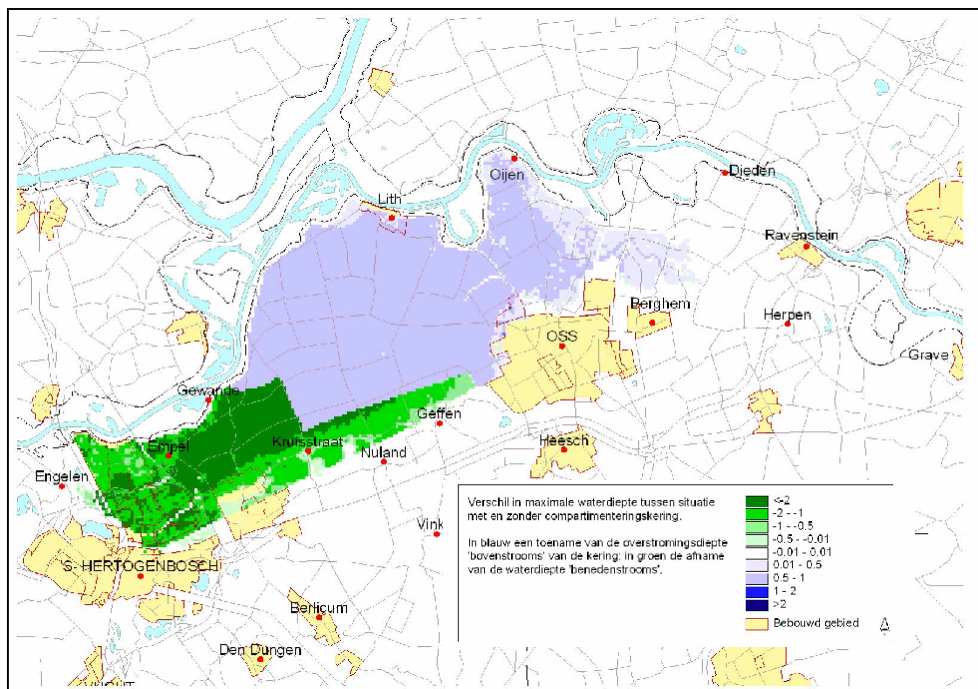


Figuur 5.15 Maximale waterdiepten ten gevolge van een doorbraak bij Keent bij aanwezigheid kering volgens Parallel West-tracé bij maatgevende afvoer op de Maas van 3800 m³/s

De verschillen in maximale waterdiepte met de situatie zonder kering zijn opgenomen in figuur 5.16. Ook in dit geval is sprake van een fors gebied tussen kering en Maasdijken waar de overstromingsdiepte toeneemt met zo'n 1-2 meter. Figuur 5.17 laat zien dat die verschillen bij een doorbraak bij Lith een stuk kleiner zijn.



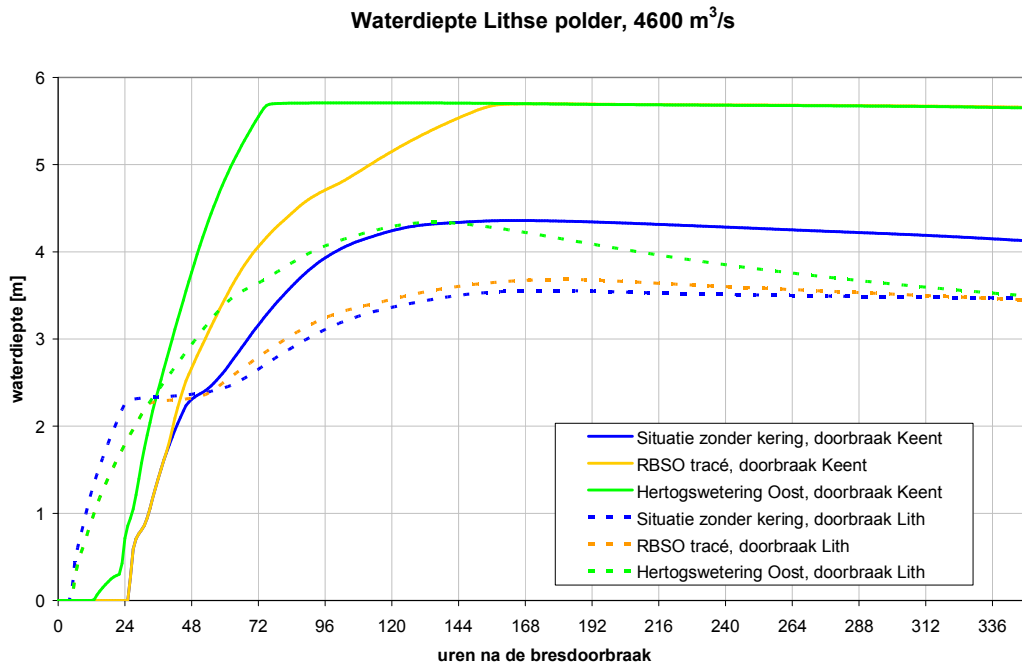
Figuur 5.16 Verskil in waterdiepte tussen het Par-West-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Keent onder maatgevende omstandigheden



Figuur 5.17 Verskil in waterdiepte tussen het Par-West-tracé en de situatie zonder kering in geval van een doorbraak bij Lith onder maatgevende omstandigheden

