

Verkenning potentie Meerlaagsveiligheid



Verkenning potentie Meerlaagsveiligheid

Verkenning potentie Meerlaagsveiligheid

Opdrachtgever	Programmabureau HWBP
Contactpersoon	Anouk te Nijenhuis
Referenties	Referenties
Trefwoorden	Meerlaagsveiligheid

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	13-02-2025
Projectnummer	11210375-000
Document ID	11210375-000-GEO-0001
Pagina's	49
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Deltares auteurs	RHDHV auteurs
	Esther Rosenbrand	Marcel van den Berg
	Karin de Bruijn	Sam Westerhof
	David Stouten	Ric Huting

Samenvatting

Hoogwaterbescherming wordt in Nederland vormgegeven met een meerlaagsveiligheidsbeleid. De uitwerking van dit beleid dateert uit het eerste decennium van deze eeuw. De afgelopen jaren zijn veel nieuwe inzichten ontstaan. Doel van deze verkenning is om inzicht te geven in de kansrijkheid van nieuwe maatregelen in het kader van meerlaagsveiligheid om de uitvoering van het HWBP te optimaliseren. Kansrijk betreft in deze context dat de maatregelen een significant effect hebben op het berekende overstromingsrisico.

Bij meerlaagsveiligheid gaat het in het huidige waterveiligheidsbeleid over het inzetten van een passende combinatie van maatregelen gericht op het voorkomen van overstromingen en het beperken van gevolgen van een overstroming. Naast dijkversterking gaat het om maatregelen zoals aangepast bouwen, het verbeteren van de evacuatiemogelijkheden of andere maatregelen gericht op het reduceren van schade- of slachtoffers gegeven een doorbraak. Internationaal is het versnellen van herstel en vergroten waterbewustzijn ook onderdeel van meerlaagsveiligheid. In Nederland wordt sinds 2023 nagedacht hoe strategie van meerlaagsveiligheid met 3 lagen (preventie, ruimtelijke ordening en crisisbeheersing) uit te breiden met herstel en waterbewustzijn.

Voor het voorkomen van overstromingen zijn in de wet normen voor maximaal toelaatbare overstromingskansen van dijktrajecten vastgelegd. De hoogte van de normen hangt af van de gevolgen van een overstroming; het risico op overlijden, de economische schade en maatschappelijke ontwrichting. Met een omwisselbesluit kan de norm worden verlaagd door maatregelen die de gevolgen van een overstroming reduceren.

In deze verkenning is van grof naar fijn gewerkt:

1. In de eerste stap worden met een quickscan gebieden geïnventariseerd waar meerlaagsveiligheidsmaatregelen kansrijk lijken om het lokaal individueel risico op overlijden (LIR) te verlagen. Hiervoor is een overzicht opgesteld van mogelijke maatregelen met lokale gebiedskenmerken. Daarvoor is de keten van gebeurtenissen die optreden voor, tijdens, en na bresvorming, in samenhang beschouwd. Zowel fysieke ingrepen als organisatorische ingrepen zijn overwogen en ook is aangegeven bij welke gebiedskenmerken door middel van een beter passende rekenmethode aan het basisbeschermingsniveau (LIR kleiner dan 10^{-5} per jaar) kan worden voldaan met minder strenge faalkanseisen aan de dijken. Nieuwe inzichten, bijvoorbeeld met betrekking tot vluchten, zijn meegenomen in de overweging. De eerste stap is uitgevoerd op basis van bestaande kennis en expert judgement.
2. Voor één kansrijke casus, dijkkring 52 en 52a, zijn in de tweede stap ondersteunende analyses uitgevoerd om mogelijke meerlaagsveiligheidsmaatregelen globaal te kwantificeren. Hiervoor is de rekenmethodiek uit de in ontwikkeling zijnde gebiedstoets gebruikt.
3. De derde stap betreft de uitwerking van meerlaagsveiligheidsmaatregelen tot een concreet alternatief voor dijkversterking. Deze stap is in deze verkenning niet uitgevoerd. Wel worden hiervoor een aantal aanbevelingen gedaan.

Deze verkenning richt zich op trajecten waar het LIR bepalend is voor de norm op de kering, omdat de verwachting is dat daar de kansrijkheid makkelijker is te onderbouwen. Mogelijk zijn er ook kansrijke locaties voor normtrajecten waarvan de norm bepaald is door de MKBA en waar compartimentering mogelijk is. Dit is in deze studie echter niet onderzocht. Op basis van eerdere studies blijkt dat het lastig is om in een bestaande situatie de economische gevolgen bij overstromingen effectief te verlagen met behulp van

meerlaagsveiligheidsmaatregelen. Desalniettemin bieden MKBA gedomineerde dijkkringen ook mogelijkheden die het onderzoeken waard zijn.

De belangrijkste conclusies uit deze verkenning zijn:

I. Voor meerlaagsveiligheid in het hoofdwatersysteem:

- Het combineren van verschillende typen maatregelen om overstromingsrisico's te beperken, lijkt kansrijk voor een aantal gebieden, en minder kansrijk voor veel andere gebieden.
- Kenmerken van gebieden waar meerlaagsveiligheidsmaatregelen kansrijk lijken zijn:
 - De bevolkingsdichtheid is laag, en de vluchtmogelijkheden goed, of de trajectnorm wordt gedomineerd door het LIR van slechts één of enkele buurten (er is sprake van een 'hotspot') met goede vluchtmogelijkheden.
 - De overstromingskenmerken kunnen beïnvloed worden zodat waterdieptes, stijgsnelheden of stroomsnelheden minder groot worden.
- De belangrijkste maatregelen waarmee het LIR gereduceerd kan worden, naast dijkversterking, zijn:
 - Gericht op het vergroten van het aantal mensen uit de gevaarlijkste gebieden die op tijd een veilige locatie kan bereiken, bijvoorbeeld door verbeteren van de organisatie van evacuatie en vluchten of door aanleg van veilige locaties.
 - Maatregelen gericht op het beïnvloeden van het overstromingspatroon, bijvoorbeeld door compartimentering, of door te kiezen voor een ander type dijk, of door aanleg van uitlaatconstructies.
 - Aanscherpen van uitgangspunten en rekeninstellingen voor bepaling van het LIR.

II. Voor de casestudie van normtrajecten 52 en 52a:

- In beide trajecten lijkt het op basis van de verkennende analyses mogelijk om de LIR-eis met een factor 3 te verlagen. Hiervoor zijn maatregelen gericht op effectievere organisatie van vluchten en evacuatie rekening houdend met aankomsttijd, en compartimentering beschouwd.
- De analyse die ten grondslag lag aan de bepaling van de LIR-eis voor de normen is niet meer actueel voor dit gebied. Het gebied is ingrijpend veranderd door de aanleg van de nevengeul Veessen Wapenveld en de destijds maatgevende buurt valt nu niet meer in de dijkring. Hierdoor veranderen de afgeleide normen voor de trajecten.
- Er is in deze verkenning niet gekeken naar kosten, haalbaarheid en acceptatie van deze maatregelen. Ook is niet gekeken naar het verschil in opgave voor dijkversterking bij de huidige norm en een eventuele lagere norm.
- Er is geen doorkijk gemaakt van impact van meerlaagsveiligheidsmaatregelen voor de lange termijn en de gevoeligheid van maatregelen voor autonome ontwikkelingen.

III. Voor de hier gehanteerde aanpak:

- De grof naar fijn aanpak bestaande uit de groepering van maatregelen en selectie van kansrijke trajecten en uitwerking bleek effectief voor het verkennen van de potentie van meerlaagsveiligheid.

Op basis van deze resultaten wordt aanbevolen:

1. De quickscan op programmaniveau uit te voeren. Dit geeft inzicht in de trajecten waar meerlaagsveiligheidsmaatregelen mogelijk kansrijk zijn. Aanbevolen wordt om de quickscan uit te voeren voor verschillende zichtjaren. Er kan dan beter worden ingespeeld op autonome ontwikkelingen (zoals klimaat, gebied, bodemdaling en nieuwe inzichten). In de huidige verkenning lag de focus op gebieden waar het LIR de eis op de kering bepaald. Aanbevolen wordt ook om te verkennen of er gebieden zijn waar MKBA bepalend is en voor de norm meerlaagsveiligheidsmaatregelen kansrijk zijn.

2. In een vroeg stadium, bij gebiedsontwikkelingen, bij het definiëren van HWBP projecten en bij het uitwerken van maatregelen in de verkenningsfase, na te gaan of meerlaagsveiligheidsmaatregelen doeltreffend zijn. Aanbevolen wordt om concrete handvaten te ontwikkelen zodat de afweging landelijk consistent plaatsvindt en in aanvulling hierop voor uitwerking en afweging meerlaagsveiligheidsmaatregelen te ontwikkelen in de verkenningsfase. De quickscan en casestudie bieden hiervoor een basis.
3. Naast het toepassen van andere maatregelen kan meerlaagsveiligheid wellicht ook anders meegenomen worden, bijvoorbeeld door het aanpassen van de uitgangspunten in het Deltaprogramma Veiligheid (DPV) en/of in de keuze voor dijkversterking door ook te kijken naar de gevolgen, en op sommige locaties te kiezen voor dijktypes waarin minder snel grote diepe bressen worden verwacht. Dit zijn dijken die vervormen in plaats van echt door te breken. Dit is mogelijk door bij dijkontwerpen te kijken naar risicoreductie, in plaats van puur naar faalkansreductie op een zo efficiënt mogelijke wijze. Of dit kansrijk is moet nog verkend worden.

Verantwoording:

Dit rapport is in samenwerking tussen Deltares en RHDHV opgesteld en via beide organisaties is de kwaliteitsborging uitgevoerd op het rapport.

De berekeningen beschreven in hoofdstuk 4 en bijlagen C en D zijn uitgevoerd door RHDHV en hiervoor geldt alleen kwaliteitsborging RHDHV.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Inhoud	7
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding en doel	8
1.2	Afbakening	8
1.3	Activiteiten	9
1.4	Leeswijzer	10
2	Achtergrond van normen en bepalende factoren voor LIR	11
2.1	Huidige normering	11
2.2	Nieuwe inzichten	12
3	Quickscan kansrijke gebieden	14
3.1	Overzicht LIR-reducerende meerlaagsveiligheidsmaatregelen	14
3.2	Quickscan op basis van gebiedskenmerken	15
4	Casus	16
4.1	Casus selectie	16
4.2	Locatie specifieke maatregelen	18
4.3	Onderbouwing invloed van maatregelen op LIR	19
4.4	Resultaten analyses casus DR52	23
5	Conclusies en aanbevelingen	27
5.1	Conclusies kansrijkheid meerlaagsveiligheidsmaatregelen voor HWBP	27
5.2	Aanbevelingen kansrijkheid meerlaagsveiligheidsmaatregelen voor HWBP	28
	Referenties	30
A	Overzicht met potentieel interessante maatregelen	31
B	Tabel met maatregelen voor dijkkring 52	38
C	Methodiek	41
D	Overzicht Scenario's Dijkkring 52	44
E	Buurten die niet zijn meegenomen	45
F	Conclusies en aanbevelingen voor methode verkenning kansrijkheid van meerlaagsveiligheidsmaatregelen	48

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Deze verkenning naar de potentie van meerlaagsveiligheid voor het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) wordt uitgevoerd in het kader van de strategische samenwerking tussen Deltares en het HWBP. In 2023 is binnen deze samenwerking gestart met het verkennen van de potentie van meerlaagsveiligheid voor een doeltreffende uitvoering van het hoogwaterbeschermingsprogramma. Aanleiding hiervoor zijn het rapport van de Rekenkamer 'Voorbij de dijk keuzes in het waterveiligheidsbeleid', en de initiatieven rondom integrale scopebepaling, waterveiligheidslandschappen en Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) waarbij het gebied en (toekomstige) maatschappij centraal staan en veiligheidsopgave in samenhang met andere opgaven worden beschouwd.

Als eerste stap is in 2023 in een workshop met deelnemers van de Algemene Rekenkamer, het HWBP, en Deltares de potentie verkend. Daarbij kwam naar voren dat het belangrijk is om te kijken naar de grondslag achter de normering, en was een eerste overzicht voorgesteld van gebieden waar in Nederland oplossingen in lagen 2 (ruimtelijke ordening) en 3 (crisisbeheersing) mogelijk potentie zou kunnen hebben om, in combinatie met laag 1 (keringen), het lokaal individueel risico op overlijden (LIR) te verlagen.

Deze inzichten zijn nader uitgewerkt binnen de samenwerking in 2024, waarbij een raamwerk is ontwikkeld om de potentie van maatregelen op het LIR inzichtelijk te maken, evenals kaarten die gebieden identificeren waar potentie verwacht werd. Parallel daaraan liepen binnen Royal HaskoningDHV (RHDHV), verschillende verkenningen naar de potentie van meerlaagsveiligheid tussen 2019 en 2023 waarbij de potentie van maatregelen met analyses conform de methodiek van het Deltaprogramma Veiligheid (DPV) zijn onderzocht en nagedacht is over een methodiek voor een gebiedsaanpak, de gebiedstoets.

Doel van de huidige verkenning is het combineren van bovengenoemde aanpakken en inzichten, en deze toe te passen om de kansrijkheid van meerlaagsveiligheidsmaatregelen om het Lokaal Individueel Risico (LIR) te verlagen voor een casus te demonstreren. In dit rapport worden de termen kansrijkheid en potentie gebruikt om aan te geven dat vanuit een technisch inhoudelijke analyse blijkt dat meerlaagsveiligheidsmaatregelen een significant effect hebben op het risico, en de daarvan afgeleide eis aan de kering. Met andere woorden: kunnen we voor een kansrijk gebied laten zien dat er met maatregelen in laag 2 en/of 3, anders dan alleen preventie in laag 1 kan worden voldaan aan de norm. Het gaat hierbij om met een beperkte inspanning te onderbouwen of nadere uitwerking van de methode en mogelijke toepassing daarvan doeltreffend kan zijn en mogelijk kosteneffectiever. Het resultaat van de verkenning kan gebruikt worden om samen met het HWBP het gesprek te voeren over mogelijke vervolgstappen.

1.2 Afbakening

Voor deze verkenning is een casus uitgewerkt waarvan de verwachting is dat de gebiedsmaatregelen hier effectief kunnen bijdragen aan reductie van het overstromingsrisico. De verkenning geeft inzicht of nadere uitwerking zinvol is.