5.7 Vergelijking tussen verschillende tracés

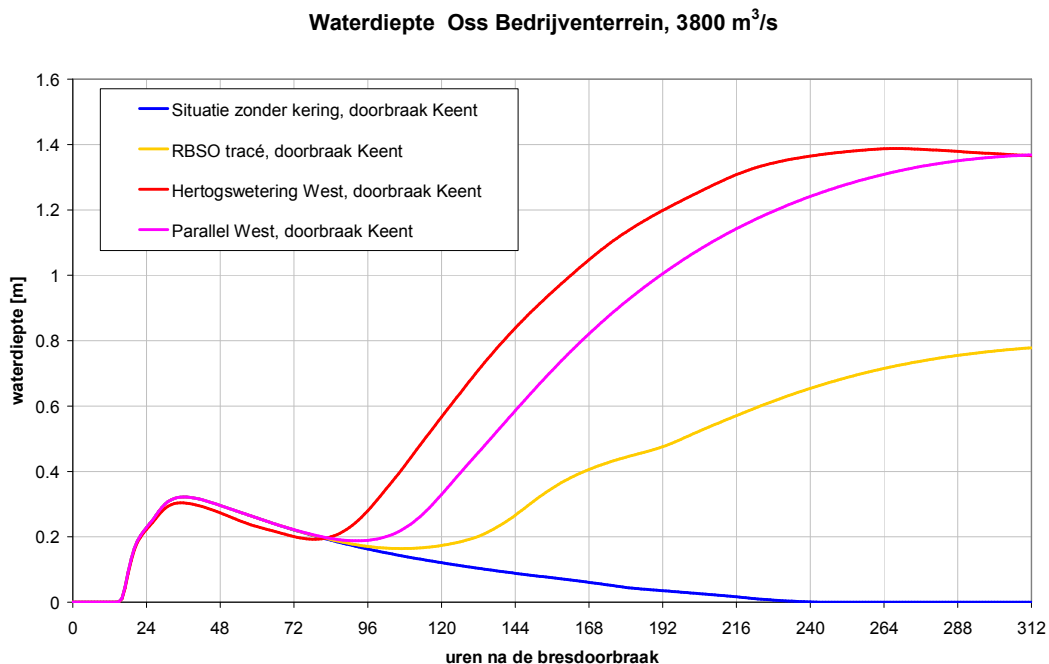
In de figuren 5.18 en 5.19 is voor resp. de Lithse polder en het Bedrijventerrein Oss het verloop van de waterdiepte getoond voor verschillende tracés en doorbraaklocaties. Figuur 5.18 laat zien dat in de Lithse polder de overstromingsdiepte door de aanleg van een kering compartimenteringskering zo'n 1,5 meter toeneemt in geval van een doorbraak bij Keent, Bij een doorbraak bij Lith is het effect beperkt.



Figuur 5.18 Verloop van waterstanden in de Lithse polder bij tracés van RBSO en Hertogswetering-Oost bij doorbraken bij Keent resp. Lith

Figuur 5.18 laat ook het effect zien van een compartimenteringskering op de stijgsnelheid van het water 'bovenstrooms' van een compartimenteringskering. In de situatie zonder kering wordt de maximale waterdiepte na ca. 5 dagen bereikt. Bij het tracé Hertogswetering-Oost, waarbij de berging het meest wordt verkleind, wordt de maximale waterdiepte al na 3 dagen bereikt. Hierbij zij opgemerkt dat het gaat om de gevolgen van een doorbraak bij overschrijding van maatgevende omstandigheden. Dergelijke omstandigheden zijn vrij goed te voorspellen, zodat het gebied in beginsel op tijd geëvacueerd kan worden. Een hogere stijgsnelheid hoeft dus niet noodzakelijkerwijs ook een grotere kans op slachtoffers te betekenen.

Het verloop van de waterstanden in Figuur 5.19 laat zien dat bij het Oss bedrijventerrein sprake van een toename van de overstromingsdiepte met ca. 0,5 m bij het RBSO-tracé, terwijl de westelijke varianten van de tracés Hertogswetering en Parallel een toename van ca. 1,0 m laten zien.

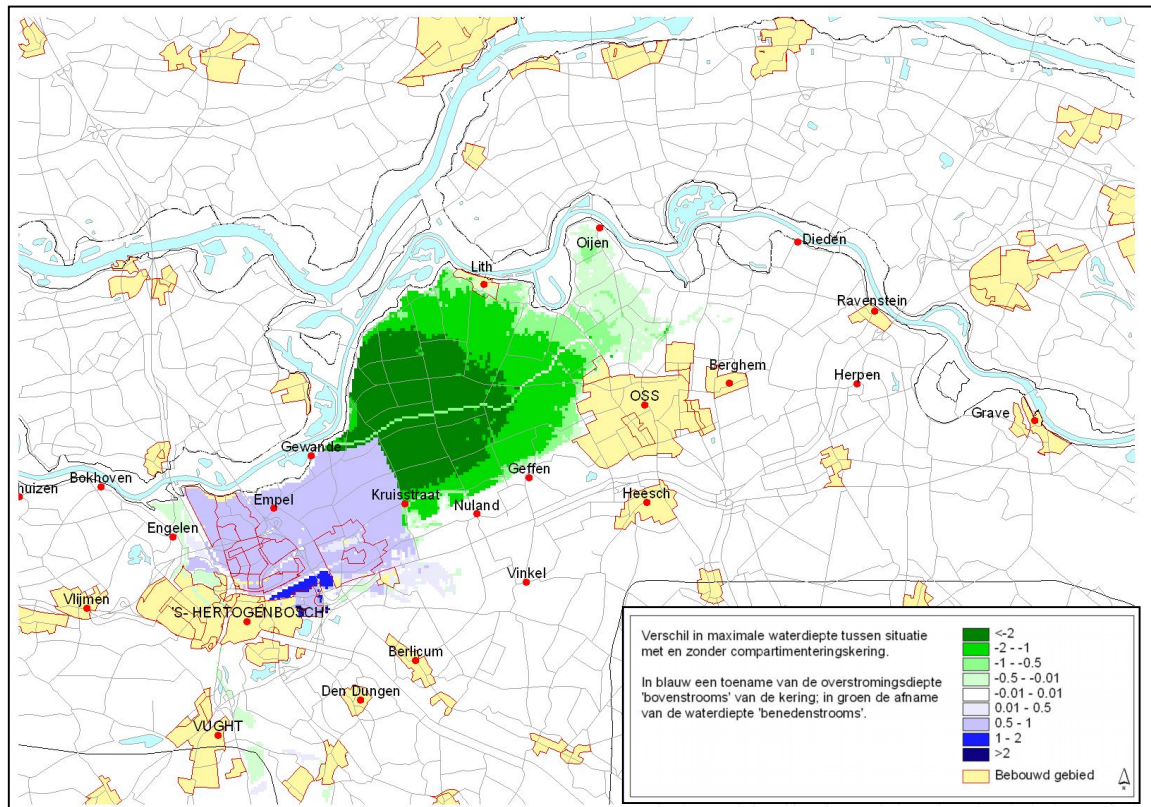


Figuur 5.19 Verloop van waterstanden bij Oss bedrijventerrein bij verschillende tracés in geval van een doorbraak bij Keent

5.8 Gevolgen doorbraak benedenstrooms Gewande

De hiervoor besproken resultaten hadden betrekking op het effect van een compartimenteringskering in geval van een doorbraak bij Keent of Lith. In een verkennende analyse is tevens onderzocht wat het effect zou zijn van een compartimenteringskering indien zich een doorbraak zou voordoen juist benedenstrooms van de plaats waar de compartimenteringskering aantakt op de primaire kering. Deze analyse is uitgevoerd voor het RBSO-tracé omdat bij dit tracé het grootste effect van de compartimenteringskering op het overstromingspatroon mag worden verwacht.

Figuur 5.20 laat het resultaat van de analyse zien. Het resultaat is min of meer het spiegelbeeld van een doorbraak bij Lith (vergelijk figuur 5.3). Nu blijft de Lithse polder gevrijwaard van overstromingen en ligt 's-Hertogenbosch 'bovenstrooms' van de kering. Een kering volgens het RBSO-tracé leidt voor het overstroomde gedeelte van 's-Hertogenbosch tot een toename van de overstromingsdiepten van 0,5 – 1,0 meter.



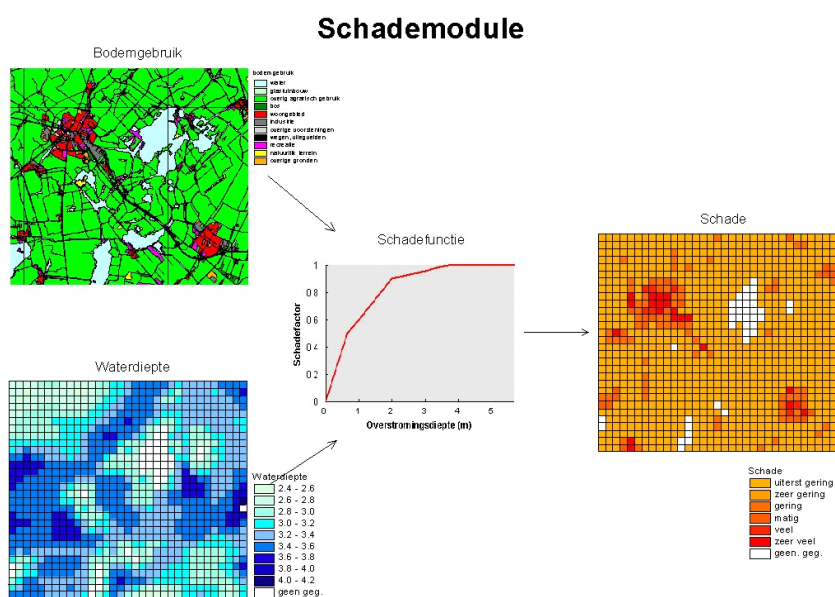
Figuur 5.20 Verskil in maximale waterdiepte voor tracé RBSO in meters ten gevolge van een doorbraak bij Gewande bij maatgevende afvoer op de Maas van $3800 \text{ m}^3/\text{s}$

5.9 Baten van alternatieve tracés: de vermeden schaden

Deze paragraaf presenteert de schattingen van schaden en slachtoffers ten gevolge van een overstroming. De gepresenteerde waarden hebben betrekking op het overstromingsscenario van een doorbraak bij Keent bij een maatgevende afvoer van $3800 \text{ m}^3/\text{s}$ op de Maas.

Economisch schade

Voor het bepalen van de economische gevolgen van overstromingen is gebruik gemaakt van de zogeheten Schade en SlachtofferModule van het Hoogwater Informatie Systeem (HIS-SSM). Dit is een door Rijkswaterstaat ontwikkelde methode, die binnen Nederland 'standaard' wordt gebruikt om de economische schade ten gevolge van overstromingen te schatten. Informatie over het grondgebruik wordt tezamen met informatie over waterdiepten en stroomsnelheden vertaald in economische schade met behulp van schadefuncties per type grondgebruik. Figuur 5.21 geeft een kenschets van de methode. In de case dijkkring 36 is gewerkt met de meest recente versie van HIS-SSM (november 2007). Het grondgebruik in deze versie heeft echter nog betrekking op de situatie van 2002. Dit betekent dat ontwikkelingen van de laatste jaren, zoals de stedelijke uitbreiding Groote Wielen als het bedrijventerrein Oss niet goed zijn opgenomen. De schaden zullen daarmee enigszins worden onderschat.



Figuur 5.21 Methode van HIS-SSM voor bepaling van economische schade door overstromingen

De met HIS-SSM berekende schade betreft zowel directe als indirecte schade. HIS-SSM bevat niet alle schaden; daarom zijn opslagen toegepast voor hulpverlening en schoonmaak, uitval van belangrijke verkeersaders en (immateriële) welzijnsschade. Het gaat om een totale opslag van ca. 50 % (zie ook de rapportage over het beoordelingskader). De geraamde schade (incl. de 50 % opslag) voor de huidige situatie alsmede voor de verschillende tracés is getoond in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Economische schade en baten bij verschillende tracés

Tracé	Schade (in miljoenen Euro)	Baten (in miljoenen Euro)
huidige situatie	8.010	
RBSO	3.915	4.095
HW-West	4.080	3.930
HW-Oost	1.515	6.495
Par-West	4.095	3.915
Par-Oost	1.560	6.450

Zoals tabel 5.1 laat zien (de tweede kolom) neemt door een compartimenteringskering de economische schade in het gebied af; het sterkst bij de tracés Parallel-Oost en Hertogswetering-Oost. Vergelijking van het tracé Hertogswetering-west met de huidige situatie laat zien dat de netto schade in het gebied met ca. 4 miljard Euro afneemt. Het is het netto effect van de afname van de schade in de agglomeratie ‘s-Hertogenbosch en een zekere toename van de schade in het gebied bovenstrooms van de compartimenteringskering. Vergelijking van de oostelijke en westelijke variant van het tracé Hertogswetering laat zien dat de extra bescherming van het gebied rond Oss de schade verder doet afnemen met ca. 2 miljard Euro.