Voor de keuze van de casus wordt een quickscan uitgevoerd op trajecten waar het LIR bepalend is voor de norm op de kering omdat we daar verwachten dat het eenvoudig is om de potentie van maatregelen in laag 2 en/of 3 te onderbouwen. De kosteneffectiviteit van maatregelen wordt in eerste instantie niet uitgewerkt, maar is wel impliciet gebruikt in de

keuze voor een case. In dit stadium is de wenselijkheid, vanuit waterschappen en andere gebiedspartners nog niet onderzocht.

De verkenning vindt plaats binnen de grenzen van het waterveiligheidsbeleid. In de verkenning kijken we zowel naar de gehanteerde uitgangspunten voor de uitvoering van het beleid en naar mogelijke maatregelen in laag 2 (ruimtelijke ordening) en 3 (calamiteiten) om het overstromingsrisico te reduceren. Er wordt gebruik gemaakt van bestaande openbaar beschikbare data in de analyses. De verkenning is kwalitatief en geeft aanbevelingen aan het programma HWBP.

1.3 Activiteiten

De volgende activiteiten zijn uitgevoerd:

1. **Inventarisatie maatregelen.** Aan de hand van een overzicht van de gebeurtenissen die optreden voor, tijdens, en na een bres, die leiden tot het uiteindelijke risico op overlijden op een locatie, wordt een overzicht gemaakt van mogelijke maatregelen om het risico te beperken. Daarbij is het raamwerk uit de verkenning begin 2024 doorontwikkeld.
2. **Quickscan gebiedskenmerken.** Om tevens een eerste inschatting van kansrijkheid van trajecten te kunnen onderbouwen is het overzicht uitgebreid met kenmerken van gebieden waar deze naar verwachting meer potentie hebben. Uit die kenmerken volgen criteria waarmee een eerste selectie gemaakt kan worden van kansrijke gebieden.
3. **Selectie en uitwerking casus.** Aan de hand van die criteria zijn kansrijke gebieden geïdentificeerd, en is een casus geselecteerd waar in LBO1 een veiligheidsopgave is geconstateerd.

Voor de casus is een overzicht gegeven van potentieel kansrijke maatregelen om het risico te beperken aan de hand van de specifieke kenmerken van het gebied. Voor een selectie van deze maatregelen wordt met verkennende berekeningen een indicatie gegeven van de te verwachten invloed op het overstromingsrisico, om daarmee de mogelijke invloed op de norm-eis van het traject te analyseren.

Voor de activiteiten is gebruik gemaakt van bestaande kennis en expert inschattingen van de auteurs van dit rapport.

Op basis van de casus worden eerste conclusies getrokken over de kansrijkheid van maatregelen voor die casus, en over de gehanteerde methode om de potentie inzichtelijk te maken. Ook zijn er aanbevelingen gedaan voor potentieel kansrijke gebieden, methode verbetering, en kennisontwikkeling.

Verantwoording

De activiteiten in deze verkenning zijn met beperkte inspanning en doorlooptijd uitgevoerd, in het licht van het doel om te onderbouwen of nadere verdieping doeltreffend kan zijn. In een serie van 3 werksessies voorbereid en uitgevoerd door de auteurs van dit rapport zijn:

- De tabel met maatregelen en criteria ontwikkeld.
- Meest kansrijke gebieden geïdentificeerd en 1 gebied geselecteerd voor nadere verkenning.
- Conclusies en aanbevelingen besproken.

Het rapport is een coproductie van de auteurs van RHDHV en Deltares, en door beide organisaties is de eigen kwaliteitsborging uitgevoerd op het rapport; met uitzondering van de berekeningen van de casus in Bijlage B die tot stand is gekomen onder de kwaliteitsborging van RHDHV alleen.

1.4 Leeswijzer

De achtergrond van de normen is in hoofdstuk 2 toegelicht. Vervolgens is in hoofdstuk 3 het overzicht gegeven van potentiële maatregelen en gebiedskenmerken die gebruikt kunnen worden om kansrijkheid in te schatten. Op basis daarvan is de casus selectie en uitwerking in hoofdstuk 4 beschreven. In hoofdstuk 5 zijn conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Achtergrond van normen en bepalende factoren voor LIR

2.1 Huidige normering

Voor hoogwaterbescherming hebben we in Nederland een meerlaagsveiligheidsbeleid gebaseerd op overstromingsrisico's. Hierbij staat de waarde en het te beschermen gebied centraal. Vanuit maatschappelijk geaccepteerde risico's zijn normen voor de primaire waterkeringen afgeleid, waarbij de hoogte van de norm wordt bepaald door de gevolgen. In het Deltaprogramma heeft van 2009-2015 de voorbereiding plaats gevonden om de normen van de primaire waterkeringen in Nederland te vernieuwen. Deze nieuwe normen zijn via een wetswijziging vastgelegd in de Waterwet op 1 Januari 2017. Afgesproken is dat in 2050 alle primaire keringen aan deze normen voldoen. Deze normen komen voort uit een landelijk consistente risicobenadering. Het overgrote deel van de primaire keringen heeft een norm gekregen die direct hieruit voortkomt, al is voor enkele normtrajecten afgeweken wegens aanvullende afwegingen. Met een omwisselbesluit kan de norm worden verlaagd door maatregelen die de gevolgen van een overstroming reduceren.

Tot 2017 waren de normen voor waterkeringen uitgedrukt in overschrijdingsfrequenties van waterstanden en golfhoogtes waarop een waterkering berekend moet zijn. Vanaf 2017 zijn de normen uitgedrukt in overstromingskansen per dijktraject. Dit is de kans dat een waterkering faalt en dus zijn waterkerende functie niet meer kan vervullen en er een bres ontstaat. Deze verschuiving is toentertijd in gang gezet naar aanleiding van grote verschillen tussen risico's in verschillende gebieden in Nederland, klimaatverandering, toename van inwoners en economische waarde, en toegenomen kennis over dijksterke en overstromingsverloop. In 2023 zijn de normen overgenomen in de omgevingswet, onderscheid wordt gemaakt tussen de omgevingswaarde (ondergrens) en de signaleringsparameter.

Voor hoogwaterbescherming zijn in het waterveiligheidsbeleid de volgende doelen gedefinieerd:

- Iedereen in Nederland achter dijken en duinen krijgt ten minste een basisbeschermingsniveau van 10^{-5} per jaar (dat wil zeggen: de kans op overlijden ten gevolge van overstromingen mag niet groter zijn dan 1/100.000 per jaar).
- Meer bescherming wordt geboden op plaatsen waar sprake kan zijn van:
 - Grote groepen slachtoffers.
 - En/of grote economische schade.
 - En/of ernstige schade door uitval van vitale en kwetsbare infrastructuur van nationaal belang.

Vanuit deze doelen is de hoogte van de omgevingswaarde bepaald.

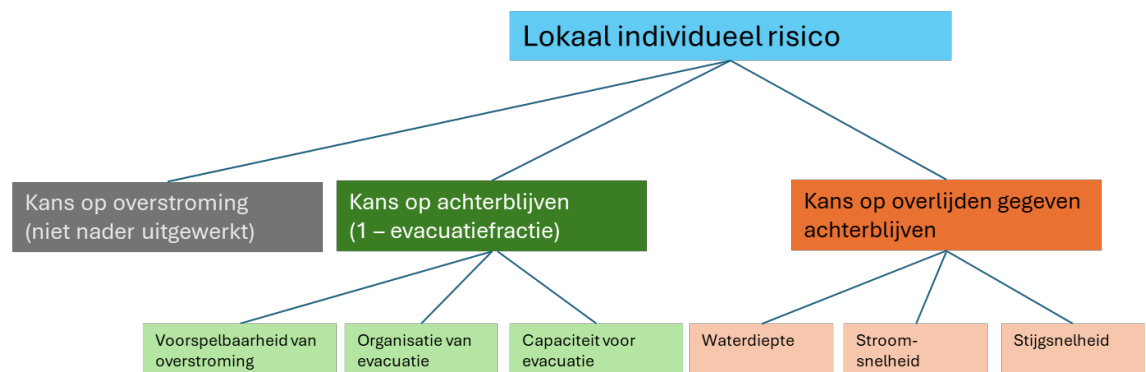
De eis aan het dijktraject vanuit basisbeschermingsniveau wordt uitgewerkt aan de hand van het Lokaal Individueel Risico (LIR). De eis aan het dijktraject vanuit economisch optimaal beschermingsniveau wordt bepaald aan de hand van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA). Dit betekent dat het economisch optimale beschermingsniveau afhankelijk is van de potentiële schade van overstromingen en de kosten van de maatregelen om de kans op een overstroming te verkleinen.

Voor het bepalen van de eis aan de kering vanuit het basis - en economisch optimaal beschermingsniveau zijn overstromingssimulaties gemaakt. Deze overstromingsscenario's komen grotendeels uit het project Veiligheid Nederland in Kaart (VKN2) en het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO). Deze overstromingsscenario's zijn gebruikt als invoer voor de Schade-en-Slachtoffer Module (SSM).

Er zijn trajecten waar het MKBA bepalend is, wat betekent dat de eis aan het dijktraject uit de economisch optimale kans uit de MKBA strenger is dan de eis die volgt uit het LIR. Voor een deel van de trajecten zijn de eisen aan het dijktraject vanuit de MKBA en het LIR gelijk aan elkaar. In dat geval heeft een verlaging van het LIR geen invloed op de normering. In dit onderzoek zijn we daarom uitsluitend geïnteresseerd in trajecten waar het LIR maatgevend is voor de eisen aan de kering. Specifiek het LIR omdat verwacht wordt dat het daarvoor makkelijker te onderbouwen is dat meerlaagsveiligheidsmaatregelen kansrijk zijn. Daarom wordt kort een achtergrond van het LIR en de bouwstenen hiervan gegeven.

Het Lokaal Individueel Risico (LIR) is de jaarlijkse kans voor een fictief persoon om te overlijden op een bepaalde plaats door een overstroming. De bevolkingsdichtheid speelt dus geen rol bij de bepaling van het LIR. In Nederland is een LIR-eis vastgesteld op maximaal 1/100.000 per jaar (het basisbeschermingsniveau).

Het LIR wordt berekend op basis van de kans op een overstroming (die beïnvloed wordt door dijkversterking), de kans voor aanwezigen om op tijd een veilige locatie te bereiken voordat de doorbraak plaats vindt (de evacuatiefractie) en de kans voor achterblijvers om te overlijden door de overstroming. Deze kans om te overlijden, de mortaliteit, is afhankelijk van de waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid van de overstroming (Slager en Wagenaar, 2017, gebaseerd op Jonkman, 2007 en Maaskant et al., 2009). De mortaliteit bedraagt gemiddeld genomen ongeveer 1% voor kust- en rivieroverstromingen (met uitzondering van flash floods) (Jonkman, 2007). Onderstaande figuur illustreert de bouwstenen voor het LIR in de huidige methode.

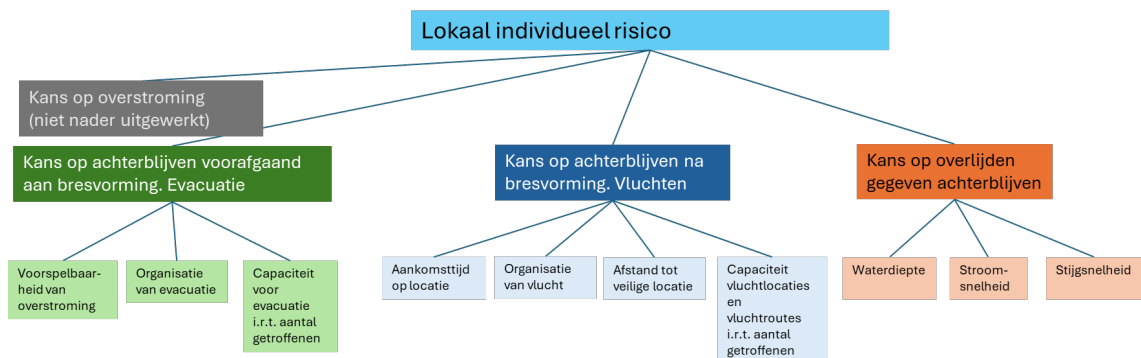


Figuur 2.1 Schematische weergave van de bouwstenen voor de huidige LIR berekening.

2.2 Nieuwe inzichten

Sinds 2016 wordt binnen de kennisalliantie slachtoffers en evacuatie onder andere onderzoek gedaan naar het meenemen van vluchten bij het maken van slachtofferberekeningen en de bepaling van het LIR. Deze alliantie heeft als doel om gegevens en resultaten te delen en gezamenlijk een kennisagenda op te stellen en uit te voeren. Op het moment zit deze kennisalliantie in de laatste fase. In eerdere resultaten van deze kennisalliantie kwam duidelijk naar voren dat het effect van aankomsttijd op de mortaliteit en het aantal slachtoffers groot kan zijn (de Bruijn & Maas, 2022). Op het moment wordt er gewerkt aan een voorstel tot aanpassing van de methode van slachtofferberekening. Het beschouwen van aankomsttijden staat hierin centraal. De resultaten hiervan zullen aan het einde van 2024 verschijnen.

Onderstaande figuur illustreert de mogelijke bouwstenen voor het LIR wanneer rekening zou worden gehouden met vluchten na bresvorming.



Figuur 2.2 Schematische weergave van mogelijke bouwstenen voor een LIR berekening waarbij rekening wordt gehouden met vluchten.

3 Quickscan kansrijke gebieden

3.1 Overzicht LIR-reducerende meerlaagsveiligheidsmaatregelen

Op basis van de aspecten die het LIR beïnvloeden is een overzicht gecreëerd van potentieel interessante meerlaagsveiligheidsmaatregelen waarmee de eis aan dijktrajecten vanuit het LIR in overstromingsgevoelige gebieden zou kunnen worden verkleind. Dit overzicht beoogt inzichtelijk te maken welk type maatregelen bij welke gebiedskenmerken kansrijk zijn, en kan gebruikt worden om voor een specifieke situatie na te gaan in hoeverre er potentie is om met meerlaagsveiligheidsmaatregelen het risico te verlagen.