Het verschil in economische schade tussen de situatie met resp. zonder kering vormt de economische baten van de aanleg van een compartimenteringskering. Deze baten zijn getoond in de derde kolom van tabel 5.1. Voor het goede begrip zij opgemerkt dat dit de baten zijn in geval van een overstroming; een overstroming die slechts een zeer kleine kans van voorkomen heeft. De jaarlijkse baten zullen al gauw een factor 1000 kleiner zijn dan de baten zoals getoond in tabel 5.1.

Slachtoffers en getroffen

Een overstroming leidt niet alleen tot economische schade; bewoners zullen ook wateroverlast kunnen ondervinden of mogelijk zelfs slachtoffer worden van overstromingen. Met HIS-SSM kunnen ook schattingen worden gemaakt van aantallen slachtoffers en getroffen in geval van een overstroming. Onder getroffen wordt daarbij verstaan personen die wateroverlast ondervinden en/of personen die hun huis voor kortere of langere tijd moeten verlaten.

In hoeverre bij een overstroming slachtoffers vallen is sterk afhankelijk van een tijdige, succesvolle evacuatie van het gebied. Voor het rivierengebied zijn er in beginsel goede mogelijkheden tot evacuatie en kan/zal het aantal slachtoffers van een overstroming naar verwachting zeer beperkt blijven. Dat neemt niet weg dat een schatting van het aantal slachtoffers *zonder evacuatie* wel een maat vormt voor de dreiging van een overstroming. Berekeningen laten zien dat deze dreiging ten opzichte van de huidige situatie zonder kering tot zo'n 20-40% afneemt.

Aanleg van een compartimenteringskering leidt eveneens tot een forse afname van het aantal getroffen van een overstroming, met name bij de oostelijke varianten van de tracés Hertogswetering en Parallel. In de situatie zonder compartimenteringskering bedraagt het aantal getroffen iets meer dan 110.000 personen. Bij het RBSO-tracé en de beide westelijke varianten van de tracés Hertogswetering en Parallel neemt het aantal getroffen af tot iets meer dan 60.000. Bij de oostelijke varianten van de tracés Hertogswetering en Parallel neemt het aantal getroffen nog verder af tot zo'n 20.000. Een en ander logisch samenhangend met de reductie van het overstroomde gebied in geval van een overstroming.

6 Vergelijking van alternatieve tracés

6.1 Inleiding

In de hoofdstukken 4 en 5 zijn de individuele tracés verkend op hun inpasbaarheid en hun effectiviteit. In dit hoofdstuk worden de verschillende tracés op een aantal aspecten onderling vergeleken. Belangrijk onderdeel van die vergelijking is een (globale) kosten-batenanalyse. Maar zijn er ook andere aspecten en overwegingen, die mede bepalend zijn voor de beoordeling van de aantrekkelijkheid van een compartimenteringskering. Dan gaat het om de bijdrage aan een betere beheersing van het overstromingsrisico (gevolgbeperking), de inpasbaarheid binnen de regionale ontwikkeling alsook de robuustheid van een compartimenteringskering. Deze aspecten komen in dit hoofdstuk aan de orde.

6.2 Globale kosten-batenanalyse van tracés

Voor de globale kosten-batenanalyse in het kader van de casestudie dijkkring 36 wordt aangesloten op de werkwijze zoals gehanteerd in de kosten-batenanalyse van de RBSO-studie. Voor de bepaling van de batenkosten verhouding wordt gekeken wordt naar het eerstejaars rendement in de referentiesituatie 2015; dat is het moment waarop de primaire keringen op orde zouden moeten zijn en ruimte voor de rivier maatregelen zijn uitgevoerd. Het eerstejaars rendement is daarbij gedefinieerd als de verhouding tussen de gemiddelde jaarlijkse baten en de jaarlijkse kosten.

Kostenraming van alternatieve tracés

De uitvoering van de verschillende tracés vergt het aanleggen of verhogen van dijken, het creëren of aanpassen van wegovertgangen en de aanleg van nieuwe infrastructuur zoals duikers en coupures. Tabel 6.1 geeft een indruk van de omvang van de infrastructurele werken. Voor de lengte van aan te leggen of te verhogen dijken is nog onderscheid gemaakt tussen een verhoging met meer of minder dan 3 m.

Tabel 6.1 Enkele kenmerken van de beschouwde tracés

Tracé	Dijk ≤ 3m [km]	Dijk > 3m [km]	Duikers [#]	Wegover- gangen [#]	Coupures [#]
RBSO	6,8	9,5	3	11	5
Hertogswetering_oost	11,9	10,1	1	14	1
Hertogswetering_west	2,4	10,1	1	9	1
Parallel_oost	12,0	13,5	3	22	1
Parallel_west	2,4	10,5	3	14	1

Voor de verschillende tracés zijn de kosten globaal geraamd. Dit is gedaan met de methode zoals ontwikkeld en toegepast in de RBSO-studie. De kosten omvatten bouwkosten plus vastgoedkosten, engineering kosten, overige bijkomende kosten en 20 % project onvoorzien. Ten opzichte van de RBSO-studie is het prijspeil aangepast naar 2007. De geraamde kosten per tracé zijn getoond in tabel 6.2; daarbij is onderscheid gemaakt tussen kosten van dijken, van kunstwerken en van wegovertgangen.

De kosten zijn exclusief BTW en exclusief de kosten voor eventueel te slopen woningen, de kosten voor beheer- en onderhoud en eventuele kosten voor planschade en aanverwante kosten.

Tabel 6.2 Globale kostenraming van verschillende tracés

Tracé	Kosten van tracés [miljoenen Euro's]				Lengte tracé [km]	Kosten / km [M€ / km]
	Dijken	Kunstwerk	Wegen	Totaal		
RBSO	71,2	21,9	19,6	112,7	16,3	6,9
Hertogswetering_oost	99,2	19,1	22,4	140,7	22,0	6,4
Hertogswetering_west	69,5	10,8	16,2	96,4	12,5	7,7
Parallel_oost	119,3	15,4	43,6	178,2	25,5	7,0
Parallel_west	73,3	7,1	31,8	112,1	13,0	8,6

De kosten zoals gepresenteerd in tabel 6.2 zijn de uitkomst van een door Arcadis uitgevoerde 'second opinion' van een eerder opgestelde kostenraming. De kosten in tabel vormen een centrale schatting. Gezien het globale karakter van de kostenraming moet worden rekening gehouden met een onzekerheidsmarge van 20 % naar boven en naar beneden.