Redenerend vanuit de gebeurtenissen die optreden voor en tijdens een overstroming zien we verschillende elementen waarop we maatregelen kunnen richten:

- Evacuatie: Maatregelen waarmee het aandeel aanwezige personen in een gebied kan worden verkleind voorafgaand aan een doorbraak.
- Vluchten: Maatregelen waarmee na een dijkdoorbraak het aandeel personen kan worden verhoogd dat nog kan ontkomen voordat het water arriveert.
- Mortaliteit: Maatregelen die de (berekening van) de mortaliteitswaarden beïnvloeden.
- Overstromingskarakteristieken: Maatregelen die de karakteristieken van een overstroming veranderen (Dieptes, stijgsnelheden en stroomsnelheden).

De overstromingskarakteristieken beïnvloeden zowel de mortaliteit als het vluchten en worden daarom hier als apart element genoemd.

Daarnaast maken we onderscheid in verschillende ‘typen’ maatregelen. Vanuit achtergronden van de normbepaling zien we dat er naast fysieke en organisatorische maatregelen, ook rekenkundige maatregelen kunnen worden geïdentificeerd. Rekenkundige maatregelen hebben betrekking op het anders hanteren van uitgangspunten (technische of beleidsmatige uitgangspunten), of het benutten van nieuwe inzichten of aanscherping van de rekenmethode om tot een realistischere berekening van het LIR te komen. De volgende 3 typen maatregelen worden daarom onderscheiden:

- Organisatorisch: Maatregelen gericht op een betere voorbereiding op een overstroming waarmee het LIR omlaag kan worden gebracht.
- Fysiek: Maatregelen in het gebied.
- Rekenkundig: Wijzigingen in de rekenmethode van het LIR, waarmee de berekening van het LIR realistischer kan worden gemaakt.

Gebiedskenmerken beïnvloeden de potentie van sommige maatregelen. Zo is het meenemen van vluchten eerder kansrijk in gebieden met langere aankomsttijden die niet storm gedomineerd zijn. Daarnaast beïnvloeden ook andere kenmerken de haalbaarheid of uitvoerbaarheid, zoals bijvoorbeeld de beschikbare capaciteit (wegen, infrastructuur) voor vluchten.

Sommige maatregelen vragen een wijziging in de aanpak waarmee het LIR wordt bepaald om de invloed op het risico te kunnen berekenen. Voorbeelden zijn vluchten, of het gedifferentieerd evacueren bij ‘hotspots’, kleine gebieden of wijken met lokaal een hoger risico dan de rest van het gebied.

De maatregelen zijn samengevat in tabelvorm in Bijlage A.

3.2 Quickscan op basis van gebiedskenmerken

Op basis van de geïdentificeerde maatregelen is ook een lijst gevormd met gebiedskenmerken waarbij meerlaagsveiligheidsmaatregelen gericht op reductie van het LIR naar verwachting kansrijk zijn. Het gaat om een eerste inschatting, aangezien het sterk van het type maatregel en van de lokale situatie afhangt hoeveel effect er verwacht wordt. Op basis van expert judgement worden onderstaande kenmerken relevant geacht:

- **Grote variatie in LIR/mortaliteit in het overstromde gebied ('hotspots')**: Gebieden die hieraan voldoen lenen zich mogelijk voor gerichte kleinschalige maatregelen om zo het risico lokaal te verlagen. Dit criterium is met name bij grotere dijkkringen relevant waar de maatgevende buurt bepaald wordt door een lokale hogere mortaliteitswaarde.
- **Grote hellende dijkkringen, grote diversiteit in overstromingspatroon en aankomsttijd**: Gebieden die hieraan voldoen zijn interessant in het kader van maatregelen zoals het organiseren van evacuatie/gecoördineerd vluchtgedrag en het beïnvloeden van het overstromingspatroon.
- **Kleine dijkkringen met beperkt aantal inwoners**: Deze dijkkringen lenen zich met name voor specifieke maatregelen in crisisbeheersing om bewoners zo tijdig mogelijk en effectief mogelijk te evacueren (verticaal of horizontaal).
- **Gebieden met veel hoge lijnelementen**: Hier zijn ruimtelijke maatregelen voor gevolgbeperking zoals maatregelen in de ruimtelijke ordening of compartimenteren interessant aangezien het overstromingspatroon sterk afhankelijk is van het gedrag en de specificaties van deze lijnelementen. De standzekerheid van lijnelementen en in hoeverre lijnelementen sluitend zijn, heeft veel invloed op dieptes en stijgsnelheden van de gebieden ernaast.

4 Casus

4.1 Casus selectie

De casus in de huidige studie is geselecteerd op basis van de informatie in de Factsheets Normering Primaire Waterkeringen (Slootjes & van der Most, 2016) en de in Hoofdstuk 3 genoemde maatregelen en kenmerken. In overleg is een top 5 van kansrijke dijkring/normtrajecten opgesteld, die hieronder in willekeurige volgorde is weergegeven:

Selectie

52-a1: Veessen-Wapenveld

- Dit traject is vooral geselecteerd omdat de gevolgen er zeer beperkt zijn en de norm alleen vanwege de LIR-eis erg streng is. Deze LIR-eis kan mogelijk met een goed waarschuwings- en voorbereidingsplan sterk gereduceerd worden.
- LIR-eis is een factor 10 strenger dan de MKBA-eis (dunbevolkt).
 - De verwachte gevolgen zijn volgens de factsheet beperkt (Het gewogen getal is slechts 860 getroffen en 3 slachtoffers).
 - De waterdiepte ter plaatse van de bebouwing is klein en de afstand tot veilige locaties ook (5 km over dijk, dijk ligt op < 100m van bebouwing).
 - Nadeel:
 - Het gebied is maar klein, waardoor de aankomsttijd kort zal zijn, wat minder tijd voor vluchten biedt.

52-2: Oost-Veluwe

- Dit traject is in de top 5 opgenomen, omdat er overstromingsscenario's zijn die veel bijdragen aan het LIR maar waarvan de aankomsttijd tot de gevaarlijke plekken lang is. De bijdrage van die scenario's aan de overlijdenskans wordt daarom overschat. Bij een bovenstroomse doorbraak ligt de aankomsttijd benedenstrooms in de orde van 30 uur en is de afstand tot veilige locaties klein.
- Nadelen van selectie van dit normtraject:
 - De beschikbare overstromingssimulaties zijn te oud en niet meer passend bij de werkelijke situatie in het veld. De hoogwatergeul Veessen-Wapenveld is nog niet beschouwd in de simulaties. De buurt die bepalend was voor de norm ligt niet meer in de dijkring, maar ligt buitendijks.
 - De waterdiepte benedenstrooms is groot, de mortaliteit is klein, maar er is met overlap gerekend van verschillende trajecten. Het is de vraag of dit tot een overschatting heeft geleid.
- Voordeel:
 - De vluchtmogelijkheden zijn goed: vanuit de hele dijkring zijn hogere gebieden dichtbij.

32: Zeeuwsch Vlaanderen

- Kustgebied. Het overstromde gebied is in veel gevallen klein en de bevolkingsdichtheid is laag. Hierdoor kan het makkelijk zijn om naar veilige plekken te gaan (zuidelijk/landinwaarts/binnen het gebied). Dit gebied is minder interessant aangezien er geen opgave voor de dijktrajecten is.

42: Ooij en Millingen

- Dit normtraject vormt een klein deel van een dijkring. Een groot deel van deze dijkring ligt in Duitsland en wordt beschermd door Duitse keringen. Dit gebied is met name interessant omdat meerlaagsveiligheidsmaatregelen dit gebied ook helpen bij

doorbraken in Duitsland. Dijkversterking van het Nederlandse deel beschermen het gebied niet tegen doorbraken in Duitsland.

- Vanuit dit gebied is de afstand naar hoge gronden en veilige locaties klein: het ligt nabij de stuwwallen van Nijmegen en Duitse heuvels.

38-1: Bommelerwaard-Waal

- De LIR-eis voor de normering is hier 3 maal strenger dan de MKBA eis. De bepalende buurt ligt deels buitendijks en lijkt niet correct meegenomen. Dit traject is eerder een kanshebber voor nadere analyse van de normeis dan voor meerlaagsveiligheidsmaatregelen om het LIR te beperken.

5: Texel

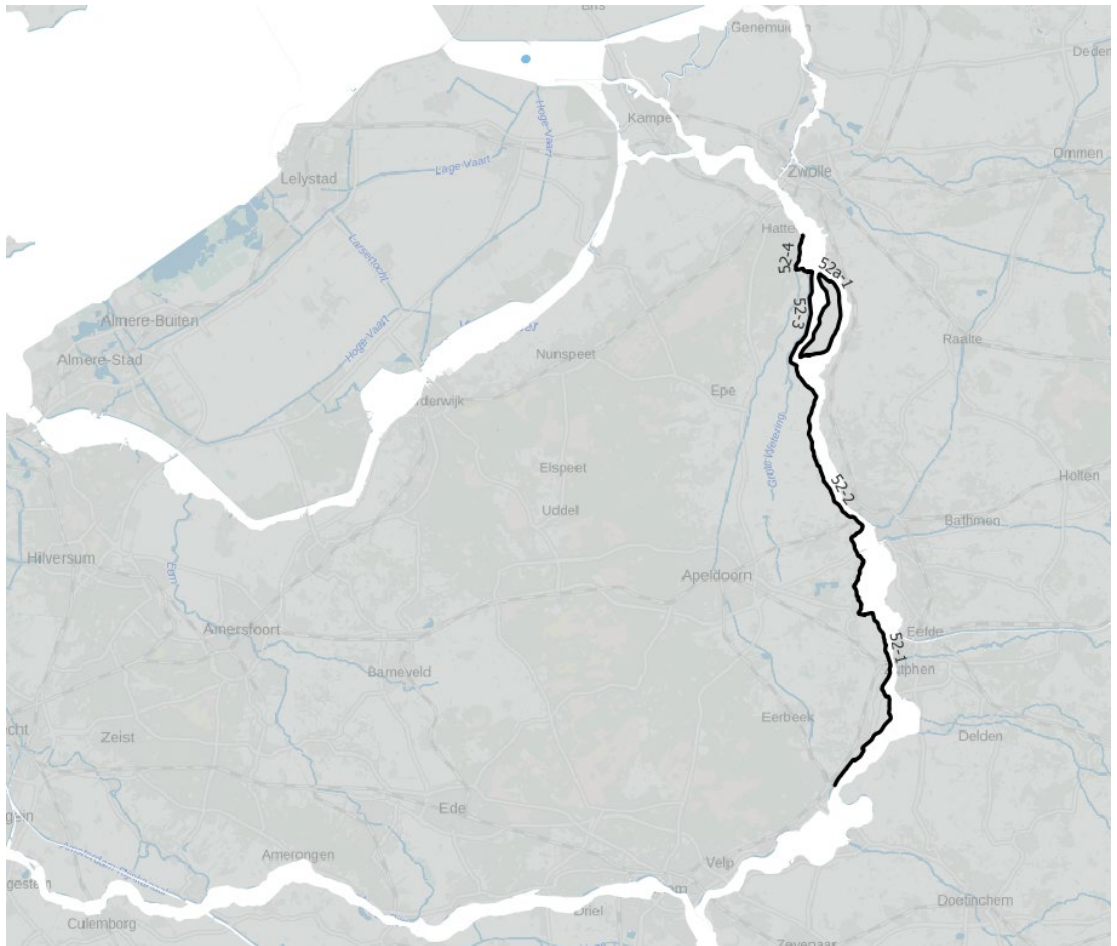
- Waddeneiland met kleine en lokaal overstroomde gebieden. Weinig inwoners en veilige plekken in de dijkkring. De LIR-eis voor de normering is 3 maal strenger dan de MKBA eis. Als de duinen als veilig gebied beschouwd kunnen worden, of ingericht kunnen worden, dan is het bereiken van veilig gebied haalbaarder dan wanneer mensen geacht worden naar het vaste land te moeten voor veiligheid. In de normering is aangenomen dat het bereiken van veilige plekken onmogelijk is. Als 50% van de inwoners wel geëvacueerd kan worden, of na doorbraak nog veilige locaties kan bereiken, dan daalt de LIR-eis al met een factor 2. Als 75% van de mensen dit lukt, daalt de LIR-eis al met een factor 4.

Van deze 5 gebieden zijn dijkkring 32 en 52 als het meest kansrijk en relevant voor deze verkenning beschouwd. Na een verdere verkenning, op basis van de overstromingskarakteristieken en de LIR-kaarten is besloten om de trajecten 52-2 en 52-a1 te selecteren als casus. De normtrajecten van DR52 en 52-a1 hebben een opgave, de beoordeling uit LBO1 heeft laten zien dat de overstromingskans van de dijktrajecten groter is dan de omgevingswaarde. Het gaat daarbij om significante strekkingen kering, met soms complexe inpassingsopgaves. Het kunnen inzetten op meerlaagsveiligheidsmaatregelen in aanvulling op sterke dijken kan daarom een effectieve en kostenefficiënte maatregel zijn om het risico onderbouwd te verkleinen.

Dijkkring 52: Korte toelichting van de referentiesituatie

Dijkkringgebied 52, Oost-Veluwe, ligt deels in de provincie Gelderland en deels in de provincie Overijssel. Het gebied ligt op de westoever van de IJssel. Het gebied wordt zowel aan de noord-, west- en zuidkant omringd door de hoge gronden van de Veluwe. De primaire waterkeringen hebben een totale lengte van bijna 65 kilometer en bevatten 12 kunstwerken. Traject 52a-1 is het gebied tussen de IJssel en de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld. Vanuit VNK2 waren hier geen overstromingssimulaties beschikbaar en daarom is voor dit traject informatie vanuit het Ruimte voor de Rivier project gebruikt om de eis af te leiden. De basisdata hiervan is afkomstig uit het onderzoek van (Vermeulen & Hoffman, 2009).

De normering van alle trajecten in dijkkring 52 is vastgesteld op 1/1.000 per jaar (ondergrens). De overstromingskans is door (van Gerven, van den Berg, & Kwakman, 2005) bepaald op 1/66 per jaar, met piping en opbarsten als maatgevend faalmechanisme. Volgens (Slootjes & van der Most, Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland, 2016) zijn er twee trajecten waar het LIR maatgevend is, namelijk 52-2 en 52-a1. De trajecten voldoen niet aan de waterveiligheidsnormen en staan nog niet op de programmering bij het HWBP, er is al wel een monitoringsplan opgesteld om de omvang van de toekomstige dijkverbetering aan te scherpen.



Figuur 4.1 Ligging dijkkring 52.

4.2 Locatie specifieke maatregelen

Voor dijkkring 52, waar in het licht van dit onderzoek de kansrijkheid van meerlaagsveiligheidsmaatregelen groot wordt geacht is een nadere invulling gemaakt van mogelijke maatregelen weergegeven in bijlage B. Per maatregel is geïdentificeerd of deze in de lokale context van dijkkring 52 wel of niet kansrijk lijkt. De lokale context en karakteristieken van een dijkkring hebben grote invloed op welke maatregelen mogelijk kansrijk zijn en welke niet. Voor dijkkring 52, is op hoofdlijnen een aantal maatregelen kansrijk om het LIR te verlagen:

- Laag 2: Maatregelen waarmee bres-instroom kan worden beperkt of het overstromingspatroon kan worden beïnvloed:
 - Vanwege het langgerekte karakter van dijkkring 52, parallel aan de rivier, en het grote potentiële overstromingsgebied is het beperken van de bres-instroom in deze dijkkring kansrijk om het LIR te reduceren in het gebied. Dit kan bijvoorbeeld door gedetailleerder te kijken naar het bresgroeiproces (samenstelling van de dijk meenemen, breslocatie t.o.v. de hoofdstroom etc.). Door bij dijkversterking op de meest gevoelige plekken bijvoorbeeld maatregel te kiezen die vervormd (zoals een damwand) zou de bres mogelijk kunnen worden verkleind, en daarmee de gevolgen en het risico.
 - In dijkkring 52 zijn ook mogelijkheden om met relatief weinig inzet gebieden met een hoog LIR af te schermen bij bovenstroomse bresdoorbraken, een vorm van compartimentering.
- Laag 3: Maatregelen om evacuatiefractie en/of vluchtfractie te verhogen.
 - In dijkkring 52 is de lage bevolkingsdichtheid samen met de nabijheid en goede bereikbaarheid van de Veluwe een kans om in korte tijd effectief veel mensen te kunnen verplaatsen uit risicogebieden. Zowel vóór een bresdoorbraak, door in te

zetten op een uitgewerkte risicogerichte evacuatiestrategie, alsook nadat een bres is ontstaan. Door de vaak grote aankomsttijden van water na een bresdoorbraak en de vele oost-westverbindingen kan naar verwachting ook via vluchten een groot deel van de bevolking ontkomen.

4.3 Onderbouwing invloed van maatregelen op LIR

Voor dit onderzoek is voor een aantal mogelijk kansrijke maatregelen een eerste grove analyse uitgevoerd naar de potentie om het LIR en de daarbij behorende LIR-norm te verlagen. Daarbij is gekeken naar dijkkring 52 (en 52-a1) als casus. Er wordt gebruik gemaakt van bestaande openbaar beschikbare data in de analyses. De voornaamste bron voor de overstromingssimulaties betreft het LIWO, hierin zijn de meest actuele scenario's opgeslagen die ook zijn gebruikt voor het vaststellen van de normering.

Methode berekeningen

Er zijn 4 typen maatregelen/ingrepen doorgerekend voor deze casus, die het LIR beïnvloeden:

- 1) Implementatie locatie-specifieke evacuatie-vluchtfractie, afhankelijk van aankomsttijd van water (DR52).
- 2) Verhoging preventieve evacuatiefractie (DR52-a1).
- 3) Verhoging evacuatiefracties hotspotgebieden LIR (DR52).
- 4) Constructie van een compartimenteringskering tussen de IJsseldijk en de Veluwe t.h.v. de inlaat Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (DR52).

In deze analyse gemaakt, de analyse is uitgevoerd op basis van reeds uitgevoerde overstromingsberekeningen en de daaruit afgeleide mortaliteitsgrids. Met name omdat het uitvoeren van nieuwe berekeningen aanzienlijk veel tijd kost en omdat we zoeken naar een effectieve methode om kansrijkheid te bepalen. Het effect van de 4 maatregelen is onderzocht op basis van nabewerkingen met het zogenaamde "buurtenbestand", waarin de mortaliteitswaarden van alle relevante overstromingsscenario's worden verwerkt tot een omvattende LIR-waarde per buurt en daaruit voortvloeiende LIR-norm per normtraject, volgens de DPV-methode, beschreven in (Slootjes & van der Most, Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland, 2016).

De methodiek en gebruikte data voor het afleiden van de LIR-waarde per buurt en LIR-normen is beschreven in Bijlage C. Voor deze analyse is een nieuwe referentiesituatie berekend, aangezien de configuratie van de dijkkring is gewijzigd en omdat er een aanpassing aan het buurtenbestand nodig bleek vanwege de toevoeging van de hoogwatergeul bij Veessen-Wapenveld. Voor het onderzoeken van de effectiviteit van MLV-maatregelen is daarom vergeleken met deze nieuwe referentiesituatie, om een consistente vergelijking van de effectiviteit van de maatregelen te schetsen.

Toegepaste MLV-maatregelen Dijkkring 52

- 1) ***Implementatie locatie-specifieke, evacuatie-vluchtfractie, afhankelijk van aankomsttijd van water (DR52)***
 - Voor ieder overstromingsscenario is de aankomsttijd van water na bresdoorbraak beschikbaar in het LIWO. Per normtraject kan hiermee op gridcelniveau de minimum aankomsttijd worden bepaald van alle overstromingsscenario's. Dat is gedaan voor de bovenmaatgevende scenario's. Om te komen tot een waarde per buurt, is vervolgens gelijk aan de methodiek die voor de mortaliteit wordt gehanteerd de mediane waarde van de minimale aankomsttijd bepaald.
 - Voor ieder normtraject is dus een omvattende buurt-specifieke aankomsttijd gebruikt, daarbij is gekozen voor de minimale waarde uit de overstromingsscenario's per normtraject. Dit is dus een enigszins conservatieve aanpak.
 - Er zijn 3 scenario's doorgerekend met buurt-specifieke gecombineerde evacuatie-vluchtfracties, afhankelijk van de aankomsttijd van water. Voor een eerste grove schatting

van de gecombineerde evacuatie-vluchtfractie is gebruik gemaakt van de evacuatieschattingen die eerder zijn afgeleid als basis voor het huidige normbepalingsproces, met een preventief evacuatiefractie dat kan worden gehaald afhankelijk van de beschikbare tijd voor evacuatie. Deze zijn voor deze analyse doorgezet naar de beschikbare vluchttijd; een vereenvoudiging, maar voor deze grove analyse voldoende om een gevoel te krijgen voor de potentie van hogere gecombineerde evacuatie-vluchtfracties. Zie de tabel hieronder.

- Met de resulterende buurtspecifieke en normtraject-specifieke evacuatie-vluchtfracties is de LIR-eis opnieuw afgeleid. Voor buurten waar de aankomsttijd meer dan 24 uur is, wordt de LIR eis dus ongeveer een factor 3 soepeler (de achterblijffractie gaat van 44 naar 15%, of nog minder voor buurten waar de aankomsttijd nog hoger ligt). Omdat dijkkring 52 een langgerekte hellende dijkkring is, zijn aankomsttijden met name aan de benedenstroomse zijde van de dijkkring relatief hoog. In deze gebieden geeft deze aanpak dus een hogere gecombineerde evacuatie-vluchtfractie.

Tabel 4.1 Gehanteerde totalen van evacuatie en vluchtfracties per scenario.

Tijd tussen doorbraak en aankomst water	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
0 uur	56 %	56 %	56 %
0 – 12 uur	56 %	56 %	65 %
12 – 24 uur	56 %	75 %	75 %
24 – 48 uur	85 %	85 %	85 %
48 – 72 uur	98 %	98 %	98 %
72 – 96 uur	99 %	99 %	99 %
>96 uur	100 %	100 %	100 %

2) Verhoging preventieve evacuatiefractie (DR52-a1)

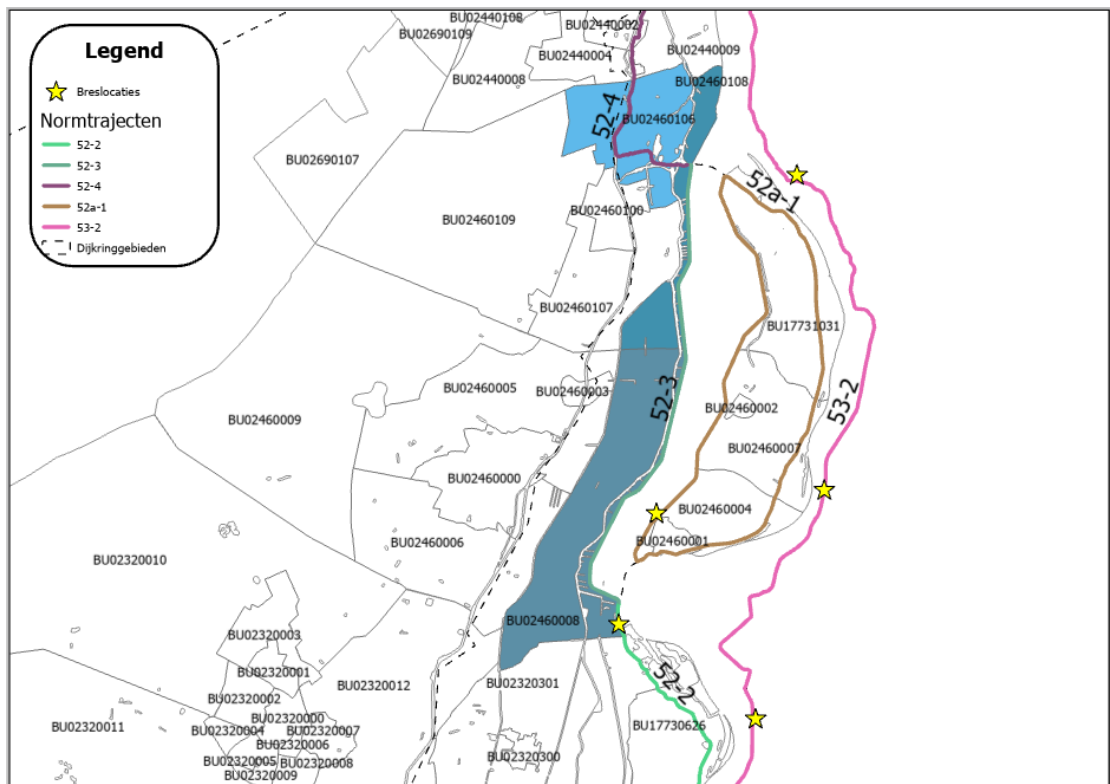
Binnen deze analyse is gekeken wat de potentie is van het bereiken van een omvattend hoger preventieve evacuatiefractie. In dijkkring 52-a1 worden relatief weinig mensen getroffen bij een dijkdoorbraak (<1000). De bereikbaarheid van het gebied is goed, met een uitvalsweg aan weerszijden van de dijkkring waarlangs evacuatie effectief plaats kan vinden, met weinig risico op opstopping gegeven het lage aantal evacuees. Een vooraf goed onderbouwde en geoefende evacuatiestrategie lijkt voor dit kleine gebied daarom een kansrijke en realistische strategie om het LIR te verlagen.

In de afleiding van de geldende LIR-normen is rekening gehouden met een evacuatiefractie van slechts 56% voor het gebied en dus een achterblijfkans van 44%. Om de potentie van een hoger evacuatiefractie te onderzoeken, is onderzocht hoe de LIR-eis wordt beïnvloed bij een hoge evacuatiefractie van 95%. De LIR-eis zal dan ongeveer 8 a 9 keer kleiner worden. (immers deze daalt van 44% naar 5%). Dit percentage is generiek opgelegd, waarna dezelfde methode is gehanteerd voor de berekening van de LIR-eis.

3) Verhoging preventieve evacuatiefractie in hotspotgebieden LIR (DR52)

Analyse van de LIR-waarden per buurt in de referentiesituatie laat zien dat het risico zich in dijkkring 52 met name concentreert in een klein aantal buurten aan de benedenstroomse kant van de dijkkring. Door het hellende karakter van de dijkkring stroomt bij een doorbraak het water hier altijd naar toe, ongeacht de breslocatie. Ook ontstaan hier diepe overstromingen door het hellende karakter. Deze condities zijn risicovol voor mensen, waardoor het LIR en dus ook de benodigde LIR-eis van de betreffende normtrajecten vrij hoog ligt.

De betreffende buurten (BU02460108, BU02460008 en BU02460106) zijn weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 4.2: Hotspots (buurten) LIR.

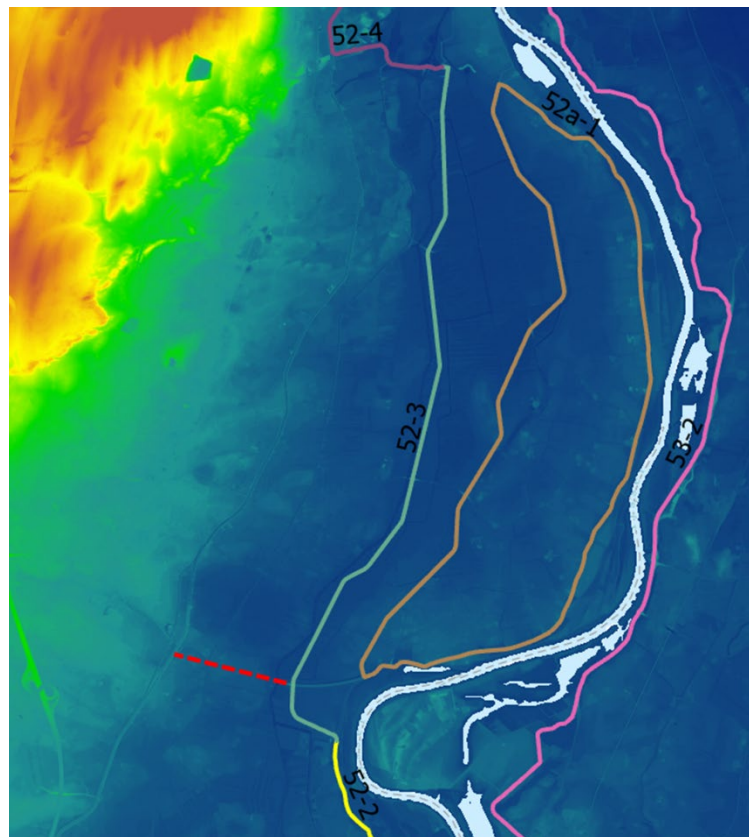
Voor deze analyse is onderzocht wat het effect is van een afwijkend hogere evacuatiefractie voor de 3 meest bepalende buurten. De buurten bestaan alle 3 uit een beperkt aantal woningen en boerderijen in het buitengebied rondom Heerde en Wapenveld. De nabijheid van de Veluwe en beschikbaarheid van Oost-westverbindingen maakt dat het met een goed onderbouwde risico gestuurde evacuatiestrategie mogelijk lijkt te zijn het beperkte aantal mensen tijdig te evacueren naar hoger gelegen gebied. Om de potentie hiervan te onderzoeken is voor deze 3 buurten in alle scenario's een afwijkend hoger evacuatiefractie van 95% gebruikt en gekeken welk effect dit heeft op de LIR-eis. Voor de overige buurten is het percentage niet gewijzigd.