Bepaling van gemiddelde jaarlijkse baten

In tabel 5.1 van par. 5.9 zijn de baten gepresenteerd van de aanleg van een compartimenteringskering. Dit betreft de vermeden schade in geval van een overstroming. Het betreft de baten voor het jaar 2007. Voor de bepaling van het eerste jaarsrendement van de referentiesituatie moeten deze baten nog worden omgerekend naar het jaar 2015. Daarbij wordt uitgegaan van een jaarlijkse economische groei van 2 %. De resultaten zijn getoond in tabel 6.3

Tabel 6.3 Overzicht van baten in huidige situatie en in referentiejaar 2015.

	Baten (2007) (in miljoenen Euro)	Baten (2015) (in miljoenen Euro)
huidige		
RBSO	4.095	4790
HW-West	3.930	4600
HW-Oost	6.495	7600
Par-West	3.915	4580
Par-Oost	6.450	7550

Voor het bepalen van de verwachte jaarlijkse baten moeten de baten in geval van een overstroming worden vermenigvuldigd met de kans op zo'n overstroming. Die kans op een overstroming is uitermate klein. De kennis ontbreekt evenwel nog om die kans nauwkeurig vast te stellen. In het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) worden sinds een aantal jaren methoden ontwikkeld om zo'n overstromingskans beter te kunnen bepalen. Het project VNK zal naar verwachting in 2009 leiden tot goed onderbouwde schattingen van de overstromingskans.

Tot die tijd moet worden teruggevallen op andere benaderingen of uitkomsten van andere studies. In het kader van deze casestudie wordt een drietal benaderingen in een gevoeligheidsanalyse naast elkaar gezet.

- Eén benadering is om ervan uit te gaan dat de overstromingskans gelijk is aan de kans op overschrijding van de maatgevende omstandigheden: een kans van 1/1250 per jaar. Die kans kan als een bovengrens worden beschouwd omdat een waterkering veelal een zekere reststerkte zal kennen (bijvoorbeeld een waakhoogte). Aan de andere kant laat resultaten uit het project VNK zien dat ook andere mechanismen dan overlopen bijdragen aan de overstromingskans.
- In de RBSO-studie is gewerkt met een aantal schattingen van de overstromingskans, uiteenlopend van 1/2150 t/m 1/2450 per jaar. In die schattingen is aangenomen dat het probleem van opbarsten en onderloopsheid ('piping') volledig is opgelost. Berekeningen in het kader van het project VNK hebben echter laten zien dat dit faalmechanisme een substantiële bijdrage aan de overstromingskans kan leveren. De eerdere schattingen vanuit de RBSO-studie kunnen worden beschouwd als een ondergrens.
- In de recente studie NL Later van het Milieu- en Natuur Planbureau zijn ook schattingen gemaakt voor de kans op een doorbraak bij maatgevende omstandigheden voor dijkkring 36. Deze kans is geschat op 1/2000. Deze kans wordt in deze casestudie als centrale schatting gehanteerd.

Bepaling van de batenkosten verhouding

Het eerste jaarsrendement betreft de verhouding tussen de gemiddelde jaarlijkse baten en de jaarlijkse kosten. Voor het omrekenen van investeringskosten naar jaarlijkse kosten wordt uitgegaan van een disconteringsvoet van 2,5 %. Bij het bepalen van de totale jaarlijkse kosten wordt daarnaast rekening gehouden met beheer- en onderhoudskosten gelijk aan 1% van de investeringskosten. Voor het bepalen van de jaarlijkse baten is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met schattingen voor de overstromingskans van 1/1250, 1/2000 resp. 1/2450 per jaar. De resultaten van deze analyse zijn opgenomen in tabel 6.4. Bij de bepaling van de batenkosten verhouding is bovendien rekening gehouden met de onzekerheid van 20 % in de kostenschattingen. In de tabel zijn daarom voor de batenkosten verhouding marges gepresenteerd. De tabel laat zien dat de batenkosten verhouding alleen hoger is dan 1.0 in het geval van een relatief grote overstromingskans van 1/1250 per jaar.

Tabel 6.4 Batenkosten verhouding voor de verschillende tracés op basis van het eerstejaarsrendement

Tracé	B/K (2015) 1/1250 per jaar	B/K (2015) 1/2000 per jaar	B/K (2015) 1/2450 per jaar
overstromingskans	1/1250 per jaar	1/2000 per jaar	1/2450 per jaar
RBSO	0,81 - 1,21	0,51 - 0,76	0,41 - 0,62
Hertogswetering_oost	1,03 - 1,54	0,64 - 0,96	0,52 - 0,79
Hertogswetering_west	0,91 - 1,36	0,57 - 0,85	0,46 - 0,70
Parallel_oost	0,81 - 1,21	0,50 - 0,76	0,41 - 0,62
Parallel_west	0,78 - 1,17	0,49 - 0,73	0,40 - 0,60

Noot:

Eerder is opgemerkt dat bij de bepaling van de schade c.q. de baten is uitgegaan van beschikbare informatie over het grondgebruik voor het jaar 2002. Hierdoor zullen de baten enigszins zijn onderschat; dit betekent dat de batenkosten verhouding voor alle tracés iets hoger kan liggen.

6.3 Bijdrage aan gevolgbeperking

De aanleg van een compartimenteringskering beoogt door gevolgbeperking bij te dragen aan een betere beheersing van het overstromingsrisico binnen de dijkkring. Die bijdrage kan worden afgemeten aan een aantal criteria:

- *Dreiging van slachtoffers*: Binnen het riviereengebied bestaan in beginsel goede mogelijkheden voor een tijdige evacuatie. het risico op slachtoffers is dan ook beperkt. Dat laat onverlet dat een compartimenteringskering enige invloed kan hebben op het risico van slachtoffers, zeker in een situatie dat een evacuatie onverhoopt niet volledig succesvol kan worden uitgevoerd. Aangegeven wordt welke reductie in dreiging kan optreden ten opzichte van de huidige situatie door de aanleg van een compartimenteringskering; een en ander gebaseerd op verschillen in de schattingen van het aantal slachtoffers in geval *geen evacuatie* heeft plaatsgevonden.
- *Aantal getroffen*: dit betreft het aantal personen dat enigerlei vorm van wateroverlast ondervindt. Dit aantal hangt uiteraard sterk samen met de omvang van de overstroming en de ligging van bevolkingsconcentraties.
- *Verdeling van risico in dijkkring*: door de aanleg van een compartimenteringskering verandert de verdeling van het risico binnen de dijkkring. Bepaalde gebieden blijven gevrijwaard van overstromingen terwijl in andere gebieden de overstromingsdiepte kan toenemen.

Tabel 6.5 Beoordeling van tracés op bijdragen aan gevolgbeperking

Tracé	Aspect	Dreiging van slachtoffers (% tov huidige situatie)	Aantal getroffen	Toename van overstromingsdiepte tov zonder kering
huidige		100	112.000	niet
RBSO		40	65.000	0,5 -1,0 m
HW-West		50	64.000	tot 2 m
HW-Oost		20	20.000	tot 2 m (fors gebied)
Par-West		50	64.000	tot 2 m
Par-Oost		20	20.000	tot 2 m (fors gebied)

Als het gaat om het perspectief van gevolgbeperking scoren de tracés Hertogswetering-Oost en Parallel-Oost het best. Dit is een logisch uitvloeisel van het feit dat bij deze beide tracés het overstromde gebied in geval van een overstroming het meest verkleind wordt.

6.4 Inpassing binnen regionale ontwikkeling

Bij de inpassing binnen regionale ontwikkeling gaat het om de volgende criteria:

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

Tabel 6.6 Beoordeling van tracés op inpassingsmogelijkheden

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

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

6.5 Robuustheid van een kering

Een compartimenteringskering wordt aangelegd voor de toekomst; een kering moet eeuwen mee kunnen. Wat dat betreft is het belangrijk dat de kering ook in de toekomst zijn functie goed kan (blijven) vervullen. Deze robuustheid van de kering kan worden afgemeten aan de volgende criteria:

- *Effectiviteit naar toekomst toe*: de kering is vooral beoordeeld onder de huidige maatgevende afvoer op de Maas. Door klimaatverandering kan de maatgevende afvoer in de toekomst toenemen. Hoe goed de kering functioneert bij bovenmaatgevende afvoer (van 4600 m³/s) geeft een beeld van de klimaatbestendigheid van het tracé. Met name de mate waarin de berging van het gebied afneemt, is hierbij van belang.
- *Beheersbaarheid & onderhoudbaarheid*: vanuit het beheer is er een behoefte aan een compartimenteringskering zonder al te veel ingewikkelde kunstwerken. Kruisingen met hoofdwegen en grotere waterlopen dienen tot een minimum beperkt te blijven.

Tabel 6.7 Globale kwalitatieve beoordeling van robuustheid van tracés

Tracé	Aspect	Toekomstige effectiviteit	Beheersbaarheid en onderhoudbaarheid
RBSO		geringste afname van berging	kent relatief veel coupures
HW-West		forse afname van berging	'logisch' verbonden met waterloop
HW-Oost		grootste afname van berging	'logisch' verbonden met waterloop
Par-West		enige afname van berging	
Par-Oost		zeer forse afname van berging	kent relatief veel wegovertgangen

Vanuit oogpunt van robuustheid van de compartimenteringskering scoort het tracé Hertogswetering-West relatief het best. Er is weliswaar sprake van een forse afname van berging, maar toch minder dan in de beide oostelijke varianten. Het is een betrekkelijk kort tracé met weinig coupures en wegovertgangen, wat gunstig is vanuit beheersbaarheid en onderhoudbaarheid.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Samenvatting van belangrijkste uitgangspunten en bevindingen

Aanleiding en kader

In het laaggelegen Nederland is een overstroming nooit uit te sluiten. Het kabinet vindt het noodzakelijk dat Nederland daarop goed is voorbereid omdat de gevolgen van een overstroming zeer ernstig kunnen zijn. In de dijkkring Land van Heusden/Maaskant kan de schade wel oplopen tot een bedrag van 7 – 8 miljard Euro, terwijl door een overstroming meer dan 100.000 burgers kunnen worden getroffen. Voor het rivierengebied zijn er goede mogelijkheden tot evacuatie; het aantal slachtoffers ten gevolge van een overstroming zal zeer beperkt zijn. Uit voorzorg wil het kabinet maatregelen gaan treffen om schade en slachtoffers bij een overstromingsramp te beperken. De aanleg van compartimenteringsdijken kan daaraan bijdragen. In het kader van het Kabinetsstandpunt Rampenbeheersing heeft het kabinet besloten de Compartimenteringstudie uit te laten voeren.

In deze landelijke compartimenteringstudie is verkend hoe nuttig en kansrijk compartimenteren zou kunnen zijn binnen de verschillende dijkkringen van Nederland. Voor de dijkkring Land van Heusden/ De Maaskant is in die verkenning geconcludeerd dat compartimenteren waarschijnlijk nuttig is en dat compartimenteren zeker kansrijk is. De langgerekte vorm van de dijkkring langs de Maas en de ligging van de agglomeratie 's-Hertogenbosch in het diepste gedeelte van de dijkkring dragen bij aan die beoordeling. Ook in de studie Rampenbeheersingstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO) is reeds geconcludeerd dat compartimentering van de dijkkring in beginsel kansrijk is. In het kader van de landelijke compartimenteringstudie is de mogelijke compartimentering van de dijkkring nader onderzocht binnen de 'casestudie dijkkring 36'.

Doel en opzet van casestudie dijkkring 36

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

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

Verkenning van effectiviteit van tracés

Voor elk van de alternatieve tracés is de waterstaatkundige effectiviteit van een compartimenteringskering onderzocht. Hierbij is gekeken in welke mate de gevolgen van een overstroming bij de verschillende tracés kunnen worden verkleind. Door aanleg van een compartimenteringskering neemt, afhankelijk van het tracé, de economische schade af tot zo'n 20 – 50 % van de schade zonder kering. Het aantal getroffen personen neemt af van iets meer dan 110.000 mensen tot zo'n 20.000 – 65.000 personen, de afname afhankelijk van het tracé. Binnen het rivierengebied bestaan in beginsel goede mogelijkheden voor een tijdige evacuatie. Het risico op slachtoffers is dan ook beperkt. Dat laat onverlet dat een compartimenteringskering enige invloed kan hebben op het risico van slachtoffers, zeker in een situatie dat een evacuatie onverhoopt niet volledig succesvol kan worden uitgevoerd. De schattingen van het aantal slachtoffers in geval *geen evacuatie* heeft plaatsgevonden laten vergelijkbare afnames zien tot zo'n 20-50 % van de situatie zonder compartimenteringskering.