4) Constructie van een compartimenteringskering tussen de IJssel en de Veluwe t.h.v. de inlaat Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (DR52)

Als alternatief voor een risico gestuurde evacuatiestrategie is ook onderzocht wat het effect zou zijn van een maatregel in gebiedsinrichting, om daarmee het vrij hoge risico in de buurten rondom Heerde en Wapenveld te verlagen. Dit is onderzocht middels een korte compartimenteringskering tussen de hogere delen richting de Veluwe en de IJsseldijk bij de inlaat van de hoogwatergeul Veessen Wapenveld (zie figuur). Door gebruik te maken van bestaande natuurlijke hoogteverschillen, lijkt het hier mogelijk om met weinig middelen een kerend lijnelement te creëren, door bijvoorbeeld de weg de Kerkdijk te verhogen (ordegrootte 1-2m hoog) over een afstand van ca. 1,5km, in combinatie met 2 waterkerende kunstwerken om de Grote en Nieuwe Wetering te kunnen afsluiten.

Voor een eerste grove analyse van het effect hiervan op het LIR is de aanname gedaan dat hiermee de buurten achter de kering niet meer kunnen onderlopen vanuit de breslocaties aan de andere zijde van deze compartimenteringskering. Omdat deze compartimenteringskering

ongeveer op de overgang ligt tussen normtraject 52-2 en 52-3, is daar het onderscheid mee gemaakt. Vervolgens zijn voor de overstromingsscenario's de mortaliteitswaarde in de buurten achter de compartimenteringskering op 0 gezet en zijn de LIR-eisen per normtraject opnieuw afgeleid om het effect te onderzoeken.



Figuur 4.3 Locatie compartimenteringskering (rode stippenlijn). Achtergrond: AHN3.

4.4 Resultaten analyses casus DR52

In de tabel hieronder zijn de resultaten van de uitgevoerde berekeningen weergegeven. In de eerste rij zijn de normen (ondergrens) opgenomen zoals die op de factsheets staan weergegeven. De nieuwe referentie berekeningen die in dit onderzoek zijn gemaakt leiden tot de LIR-eisen aan het dijktraject die in de 2e rij zijn weergegeven. Hieronder wordt per scenario ingegaan op de resultaten en de verschillen. Hierbij focussen we op de resultaten van normtraject 52-2 en 52a-1, aangezien deze normtrajecten op dit moment LIR-gedomineerd zijn, en aanpassing van de LIR-eis dus direct invloed heeft op de norm bij deze trajecten.

Tabel 4.2 Overzicht resultaten casus dijkkring 52, kanseisen vanuit LIR in 1/jaar (dikgedrukt in zwart is vergelijking met Factsheets, dikgedrukt blauw is vergelijking met referentie).

	52_1		52_2		52_3		52_4		52a_1	
Factsheets	1000		1200		1400		150		1100	
Referentie	892	-11%	730	-39%	997	-29%	670	347%	377	-66%
52a-1 (95% evacuatie)									43	-89%
Aankomsttijd v1	677	-24%	508	-30%	757	-24%	509	-24%		
Aankomsttijd v2	548	-39%	347	-52%	641	-36%	431	-36%		
Aankomsttijd v3	433	-51%	275	-62%	637	-36%	428	-36%		
Compartimentering	467	-48%	283	-61%	522	-48%	351	-48%		
Hotspot (95% evacuatie)	813	-9%	492	-33%	706	-29%	611	-9%		

Vergelijking Referentieberekening met geldende LIR-eisen in de Waterwet

De gevonden LIR-eis voor traject 52-2 (de omgevingswaarde), onderdeel van deze casus ligt 39% lager dan de waarde in de factsheets. De maatgevende buurt heeft een mediane mortaliteit van 0,7%. Dat is een stuk lager dan de mortaliteit die is weergegeven in de factsheets van 1,0%. Met overlap van overstromingsscenario's uit naastgelegen normtrajecten wordt de mortaliteit in deze buurt gelijk aan 2,0% in de referentieberekening, ten opzichte van 2,7% op de factsheets. Het verschil in de maatgevende mortaliteit (en dus de norm) wordt verklaard door het verwijderen van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld, de oorspronkelijk maatgevende buurt ligt namelijk gedeeltelijk in deze geul.

Voor normtraject 52a-1 is de gevonden LIR-eis 66% (factor 3) lager. Op basis van de gebruikte mortaliteitsgrids is de gevonden maatgevende buurt met een mortaliteit van 0,9% verklaarbaar. In de factsheets is een mortaliteit van 2,5% opgenomen voor de maatgevende buurt. De maximale mortaliteit op gridcelniveau in het bovenmaatgevende scenario is gelijk aan 1,3%.

Ondanks dat normtraject 52-4 niet de focus is van de casus is het goed om de verschillen in de LIR-eis te duiden, de gevonden eis is namelijk meer dan 300% hoger dan in de factsheets. Omdat de 2 maatgevende buurten van normtraject 52-4 (weergegeven in Bijlage D) beiden slechts beperkt overstromen wordt de mediane mortaliteit bepaald op basis van slechts enkele gridcellen, de methode is dan erg gevoelig voor o.a. de gebruikte filter van het oppervlaktewater. Hele kleine verschillen kunnen dan veroorzaken dat de mediane mortaliteit

in een buurt sterk stijgt. De mortaliteit in de maatgevende buurt is in de nieuwe berekening gelijk aan 0,6% (er is geen overlap) terwijl deze op de factsheets gelijk is aan 0,2%. Dat verklaart het verschil in de LIR eis

Resultaat maatregel 1: Implementatie locatie-specifieke, evacuatie-vluchtfractie, afhankelijk van aankomsttijd van water (DR52)

Met name voor normtraject 52-2 blijkt meenemen van een gecombineerde evacuatie-vluchtfractie een effectieve maatregel. In de verschillende scenario's die zijn doorgerekend neemt de LIR-eis af met 30 tot 62%. Dit kan worden verklaard door de relatief hoge aankomsttijden bij dit langgerekte normtraject. De buurten die bepalend zijn voor de LIR-eis voor dit normtraject liggen relatief ver van de breslocaties, waardoor aankomsttijden hoog zijn. Het meenemen van vluchten in een gecombineerd evacuatie-vluchtpercentage heeft voor dit normtraject daarom naar verhouding veel effect.

Bij het meest bovenstrooms gelegen normtraject (52-1) zijn de aankomsttijden ook relatief groot, het duurt immers even voordat een overstroming zich in benedenstroomse richting heeft verspreid. De LIR-eis neemt hier af met 24% - 51%.

In de twee benedenstrooms gelegen normtrajecten (52-3 en 52-4) zijn de aankomsttijden lager bij de maatgevende buurten. Het water verspreidt zich ook minder ver omdat het maaiveld gezien vanaf de breslocaties oploopt. De effectiviteit neemt dan ook af naar 24% - 36%.

Resultaat maatregel 2: Verhoging generiek evacuatiefractie (DR52-a1)

Het generiek verhogen van het evacuatiepercentage in normtraject 52a-1 levert een significant lagere LIR-eis op. Het effect is gelijk aan het verschil in achterblijvers (44% bij 56% evacuatie en 5% bij 95% evacuatie). Hierdoor neemt de LIR-eis met 89% af.

Resultaat maatregel 3: Verhoging evacuatiefracties hotspotgebieden LIR (DR52)

Met gerichte maatregelen om mensen beter uit de meest risicogevoelige buurten te evacueren bij een overstroming neemt de LIR-eis voor traject 52-2 af met circa 30%. Een vergelijkbaar effect treedt op bij normtraject 52-3. Bij maatregelen moet worden gedacht aan bijvoorbeeld een verbeterd en gebiedsgericht evacuatieplan, aanbrenge van mogelijkheden voor verticale evacuatie of het verbeteren van vluchtroutes. Belangrijk om op te merken is dat een verhoging van het evacuatiepercentage in de LIR-hotspotgebieden niet één op één de LIR-eis beïnvloedt, zoals wel het geval is bij de hierboven beschreven maatregel 2 bij DR52-a1. Dit komt doordat deze maatregel gericht is op alléén de LIR-hotspotgebieden. De LIR-eis voor de LIR-hotspotgebieden gaat wél flink omlaag, maar andere buurten met een wat lagere LIR-eis worden dan maatgevend. De effectiviteit van deze maatregel is dus afhankelijk van de omvang van het gebied waar een hogere evacuatiefractie kan worden bereikt.

Resultaat maatregel 4: Constructie van een compartimenteringskering tussen de IJssel en de Veluwe t.h.v. de inlaat Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (DR52)

De effectiviteit van het aanbrenge van een compartimenteringskering op de grens van normtraject 52-2 en 52-3 blijkt potentieel groot. De LIR-eis neemt hierdoor met circa 50% af voor normtrajecten 52-1,3 en 4. Voor normtraject 52-2 is de afname nog iets groter, met 60%. Gevolg van deze maatregel is dat het risico in de meest bepalende buurten van deze dijkkring significant afneemt door de beschermende werking van de compartimenteringskering. Buurten met een wat lagere mortaliteitswaarde die niet worden beschermd door de compartimenteringskering worden bij deze maatregel maatgevend, waardoor de effectiviteit van compartimentering wordt beperkt.

Combinatie van maatregelen

Tot slot is gekeken of een combinatie van meerdere maatregelen mogelijk een groter effect kan hebben op de LIR-eis in het casusgebied. Hiervoor zijn de beschreven maatregel 1 en 3 gecombineerd doorgerekend voor dijkkring 52. Voor dijkkring 52a-1 is alleen maatregel 2 van toepassing. Doorrekening laat zien dat LIR-eisen nog verder afnemen bij een gecombineerde toepassing, zodat deze allemaal tot de klasse indeling van 1/300 zouden behoren.

Normtraject 52a-1 komt bij het onderzochte hogere evacuatiepercentage zelfs onder de klasse indeling 1/100 per jaar uit. Voor normtraject 52-2 en 52a-1 wordt de maatgevende kanseis hierdoor een klasse lager. Op de overige trajecten blijft de MKBA-eis maatgevend.

Tabel 4.3 Effecten van de combinaties van maatregelen, kanseisen vanuit LIR in 1/jaar.

	52-1		52-2		52-3		52-4		52a-1	
Referentie	892		730		997		670		377	
Combinatie hotspots + aankomsttijden + evacuatie 52a-1.	462	-48%	293	-60%	414	-58%	457	-32%	43	-89%
Klasse indeling LIR-norm	300		300		300		300		100	
Klasse indeling MKBA	1000		300		1000		1000		100	

Conclusies en aanbevelingen casus

Op basis van de resultaten uit de analyses van de 4 maatregelen kan een aantal conclusies worden getrokken:

- Het reproduceren van de LIR-eis per normtraject bleek voor deze dijkkring niet mogelijk, zoals toegelicht in 4.3.1. Daardoor is de vergelijking van het effect van maatregelen ook gecompliceerder; het effect van de maatregelen is vergeleken met de referentiewaarde die is geproduceerd. Gebaseerd op de gebruikte referentiesituatie, is het reduceren van het LIR in dijkkring 52 en 52-a1 met de onderzochte maatregelen mogelijk. Het effect verschilt per maatregel, maar resulteert voor de meeste maatregelen in een aanzienlijke daling van het LIR.
- Voor het kunnen aanpassen van de eis van normtrajecten is het in principe nodig om het risico met een factor 3 te reduceren t.o.v. de referentiesituatie in de maatgevende buurt. De resultaten van de analyses tonen voor normtraject 52-2 dat de individuele maatregelen niet tot een reductie van factor 3 te leiden, maar wel dichtbij komen. In de opzet van de analyses zit enig conservatisme, zoals bij de afleiding van de aankomsttijd per buurt (nu een minimumwaarde). Ook kunnen maatregelen nog gecombineerd worden. De uitgangspunten van deze analyse kunnen met nadere onderbouwing worden aangescherpt. Het behalen van een factor 3 is naar verwachting dan ook mogelijk. Voor normtraject 52-a1 is een reductie met factor 3 mogelijk, wanneer het lukt om de verwachtingswaarde voor de evacuatie te verhogen. Nader onderzoek zou nodig zijn om te onderbouwen of een dergelijke hogere preventieve evacuatiefractie realistisch en haalbaar is.
- De analyse heeft laten zien dat er potentie is in het reduceren van het LIR en de omgevingswaarde op basis van het LIR. Nader onderzoek kan gericht worden op verdere onderbouwing van de reductie die kan worden bereikt. In dit onderzoek is alleen de potentie van de maatregelen verkend.

Naast de uitgevoerde analyses zou een gedetailleerdere beschouwing van het bresgroeiproces, en de invloed daarvan op het overstromingspatroon, mogelijk ook tot een aanscherping van het LIR kunnen leiden voor deze casus. Dit vraagt een gedetailleerdere analyse en inzicht in het bresgroeiproces (in relatie tot de samenstelling van de kering en de richting ten opzichte van de stroming), en is vooralsnog niet uitgevoerd.

5 Conclusies en aanbevelingen

Hoogwaterbescherming wordt in Nederland vormgegeven met een meerlaagsveiligheidsbeleid. De uitwerking van dit beleid dateert uit het eerste decennium van deze eeuw. In het huidige beleid ligt de nadruk op preventie. In deze verkenning zijn de mogelijkheden onderzocht om de uitvoering van het Nederlandse meerlaagsveiligheidsbeleid te optimaliseren.

Voor deze verkenning is een aanpak ontwikkeld om een eerste inschatting te maken van de gebieden waar meerlaagsveiligheidsmaatregelen kansrijk zijn om het lokaal individueel risico (LIR) te verlagen. Hierbij zijn zowel fysieke ingrepen als organisatorische ingrepen genoemd en ook is aangegeven bij welke gebiedskenmerken door middel van een beter passende rekenmethode aan het basisbeschermingsniveau kan worden voldaan met minder strenge faalkanseisen aan de dijken.

Dit hoofdstuk bevat conclusies en aanbevelingen over de kansrijkheid om met maatregelen in laag 2 (ruimtelijke ordening) en 3 (crisisbeheersing) aan de veiligheidsnormen te voldoen. Kansrijk betreft in deze context dat de maatregelen een significant effect hebben op het berekende overstromingsrisico.

5.1 Conclusies kansrijkheid meerlaagsveiligheidsmaatregelen voor HWBP

Uit de verkenning volgen de volgende conclusies:

- Meerlaagsveiligheidsmaatregelen, het combineren van verschillende typen maatregelen het overstromingsrisico's te beperken, zijn kansrijk bij een aantal trajecten waar het LIR bepalend is voor de norm op de kering. Bij veel andere trajecten, waar LIR maatgevend is, is dit niet het geval.
- Bij gebieden met de volgende criteria zijn meerlaagsveiligheidsmaatregelen het meest kansrijk:
 - Gebieden met een lage bevolkingsdichtheid, en goede vluchtmogelijkheden, of daar waar de trajectnorm wordt bepaald door het LIR van slechts één of enkele buurten met goede vluchtmogelijkheden binnen het gebied.
 - Gebieden waar de overstromingskenmerken beïnvloed kunnen worden zodat waterdieptes, stijgsnelheden of stroomsnelheden minder groot worden, bijvoorbeeld door compartimenteringsmaatregelen.
- Er zijn verschillende maatregelen mogelijk waarmee het LIR gereduceerd kan worden naast dijkversterking. De belangrijkste zijn:
 - Maatregelen gericht op het vergroten van het aantal mensen uit de gevaarlijkste gebieden die op tijd een veilige locatie kan bereiken, bijvoorbeeld door verbeteren van de organisatie van evacuatie en vluchten of door aanleg van veilige locaties.
 - Maatregelen gericht op het beperken van de instroom of de waterdiepte door overstroming bijvoorbeeld door compartimentering, of door te kiezen voor een ander type dijk, of door aanleg van uitlaatconstructies.
 - Aanpassen rekenuitgangspunten LIR op basis van actuele kennis. Bijvoorbeeld het vergroten van de evacuatiefractie door ook binnen het gebied te evacueren en rekening houden met faalpaden en bezwijkgedrag (taai of bros) van doorbraaklocaties, of rekening houden met vluchten na bresvorming.
 - In deze verkenning zijn slechts enkele typen maatregelen beschouwd, met name gericht op vergroten van het aantal mensen dat op tijd een veilige locatie bereikt. Maatregelen die meer rekentijd vergen zijn in dit onderzoek niet of niet gedetailleerd doorgerekend, maar kunnen wel belangrijk zijn. Denk hierbij aan maatregelen die de bresgroei remmen of beperken, of compartimentering, of het weglaten van gevaarlijke

niet-bewoonde buurten uit de LIR-analyse (en het reserveren als niet-te-bebouwen gebied).

- In de casestudie van dijkkring 52 en 52a is met een gebiedsscan gekeken naar maatregelen om de evacuatie/vluchtfractie te vergroten en compartimentering. Dit lijken hier de meest doeltreffende meerlaagsveiligheidsmaatregelen. De verkennende analyses in de casus hebben aangetoond dat maatregelen tot significante reducties in het berekende LIR kunnen leiden ten opzichte van een referentiesituatie. De verlaging van het LIR varieerde per maatregel en is sterk afhankelijk van de invulling van de maatregelen. Het is mogelijk om een factor 3 reductie te behalen. Aangezien de normklassen een factor 3 verschillen, zou dat aanleiding kunnen zijn om de norm via een omwisselbesluit te verlagen. Echter, er is in de verkennende casestudie niet gekeken naar kosten, haalbaarheid en acceptatie. Ook is niet gekeken naar het verschil in opgave voor dijkversterking bij de huidige norm en een eventuele lagere norm.
- De verkenning heeft voor beide trajecten laten zien dat er potentie is in het verminderen van het LIR en daarmee de normklasse van het traject voor dijkkring 52, 52a. Een vervolgonderzoek zou kunnen zorgen voor een meer gedetailleerd en onderbouwd beeld van deze vermindering en de potentie daarvan.

5.2 Aanbevelingen kansrijkheid meerlaagsveiligheidsmaatregelen voor HWBP

Op basis van de verkenning worden de volgende aanbevelingen met betrekking tot de implementatie van meerlaagsveiligheid in de aanpak van het HWBP gedaan:

- Om de kansrijkheid van de implementatie van meerlaagsveiligheidsmaatregelen met bovenstaande adviezen te verzilveren in de HWBP aanpak, is een verdiepingsslag aan te bevelen voor de geselecteerde casus voor dijkkring 52_2 en 52a1. Bij voorkeur samen met het waterschap (Vallei en Veluwe) om zo ook de gebiedskennis te benutten en de analyses te actualiseren, samen de potentie te verkennen en haalbaarheid (en kosten) te beoordelen en af te wegen. Een verdiepende studie is nodig om een beter beeld en een betere onderbouwing te krijgen van de effectiviteit van de maatregelen in het verminderen van het LIR, de mogelijkheden van combinatie van maatregelen en om de context, kosten, acceptatie en de resterende dijkversterkingsopgave meenemen.
- Pas de aanpak van de quickscan toe als kansenscan op programmaniveau en gebruik daarbij de inzichten uit de casus. Dit geeft inzicht in de trajecten waar meerlaagsveiligheidsmaatregelen mogelijk kansrijk zijn. Daarbij wordt aanbevolen om:
 - De quickscan uit te voeren bij verschillende zichtjaren. Er kan dan beter worden ingespeeld op autonome ontwikkelingen (klimaat, gebied, bodemdaling, kennis). De gebiedsmaatregelen kunnen dan op lange termijn consequenties worden beoordeeld en vergeleken met de adaptiviteit en uitbreidbaarheid van traditionele dijkversterkingen.
 - Mogelijk zijn er ook kansrijke locaties voor normtrajecten waarvan de norm bepaald is door de MKBA en waar ook compartimentering of andere maatregelen mogelijk zijn. Dit is in deze studie echter niet onderzocht. Bekijk welke trajecten gedomineerd door de MKBA-eis mogelijk kansrijk zijn voor MLV-maatregelen, bijvoorbeeld door compartimentering. Deze trajecten vielen hier buiten de scope van het onderzoek.
- Ontwikkel handvaten om voorafgaande aan de start van de projecten na te gaan of meerlaagsveiligheidsmaatregelen doeltreffend kunnen worden ingezet en of deze haalbaar zijn. Gebruik hiervoor de ervaringen uit de quick-scan en (nadere) uitwerking van de casus. Aanbevolen wordt om a) concrete handvaten te ontwikkelen zodat de afweging landelijk consistent plaatsvindt en b) in aanvulling concrete handvatten voor uitwerking en afweging van meerlaagsveiligheidsmaatregelen in de verkenningfase.

Opgemerkt wordt dat de meerwaarde van meerlaagsveiligheidsmaatregelen toeneemt wanneer er ook andere opgaven in het gebied zijn. Het is aan te bevelen om 'koppelkansen' te zoeken en te verkennen door de resultaten van de quickscan naast andere ruimtelijke

opgaven te leggen. Indien zich koppelmogelijkheden voordoen kan samen met andere gebiedspartners worden gezocht naar oplossingsrichtingen voor het gebied. De aanzet voor een gebiedsaanpak in de gebiedstoets kan worden uitgebreid en aangescherpt met de resultaten uit de quickscan en de casus. Zie onderstaande figuur over de gebiedstoets.



Figuur 5.1 Om een oplossingsrichting voor het gebied te bepalen heeft RHDHV een gebiedstoets ontwikkeld.

- De handvaten en/of gehele gebiedstoets aanpak kan vervolgens verwerkt worden in de handreiking trajectaanpak voor HWBP projecten die gebruikt kan worden om te komen tot een verkenning en afweging van kansrijke MLV-maatregelen voor dijktrajecten die zijn afgekeurd voordat een verkenning wordt opgestart. Als uit de trajectaanpak blijkt dat er kansrijke maatregelen lijken te zijn, is het verstandig om deze in de projectdefinitie (bij gebiedsontwikkelingen of bij het definiëren van maatregelen na een beoordeling en initiatie van HWBP-projecten) of in de verkenning uit te werken.
- Onderzoek ook andere toepassingen. Naast het toepassen van andere maatregelen kan meerlaagsveiligheid wellicht ook anders meegenomen worden, bijvoorbeeld door
 - In de keuze voor dijkversterking ook te kijken naar de gevolgen en op sommige locaties te kiezen voor dijktypes waarin minder snel grote diepe bressen worden verwacht: dijken die vervormen in plaats van echt breken. Dit kan mogelijk door bij dijkontwerpen te kijken naar risicoreductie in plaats van puur naar faalkansreductie op een zo efficiënt mogelijke wijze. Of dit kansrijk is moet nog verkend worden.
 - De gevoeligheid van het overstromingsrisico en het effect van maatregelen voor uitgangspunten in de DPV-systematiek te analyseren.

Referenties

- de Bruijn, K., & Maas, B. (2022). *Het meenemen van aankomsttijden in de analyse van slachtofferrisico's*. Deltares.
- Jonkman, S. (2007). *Loss of life estimation in flood risk assessment. Theory and applications*. TU Delft.
- Slager, K., & Wagenaar, D. (2017). *Standaardmethode 2017 Schade en slachtoffers als gevolg van overstromingen*. Delft: Deltares.
- Slootjes, N., & van der Most, H. (2016). *Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Slootjes, N., & van der Most, H. (2016). *Factsheets normering primaire waterkeringen. Getsinformatie per normtraject*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- van Gerven, K., van den Berg, S., & Kwakman, L. (2005). *Veiligheid Nederland in kaart: Overstromingsrisico dijkkring 52 Oost-Veluwe*. VNK.
- Vermeulen, C., & Hoffman, T. (2009). *Risico-onderzoek Veessen-Wapenveld*. Rijkswaterstaat.

A Overzicht met potentieel interessante maatregelen

Tabel A1 Overzicht van mogelijke meerlaagsveiligheidsmaatregelen. De letters E, V, O en M duiden aan of de maatregel ingrijpt op Evacuatie, Vluchten, Overstromingskarakteristieken of Mortaliteit.

Type maatregel (Fysiek, rekenkundig, organisatie)	Ingreep of kennisaspect	E	V	O	M	wijziging in rekenaanpak	Bij welke gebiedskenmerken met name kansrijk (zie ook box generiek voor evacuatie of voor vluchten)	kenmerken die haalbaarheid / uitvoerbaarheid beïnvloeden	Overig
organisatie	Verlengen leadtime of nauwkeurigheid waarschuwing t.b.v. verkorten beslistijd voor evacuatie	X				nee, leidt tot grotere beschikbare tijd	alle	Welke mate van verbetering van de waarschuwing is nodig om impact te hebben op beslistijd? Reactie van bewoners, geven die gehoor aan een eerdere evacuatieoproep?	Voor alle evacuatie maatregelen: Rekenkundig de meeste invloed in gebieden die al een hoge evacuatiefractie hebben. Gebieden met minder inwoners zijn makkelijker te evacueren.
organisatie	Verbeteren dijkmonitoring en/of vertaling van dijkmonitoringswaarnemingen naar evacuatiebesluitvorming t.b.v verminderen verloren tijd	X				nee: leidt tot grotere beschikbare tijd en/of verbeterde uitvoering.	Rivierengebied hier is de belasting langer tegen de kering en zonder storm is monitoring makkelijker	Welke kennisvragen spelen in relatie tot dit aspect?	
organisatie	Verbeteren bewustzijn, communicatie en organisatie van evacuatie voor het hele gebied. Door voorlichting, oefenen, beter onderbouwde evacuatieplannen	X				nee, leidt tot verbeterde uitvoering	In principe overal Gebieden waar ook wegens wateroverlast aandacht is voor risico van overstroming (Limburg)	Beschikbaarheid van evacuateroutes en capaciteit hiervan	

Type maatregel (Fysiek, rekenkundig, organisatie)	Ingreep of kennisaspect	E	V	O	M	wijziging in rekenaanpak	Bij welke gebiedskenmerken met name kansrijk (zie ook box generiek voor evacuatie of voor vluchten)	kenmerken die haalbaarheid / uitvoerbaarheid beïnvloeden	Overig
organisatie	Verbeteren evacuatie op locatieniveau (hotspots) met specifieke onderbouwde evacuatieplannen voor kleine gebieden	X				ja gedifferentieerd beeld evacuatie	trajecten met kleine gebieden met een lokaal hoger LIR Gebieden met ingesloten gebied, bijvoorbeeld dubbele dijk	Omvang van gebieden met hoog LIR, kan veiligheidsregio deze gebieden organisatorisch overzien? wordt al gedaan bijvoorbeeld in Gelderse Vallei	
rekenkundige ingreep	Evacuatiefractie per overstromingsscenario afleiden	X				Ja, in bepaling individueel risico moeten evacuatiefracties worden gewogen o.b.v. de scenario's	Grote dijkeringen met grote diversiteit in overstromingspatroon, of gebieden waar overstromingspatroon sterk verschilt per locatie		
rekenkundige ingreep	Aankomsttijd van water meenemen in een ruimtelijk gedifferentieerde vluchtfractie, als extra factor bovenop de evacuatiefractie		X			ja gedifferentieerd beeld Vluchtfractie, wordt nog niet meegenomen	Grotere dijkeringen met significante tijdsduren tussen dijkdoorbraak en aankomst van water		

Type maatregel (Fysiek, rekenkundig, organisatie)	Ingreep of kennisaspect	E	V	O	M	wijziging in rekenaanpak	Bij welke gebiedskenmerken met name kansrijk (zie ook box generiek voor evacuatie of voor vluchten)	kenmerken die haalbaarheid / uitvoerbaarheid beïnvloeden	Overig
organisatie	Verbeteren organisatie en communicatie tijdens de vluchtfase, bijvoorbeeld met een onderbouwd evacuatieplan dat is uitgebreid met maatregelen/organisatie voor de vluchtfase		X			ja, vluchten wordt nog niet meegenomen	Gebieden waar ook wegens wateroverlast aandacht is voor risico van overstroming (Limburg) Gebieden waar relatief weinig mensen wonen en dus minder mensen hoeven te worden geëvacueerd/goed kan worden georganiseerd		Zijn de veiligheidsregio's hiertoe bereid? Is een evacuatiescenario onderbouwd te verbeteren?
fysieke ingreep	Aanleggen of bewegwijzering van vluchtroutes		X			ja, vluchten wordt nog niet meegenomen			
fysieke ingreep	Aanleggen of aanwijzen van shelters of verhoogd aangelegde gebieden voor verticale evacuatie.		X			ja, vluchten wordt nog niet meegenomen	Aanwezigheid veilige plekken. Gebieden met minder grote overstromingsdieptes.	Voorbeeld de Staart bij Dordrecht is buitendijks opgehoogd. Rekening houden met zettingsgevoelige gebieden	
fysieke ingreep	Verhoogd of beschermd aanleggen van cruciale objecten voor de functies transport en communicatie (vluchtroutes, zendmasten, stroomvoorziening)		X			ja, vluchten wordt nog niet meegenomen	Gebieden met minder grote overstromingsdieptes.		