Ook is in beeld gebracht in welke mate de waterdiepten 'bovenstrooms' van een compartimenteringskering zullen toenemen in geval van een overstroming. De berekeningen laten zien dat door de aanleg van een compartimenteringskering de overstromingsdiepte bovenstrooms van de kering met zo'n 1-2 m toeneemt in geval van een doorbraak bij Keent. Alleen bij het RBSO-tracé waarbij de berging het minst wordt verkleind, is deze toename beperkt tot 0,5 – 1,0 meter. Voor doorbraken bij Lith is het effect van een compartimenteringskering op de overstromingsdiepten 'bovenstrooms' van de kering relatief bescheiden.

Verkenning van inpasbaarheid van tracés

Binnen het gebied speelt een aantal ruimtelijke ontwikkelingen die van belang kunnen zijn in relatie tot een eventuele compartimenteringsdijk. Voor elk van de tracés is voorts in beeld gebracht welke potentiële mogelijkheden er zijn voor het meekoppelen van functies in het gebied. Daarbij is gekeken naar de ontsluiting van stedelijke uitbreidingen, (nieuwe) bedrijventerreinen en landbouwontwikkelingsgebieden, naar versterking van de ecologische en recreatieve infrastructuur en naar uitbreiding van de weginfrastructuur. Daarbij moet opgemerkt worden dat dit ontwikkelingen zijn zoals die nu (begin 2008) zijn onderkend; ze weerspiegelen de huidige inzichten. Sommige ontwikkelingen staan ter discussie en er kunnen zich nieuwe ontwikkelingen voordoen. Het is dus zeer wel mogelijk dat in de toekomst de meekoppelkansen anders liggen dan momenteel het geval is.

Geconcludeerd is dat tracés met een oost-west oriëntatie, en met name die langs de Hertogswetering, het best inspelen op de ontwikkeling van de stedelijke regio Waalboss (de regio Waalwijk – 's-Hertogenbosch – Oss) en ook landschappelijk het best zijn in te passen. De wisselwerking met de ontwikkeling van de stedelijke regio Waalboss heeft in de casestudie dijkkring 36 overigens slechts beperkt aandacht gekregen. De afweging van de gewenste regionale ontwikkeling viel buiten de reikwijdte van de casestudie. Zo'n afweging vergt immers een bredere insteek dan alleen de veiligheid tegen overstromingen, zowel inhoudelijk als qua te betrekken partijen.

Vergelijking van tracés

Realisatie van de tracés vergt de aanleg van dijklichamen en kunstwerken. De kosten van aanleg, van een compartimenteringskering zijn in de studie globaal geraamd: afhankelijk van het tracé bedragen deze kosten zo'n 100 – 180 miljoen Euro. Daarnaast zijn de baten van aanleg van een kering (in termen van verminderde economisch schade) in beeld gebracht. De batenkosten verhouding ligt voor de meeste tracés in de range van 0,5 – 0,8.

Door gebrek aan kennis is de overstromingskansen nog onvoldoende nauwkeurig te bepalen. De berekende batenkosten verhouding is dan ook met veel onzekerheden omkleed.

Uit oogpunt van kosten en baten scoren de tracés langs de Hertogswetering licht gunstiger dan de andere tracés. Vanuit het oogpunt van inpassing in de ruimtelijke ontwikkeling bestaat er een duidelijke voorkeur voor een tracé dat de Hertogswetering volgt. Een dergelijk tracé vormt een continue en herkenbare lijn in het landschap door de consequente koppeling aan de wetering. Het is bovendien een tracé dat verschillende meekoppelkansen (natuur, recreatie, wonen, landbouw) biedt.

Als het gaat om het perspectief van gevolgbeperving scoren de tracés Hertogswetering-Oost en Parallel-Oost het best. Dit is een logisch uitvloeisel van het feit dat bij deze beide tracés het overstroomde gebied in geval van een overstroming het meest verkleind wordt. Vanuit oogpunt van robuustheid van de compartimenteringskering scoort het tracé Hertogswetering-West relatief het best. Er is weliswaar sprake van een forse afname van berging, maar toch minder dan in de beide oostelijke varianten. Het is bovendien een betrekkelijk kort tracé met weinig coupures en wegovergangen, wat gunstig is vanuit beheersbaarheid en onderhoudbaarheid.

7.2 Aanbevelingen voor landelijke compartimenteringstudie

De casestudie dijkkring 36 vormde een redelijk diepgaande verkenning naar de effectiviteit en inpasbaarheid van een compartimenteringsdijk ten oosten van 's-Hertogenbosch. In de studie is geen voorkeur uitgesproken voor één van de alternatieve tracés. De studie beoogde immers 'slechts' om heldere, regionaal gedragen beslisinformatie bijeen te brengen. Om conclusies te kunnen trekken over de wenselijkheid van compartimentering is een bredere afweging nodig. Daarbij moet ook worden gekeken naar andere mogelijke typen maatregelen om het overstromingsrisico (incl. het restrisico) binnen de dijkkring Land van Heusden / Maaskant verder te verkleinen. In dit verband worden de volgende aanbevelingen gedaan.

Verbreden van de afweging met andere typen maatregelen

Het overstromingsrisico van de dijkkring wordt door verschillende factoren bepaald. Een maatregel als compartimentering beperkt de blootstelling van een deel van het gebied. Het overstromingsrisico kan echter ook worden beperkt door met andere typen maatregelen de *kans* te verkleinen. De eventuele aanleg van een compartimenteringsdijk behoeft een brede afweging op regionaal niveau. Maatregelen om de kans te verkleinen vergen zelfs een afweging op nationaal niveau, omdat de effecten van een dergelijke maatregel het niveau van de individuele dijkkring overstijgen. Aanbevolen wordt om in een eventuele vervolgstudie een afweging te maken van kansrijke tracés voor compartimenteringsdijken ten opzichte van andere typen maatregelen om het overstromingsrisico te verkleinen. In zo'n vervolgstudie dient bijzondere aandacht te worden gegeven aan de verschillen in blootstelling binnen de dijkkring, die het gevolg zijn van de aanleg van een compartimenteringsdijk.