Type maatregel (Fysiek, rekenkundig, organisatie)	Ingreep of kennisaspect	E	V	O	M	wijziging in rekenaanpak	Bij welke gebiedskenmerken met name kansrijk (zie ook box generiek voor evacuatie of voor vluchten)	kenmerken die haalbaarheid / uitvoerbaarheid beïnvloeden	Overig
fysieke ingreep	Aangepast bouwen om te zorgen voor hoge vlucht/evacuatiefractie of lagere mortaliteit		X			ja, vluchten wordt nog niet meegenomen	In gebieden met groot gevaar nu en weinig bewoners.		
fysieke ingreep	Aanleg van van 'taaie dijken' die niet bressen of beperkt bressen om instroom te beperken			X		Ja, meenemen kenmerken van de toekomstige kering in bepaling bresgroei en bresdebieten	Overall in principe, afhankelijk van mogelijkheden om dijk te versterken tot 'taaie dijk'. Meest effectief in gebieden met grote bresvolumes bij dijken, niet langs de duinenkust	Fysieke maatregelen om taaie dijk te realiseren (Kleikern/constructies) zijn niet overal even realiseerbaar	
rekenkundige ingreep	Rekening houden met eigenschappen van kering 'taaie dijken' om instroom te bepalen			X		Ja, meenemen kenmerken van de bestaande kering in bepaling debieten	Gebieden met kleidijken, brede dijken, damwanden, ... Meest effectief in gebieden met grote bresvolumes bij dijken, niet langs de duinenkust		
fysieke ingreep	Beperken instroom door bres te dichten			X		meenemen in berekening debieten	Gebieden zonder storm, Rivierengebied.	Organisatie en capaciteit van beheersorganisatie is zeer de vraag of dit haalbaar is en of je hier rekening mee kunt houden	
fysieke ingreep	Verkleinen stijgsnelheid door obstructies/lijnelementen die water tegenhouden te doorsnijden/verlagen/openen			X			Hellende gebieden met obstructies/lijnelementen. Gebieden met LIR-hotspots in gecompartmenteerde stukken	Effect op gebieden achter de obstructie (en weerstand tegen de maatregel in dat gebied).	

Type maatregel (Fysiek, rekenkundig, organisatie)	Ingreep of kennisaspect	E	V	O	M	wijziging in rekenaanpak	Bij welke gebiedskenmerken met name kansrijk (zie ook box generiek voor evacuatie of voor vluchten)	kenmerken die haalbaarheid / uitvoerbaarheid beïnvloeden	Overig
fysieke ingreep	Verlengen aankomsttijd of voorkomen dat gebieden kunnen onderlopen door (tijdelijke) compartimenteringsdijk en /of (tijdelijk) ophogen van bestaande compartimenterende constructie			X			Gebieden met ruimte voor compartimentering tussen kritieke locaties en rivier Gebieden met LIR-hotspots die kunnen worden gecompartmenteerd Gebieden met bestaande (gedeeltelijke) lijnelementen Gebieden met lokaal smalle/ondiepe delen van overstromingspatroon	Omvang, haalbaarheid en kosten van benodigde fysieke ingrepen	
fysieke ingreep	Verlagen stijgsnelheid of diepte op kritieke locaties door geleiden van water naar aangewezen bergingsgebieden.			X			Grote gebieden met ruimte voor geleiding / berging van water	Bestaande functies in aangewezen bergingsgebieden	
rekenkundige ingreep	Reserveren van gevaarlijke nu nog onbewoonde gebieden als niet voor bewoning geschikt				X	Ja, in principe betekent dit dat het basisbeschermingsniveau vervalt voor deze gebieden	Nu nog onbewoonde gevaarlijke gebieden	Voorbeeld randen groningen ?	Feitelijk is dit hetzelfde als laten vervallen het basisbeschermingsniveau voor niet bewoonde gebieden, maar dan toegepast in een kleiner gebied en dan verankerd in regelgeving
rekenkundige ingreep	Rekening houden met sterkere gebouwen en kleinere kans op instorting (tov jaren 50 in zeeland)				X		Gebieden met relatief recente bebouwing (of recent versterkt, Groningen)	Kennisvragen hoe hogere sterkte en invloed op mortaliteit te onderbouwen.	

Type maatregel (Fysiek, rekenkundig, organisatie)	Ingreep of kennisaspect	E	V	O	M	wijziging in rekenaanpak	Bij welke gebiedskenmerken met name kansrijk (zie ook box generiek voor evacuatie of voor vluchten)	kenmerken die haalbaarheid / uitvoerbaarheid beïnvloeden	Overig
rekenkundige ingreep	Versoepelen basisbeschermingsniveau voor niet of nauwelijks bewoonde gebieden				X	o.b.v. landgebruiksfuncties; cellen met functie natuur of agrarisch gebied niet meenemen in de bepaling van de mediane mortaliteiten per buurt	dunbevolkte gebieden		
rekenkundige ingreep	Gedetailleerdere bresgroeimodellering rekening houdend met : - aanwezige elementen rond de dijk die bres-instroom kunnen beïnvloeden - stroomrichting en lokale karakteristieke stroming in de uiterwaard (binnen/buitenbocht, dicht bij main channel etc.)			X		Gebruik van subgrid methode D-HYDRO, aanpassingen aan Verheij-vdKnaap formule.	gebieden met hoge bresdebieten (veel verval over de bres)		
fysieke ingreep	Instroom beperkende maatregelen (vegetatie of andere maatregelen) in de uiterwaarden of binnendijks op plekken met hoog bresdebiet.			X		Kan alleen worden meegenomen bij toepassing van nauwkeurigere bresgroeimodellering (D-hydro)	Gebieden met ruimte in de uiterwaard of binnendijks	Benodigde omvang/lengte waarover maatregelen nodig zijn, met name bij kleine zwakke plekken kan dit interessant zijn	

Type maatregel (Fysiek, rekenkundig, organisatie)	Ingreep of kennisaspect	E	V	O	M	wijziging in rekenaanpak	Bij welke gebiedskenmerken met name kansrijk (zie ook box generiek voor evacuatie of voor vluchten)	kenmerken die haalbaarheid / uitvoerbaarheid beïnvloeden	Overig
rekenkundige ingreep	Standzekerheid lijnelementen in meer detail meenemen en RTC aansturen			X		Getrapte aanpak met bresgroeimodellering bij primaire en compartimenteringskering of met een overlopende stuwfunctie	Gebieden met lijnelementen die overstromingspatroon significant beïnvloeden		Weinig kennis of zicht op standzekerheid verschillende lijnelementen.
rekenkundige ingreep	methode buurtenbestand aanpassen				X	Ander buurtenbestand nemen dat niet arbitrair is en uniform/onderbouwd is	Overall		De mediane mortaliteit per buurt is nu afhankelijk van de vorm/grootte van de postcodegebieden. Bij een andere configuratie van het buurtenbestand vind je dus andere mortaliteiten. Toepassing van buurtenbestand is erg arbitrair

B Tabel met maatregelen voor dijkkring 52

Tabel B.1 Maatregelen voor dijkkring 52.

Maatregel	Type (O/F/R)	Aangrijp-thema (O/M/E/V)	Uitwerking voor Dijkkring 52
Verlengen leadtime of nauwkeurigheid waarschuwing t.b.v. verkorten beslistijd voor evacuatie	O	E	Kansrijk; evacuatiefractie van 56% kan hiermee worden verhoogd. Zou bijvoorbeeld concreet kunnen door opzetten van een verbeterd waarschuwingssysteem o.b.v. meetdata afvoeren en neerslag bovenstrooms.
Verbeteren dijkmonitoring en/of vertaling van dijkmonitoringswaarnemingen naar evacuatiebesluitvorming t.b.v. verminderen verloren tijd	O	E	Kansrijk; evacuatiefractie van 56% kan hiermee worden verhoogd. Bijvoorbeeld via monitoring van zwaar belaste dijken met sensoren
Verbeteren bewustzijn, communicatie en organisatie van evacuatie voor het hele gebied. Door voorlichting, oefenen, beter onderbouwde evacuatieplannen	O	E	Zeer Kansrijk; evacuatiefractie van 56% kan hiermee worden verhoogd en gedifferentieerd per locatie in de dijkkring door in evacuatieplanning gebieden met hoger risico te prioriteren. Voor Dijkkring 52 zou er i.s.m. de veiligheidsregio een gedetailleerder evacuatieplan kunnen worden opgesteld, met prioritering voor gebieden met een hoog LIR, om daar een hoger evacuatiefractie te behalen ten koste van gebieden met een lager LIR. Specifiek voor 52-a1 ook kansrijk vanwege beperkte aantal mensen en goede evacuatiemogelijkheden aan twee zijden.
Verbeteren evacuatie op locatieniveau (hotspots) met specifieke onderbouwde evacuatieplannen voor kleine gebieden	O	E	Minder Kansrijk; in dijkkring 52 is geen duidelijke hotspot aanwezig in LIR.
Evacuatiefractie per overstromingssceario afleiden	R	E	Minder kansrijk; besluitvorming over evacuatiebesluiten zal in praktijk in dit gebied niet sterk verschillen, vanwege uniforme gevaarstelling langs het hele tracé
Aankomsttijd van water meenemen in een ruimtelijk gedifferentieerde vluchtfactie, als extra factor boven op de evacuatiefractie	R	V	Zeer Kansrijk; in DR 52 zijn veel vluchtmogelijkheden door de nabijgelegen Veluwe o.a. en veel oost-westverbindingen, waardoor vluchtmogelijkheden hier goed en realistisch zijn.
Verbeteren organisatie en communicatie tijdens de vluchtfase, bijvoorbeeld met een onderbouwd evacuatieplan dat is uitgebreid met maatregelen/organisatie voor de vluchtfase	O	V	Zeer kansrijk; relatief dunbevolkt gebied met veel vluchtmogelijkheden richting de Veluwe, veel oost-Westverbindingen beschikbaar nog gedurende lange tijd na doorbraak
Aanleggen of bewegwijzering van vluchtroutes	F	V	Kansrijk; relatief dunbevolkt gebied met veel beschikbare oost-westverbindingen. Bewustwording van evacuatiemogelijkheden kan hier veel opleveren.

Maatregel	Type (O/F/R)	Aangrijp-thema (O/M/E/V)	Uitwerking voor Dijkkring 52
Aanleggen of aanwijzen van shelters of verhoogd aangelegde gebieden voor verticale evacuatie.	F	V	Niet kansrijk; veel horizontale evacuatiemogelijkheden beschikbaar, verticale evacuatie niet logisch hier.
Verhoogd of beschermd aanleggen van cruciale objecten voor de functies transport en communicatie (vluchtroutes, zendmasten, stroomvoorziening)	F	V	Minder kansrijk; veel dorpen liggen al in de buurt van hoge grond
Aangepast bouwen om te zorgen voor hoge vlucht/evacuatiefractie of lagere mortaliteit	F	M	Minder kansrijk; vergt aanpassingen in een groot gebied om effectief te kunnen zijn.
Aanleg van 'taai dijken' die niet bressen of beperkt bressen om instroom te beperken	F	O	Minder kansrijk; vanwege langgerekte vorm van deze dijkkring en noodzaak om lange tracés "taai" te maken --> Waarschijnlijk niet kosteneffectief
Rekening houden met eigenschappen van kering 'taai dijken' om instroom te bepalen	R	O	Kansrijk; eigenschappen van huidige kering kunnen worden meegenomen om gedetailleerder bresgroei patroon af te leiden
Beperken instroom door bres te dichten	F	O	Niet kansrijk; dunbevolkt gebied en niet realistisch om snel een bres te dichten in dit gebied.
Verkleinen stijgsnelheid door obstructies/lijnelementen die water tegenhouden te doorsnijden/verlagen/openen	F	O	Niet kansrijk; weinig opstuwende lijnelementen aanwezig
Verlengen aankomsttijd of voorkomen dat gebieden kunnen onderlopen door (tijdelijke) compartimenteringsdijk en /of (tijdelijk) ophogen van bestaande compartimenterende constructie	F	O	Kansrijk; de A1 kan functioneren als compartimenteringskering, of aanleg van een korte kering t.h.v. hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (Kerkdijk)
Verlagen stijgsnelheid of diepte op kritieke locaties door geleiden van water naar aangewezen bergingsgebieden.	F	O	Niet kansrijk; topografie van het gebied leent zich hier niet voor
Reserveren van gevaarlijke nu nog onbewoonde gebieden als niet voor bewoning geschikt	R	M	Kansrijk; grote delen van de gebieden met hoogste mortaliteit bevinden zich in nauwelijks bewoond gebied.
Rekening houden met sterkere gebouwen en kleinere kans op instorting (t.o.v. jaren 50 in zeeland)	R	M	Kansrijk
Versoepelen basisbeschermingsniveau voor niet of nauwelijks bewoonde gebieden	R	M	Kansrijk; grote delen van de gebieden met hoogste mortaliteit bevinden zich in nauwelijks bewoond gebied.
Gedetailleerdere bresgroei-modellering rekening houdend met:	R	O	Kansrijk; grote uiterwaarden aanwezig langs de IJssel met veel begroeiing aan weerszijden op

Maatregel	Type (O/F/R)	Aangrijp-thema (O/M/EV)	Uitwerking voor Dijkkring 52
- aanwezige elementen rond de dijk die bres-instroom kunnen beïnvloeden - stroomrichting en lokale karakteristieke stroming in de uiterwaard (binnen/buitenbocht, dicht bij main channel etc.)			diverse plaatsen die overstromingspatroon en bresgroei kunnen beïnvloeden
Instroom beperkende maatregelen (vegetatie of andere maatregelen) in de uiterwaarden of binnendijks op plekken met hoog bresdebiet.	F	O	Niet kansrijk; te langgerekte dijkkring, maatregel is op veel plaatsen nodig om effect te hebben
Standzekerheid lijnelementen in meer detail meenemen en RTC aansturen	R	O	Niet kansrijk; nagenoeg geen lijnelementen aanwezig
methode buurtenbestand aanpassen	R	M	Kansrijk; grote diversiteit in buurtenbestand op dit moment

C Methodiek

De methodiek en gebruikte data voor afleiden LIR-waarde per buurt en LIR-normen bestaat uit de volgende stappen:

- Een overzicht van de overstromingsscenario's in Dijkkring 52/52-a1 met de bijbehorende conditionele kansen, wegingsfactoren en evacuatiefractie zijn weergegeven in Bijlage D. Een selectie van overstromingsscenario's voor normtraject 52-2 (bij representatieve waterstand) is in de tabel hieronder weergegeven.