Meer aandacht voor invloed op de ruimtelijke ontwikkeling

De ruimtelijke focus van de casestudie dijkkring 36 was vooral gericht op de landschappelijke inpassing van een compartimenteringskering en op de perspectieven van het meekoppelen met functies in het gebied. Een compartimenteringsdijk kan echter ook een sturingsfactor (motor of rem) zijn bij ruimtelijke ontwikkelingen op de lange termijn. Dit aspect is binnen de casestudie dijkkring 36 onderbelicht gebleven.

Het gaat dan om de wenselijkheid van (de versnelling of vertraging van) ruimtelijke ontwikkelingen. Aanbevolen wordt om in een eventuele vervolgstudie de invloed op regionale ontwikkelingen nadrukkelijk te betrekken in de (regionale) afweging van mogelijke tracés van de compartimenteringskering.

Verbeteren van de schatting van de overstromingskans

Bij de uiteindelijke beoordeling van de aantrekkelijkheid en wenselijkheid van compartimentering van de dijkkring spelen kosten-baten overwegingen een belangrijke rol. Een betrouwbare bepaling van de batenkosten verhouding staat of valt met een betrouwbare schatting van de overstromingskans. Die overstromingskans is bepalend voor de jaarlijks verwachte schaden c.q. baten. In de casestudie dijkkring 36 is, op basis van bestaande kennis en inzichten, een zo goed mogelijke schatting gemaakt van de overstromingskans. Dat laat onverlet, dat deze kans nog behept is met belangrijke onzekerheden. In het bepalen van overstromingskansen zijn de laatste jaren belangrijke vorderingen gemaakt. Verdere ontwikkelingen vindt nog plaats in het kader van de tweede fase van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VНК). Aanbevolen wordt om een update te maken van de kosten-batenanalyse, zodra het project VНК meer betrouwbare resultaten van de overstromingskans heeft opgeleverd.

Verbeteren van de schatting van baten van compartimentering

Voor het bepalen van de schaden van een overstroming is gebruik gemaakt van de meest recente versie van de Schade en Slachtoffer Module van het Hoogwater Informatie Systeem (HIS-SSM). Het grondgebruik waar deze module vanuit gaat heeft betrekking op de situatie 2002. Een aantal ontwikkelingen van de laatste jaren als de stedelijke uitbreiding Groote Wielen en het bedrijventerrein van Oss worden daardoor niet goed meegenomen. Bij een eventueel vervolg studie verdient het aanbeveling het grondgebruik te actualiseren. De schade door uitval van belangrijke verkeersaders is in de casestudie dijkkring 36 bepaald door een opslag op de met HIS-SSM berekende schade. Gelet op het grote belang van de A2 verdient het aanbeveling de economische schade ten gevolge van het tijdelijk wegvallen van deze verkeersader nader uit te werken in een aparte deelstudie.

Optimalisering van bescherming

De huidige veiligheidsbenadering gaat uit van een dijkvakbenadering. Met de aanleg van een compartimenteringsdijk verandert de veiligheidsnorm van de primaire keringen langs de Maas niet, noch bovenstrooms noch benedenstrooms van de aansluiting met de compartimenteringsdijk. Om de agglomeratie 's-Hertogenbosch een completere risico-reductie te bieden, zou de primaire kering benedenstrooms van de compartimenteringsdijk een hogere veiligheid moeten krijgen. In wezen ontstaan dan twee dijkringen, waarbij de compartimenteringskering de status zou kunnen krijgen van een 'categorie c' kering.

A Organisatie van Casestudie dijkkring 36

Samenstelling van ambtelijke begeleidingscommissie

Naam	Organisatie
Ben van den Reek	Provincie Noord-Brabant
Eltjo Kugel	Provincie Noord-Brabant
Jos van Sebille	Provincie Noord-Brabant
Frederick. Pienaar	Provincie Noord-Brabant
Cees van Aalst	Gemeente 's-Hertogenbosch
Frank Geenen	Gemeente Oss
Ilse Loos	Gemeente Maasdonk
Tom Diebels	Gemeente Lith
Jan Hulshof	Waterschap Aa en Maas
Frank Alberts	RWS - Waterdienst
Herman van der Most	Deltares

Deelnemers aan beide werkateliers

Naam	Organisatie	Deelname aan werkatelier	
		1e	2e
Ben van den Reek	Provincie Noord-Brabant	x	x
Eltjo Kugel	Provincie Noord-Brabant	x	
Frederick Pienaar	Provincie Noord-Brabant		x
Jos van Sebille	Provincie Noord-Brabant	x	x
Anne Jansen	Provincie Noord-Brabant; Gebiedscommissie Maas en Meijerij	x	
Cees van Aalst	Gemeente 's-Hertogenbosch	x	
Rob Brinkhof	Gemeente 's-Hertogenbosch	x	x
Tom Diebels	Gemeente Lith	x	x
Lenard Schoonen	Gemeente Maasdonk	x	x
Frank Geenen	Gemeente Oss	x	x
Teus Gijzel	Vereniging Nederlandse Riviergemeenten	x	
Jan Hulshof	Waterschap Aa en Maas	x	
Joop de Bijl	Waterschap Aa en Maas		x
Hans Opsteen	Veiligheidsregio Brabant-Noord	x	
Frans Swinkels	BMF	x	x
Adriaan van Bergen	ZLTO Midden Maasland	x	x
Nicky Sanders	ZLTO Afdeling Sint Michielsgestel	x	
Ingrid van Zwambagt	ZLTO Midden Maasland	x	x

Deelnemers aan beide werkateliers (vervolg)

Naam	Organisatie	Deelname aan werkatelier	
		1e	2e
Frank Alberts	RWS Waterdienst / RIZA	x	x
Bouke Ottow	RWS Waterdienst / RIZA	x	x
Daphna Veenstra	RWS Waterdienst		x
Steven Slabbers	Bosch-Slabbers	x	x
Abe Veenstra	Bosch-Slabbers	x	
Jan Heersche	Bosch Slabbers		x
Suzan van der Kruijs	WL Delft Hydraulics	x	x
Herman van der Most	Deltares / WL Delft Hydraulics	x	x
Hylke de Vriend	Universiteit Twente (Waterdienst)	x	x