Tabel C.1 Overzichtstabel scenario's (selectie voor normtraject 52-2).

ID	Scenario	Cond. kans	Weging	Evacuatiefractie	Lengte
4997	Hoven Noord	0,0563	0,6	0,56	1314
4994	Hoven Zuid	0,1002	0,6	0,56	2339
5250	't Schol	0,3080	0,6	0,56	7186
4984	Gemaal Terwolde	0,5355	0,6	0,56	12495

- Resultaten van de simulaties die in het kader van de wettelijke normbepaling zijn uitgevoerd (o.a. de mortaliteitsgrids en aankomsttijden) van de betreffende scenario's zijn gebruikt in deze analyse (bron: LIWO).
- Overige gebruikte bestanden:
 - Dijkkringgebieden: Nationaal Basisbestand 2012 Dijkkringgebieden 4.0.
- CBS Buurtenbestand waarin het open water (o.b.v. LGN2023) eruit is geknipt.
 - Normtrajecten en breslocaties.
- In eerste instantie worden alleen de mortaliteitswaarden binnen de contour van het dijkkringgebied meegenomen. Daarna is het open water eruit gefilterd in GIS (o.b.v. de open waterkaart uit het LGN2023). Hierop is een buffer van 85m toegepast, in het open water was al een kleine buffer toegepast van ongeveer 10-15m. Om te komen tot een buffer van 100m is dus een extra buffer van 85m toegepast. Een buffer van 100m is ook gehanteerd in de afleiding van de huidige vastgelegde normen (Slootjes & van der Most, 2016).
- Het buurtenbestand is voor de casestudie aangepast, omdat de bestaande overstromingsscenario's uit het LIWO en de normberekeningen die eerder zijn uitgevoerd zijn gebaseerd op de situatie van vóór aanleg van Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld. Daarom zijn deze scenario's niet volledig kloppend met de huidige situatie (m.u.v. het scenario voor DR-52-a1).

Om in deze analyse toch een grof idee te krijgen van de potentie van een aantal specifieke MLV-maatregelen, is daarom gekozen voor het doorvoeren van een aantal aanpassingen:

- Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld is uitgeknipt in het buurtenbestand.
 - Restanten van de buurten die overlaptten met de hoogwatergeul zijn aan de oostzijde in DR52-a1 gevoegd bij de andere 5 buurten in dit gebied. Aan de westzijde zijn de restanten van deze buurten behouden. Resultaat is een aangepast buurtenbestand als basis voor de analyse.

met een factor gelijk aan de factor tussen de ruwe waarde van het risico en de eis, zodat het totale LIR exact aan de eis voldoet.

Dijkkring 52 en 52-a1 zijn in de analyse beschouwd als 2 volledig gescheiden dijkkringen, waarbij de overstromingspatronen uit de afzonderlijke dijkkringen geen invloed hebben op de andere dijkkring.

Opmerkingen/kanttekeningen methode:

Exacte reproductie van de “huidige” normen die zijn vastgelegd in de waterwet bleek niet mogelijk in deze analyse, als gevolg van:

- Aanpassing buurtenbestand bij Veessen-Wapenveld, zoals bovenstaand beschreven. Daarnaast is voor deze analyse een iets nieuwere versie van het CBS-buurtenbestand gebruikt dan destijds voor de normbepaling in de wet.
- Mogelijk kleine verschillen in het basisbestand wateroppervlakken en de gebruikte methode voor het uitfilteren van gebieden binnen 100m van wateroppervlakken.
- Handmatige nabewerkingen van buurten die uit de resultaten zijn verwijderd vanwege “foutieve pixels” met mortaliteit waardes in buitendijkse gebieden die niet goed worden uitgefilterd (deze handmatige stappen zijn niet goed gedocumenteerd voor de oorspronkelijke berekeningen gebruikt voor de normbepaling).
- Het niet meenemen van cascaderwerking bij dijkkring 11 en de extra schade die daar ontstaat bij een doorbraak in traject 52-4. Deze effecten hebben geleid tot een strengere MKBA-norm voor traject 52-4. Dit effect heeft naar verwachting weinig invloed op deze analyse, die gericht is op trajecten waar de LIR-norm bepalend is.

Voor deze analyse is daarom een nieuwe referentiesituatie berekend, met bijbehorende LIR-eis per normtraject. Voor het onderzoeken van de effectiviteit van MLV-maatregelen is daarom vergeleken met deze nieuwe referentiesituatie, om zo een consistente vergelijking van de effectiviteit van de maatregelen te schetsen.

D Overzicht Scenario's Dijkkring 52

Tabel D.1 Overzicht scenarios voor dijkkring 52.

ID	Scenario	Conditie	Overschrijding-frequentie	Traject	Cond. kans	Weging	Evacuatie	Lengte
5244	Cortenoever - Standaard maatgolf	TP	1250	52-1	1	0,6	0,56	21837
5246	Cortenoever - Plus decimeringshoogte	TP+1D	12500	52-1	1	0,4	0,56	21837
4989	deNijenste - Standaard maatgolf	TP	1250	52-3	1	0,6	0,56	14211
4992	deNijenste - Plus decimeringshoogte	TP+1D	12500	52-3	1	0,4	0,56	14211
4997	Hoven Noord - Standaard maatgolf	TP	1250	52-2	0,0563	0,6	0,56	1314
426	Hoven Noord - Plus decimeringshoogte	TP+1D	12500	52-2	0,0563	0,4	0,56	1314
4994	Hoven Zuid - Standaard maatgolf	TP	1250	52-2	0,1002	0,6	0,56	2339
4995	Hoven Zuid - Plus decimeringshoogte	TP+1D	12500	52-2	0,1002	0,4	0,56	2339
5250	't Schol - Standaard maatgolf	TP	1250	52-2	0,3080	0,6	0,56	7186
5251	't Schol - Plus decimeringshoogte	TP+1D	12500	52-2	0,3080	0,4	0,56	7186
4984	GemaalTerwolde - Standaard maatgolf	TP	1250	52-2	0,5355	0,6	0,56	12495
4987	GemaalTerwolde - Plus decimeringshoogte	TP+1D	12500	52-2	0,5355	0,4	0,56	12495
19084	tp Bastion	TP	1250	52-4	1	0,6	0,56	3100
19085	tp+1d Bastion	TP+1D	9000	52-4	1	0,4	0,56	3100
21506	dmax_tp_veessenwapenveld	TP	1250	52a-1	1	0,6	0,56	17900
21507	dmax_tpp1d_veessenwapenveld	TP+1D	12500	52a-1	1	0,4	0,56	17900

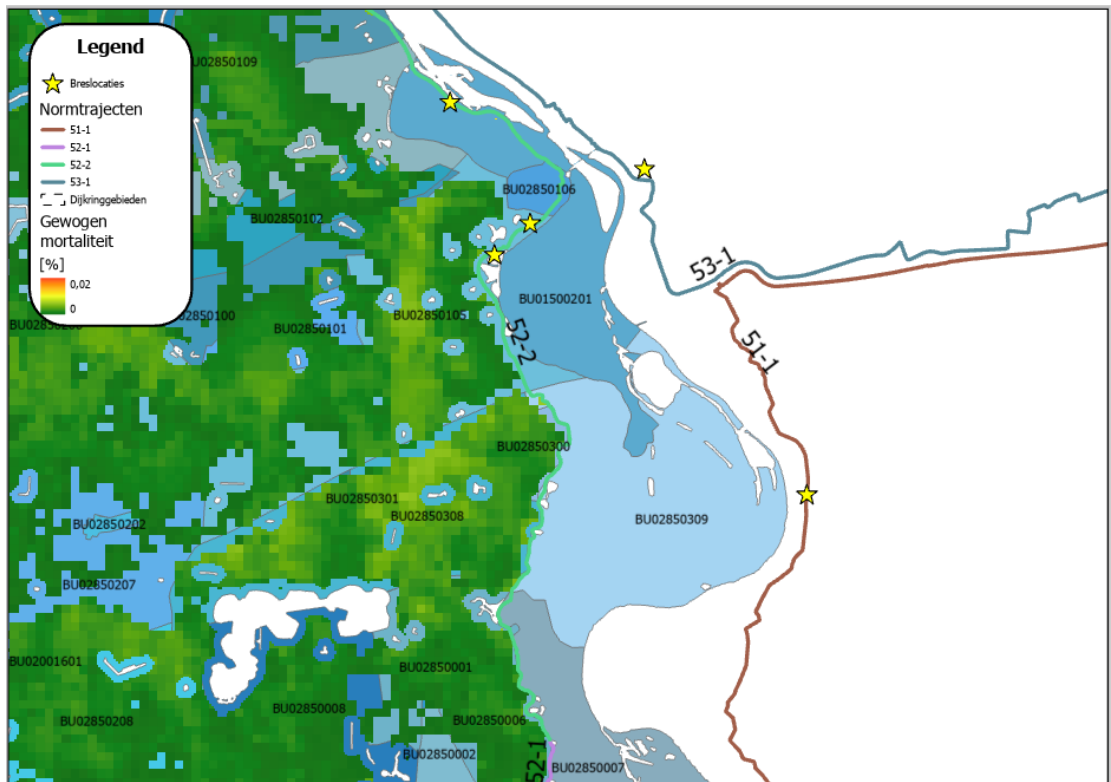
E Buurten die niet zijn meegenomen

Van de buurten met de hoogste mediane mortaliteit is beoordeeld of de gevonden waarde logisch is:

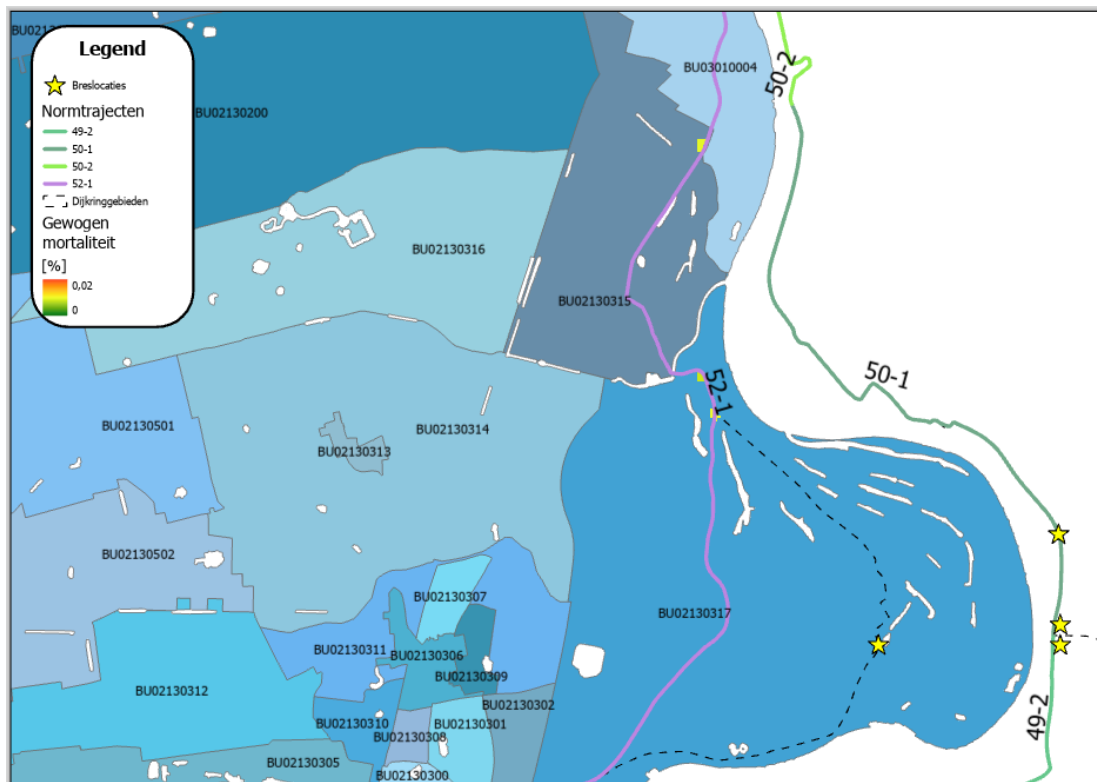
- Is er data aanwezig die er nog uit gefilterd had moeten worden? Zoals water dat niet op de betreffende landgebruik kaarten staat? Of betreft het foutieve pixels in buitendijkse gebieden?
- Het aantal gridcellen in de buurt. Bevindt er zich slechts één of enkele gridcellen in de buurt met een hoge mortaliteit? Is dat logisch?

Hieruit zijn de volgende buurten naar voren gekomen:

- 52-1: BU01500201 + BU02850309. Deze buurten bevatten slechts enkele pixels die aan buitendijks gebied kunnen worden toegekend, zoals te zien in de figuur hieronder.

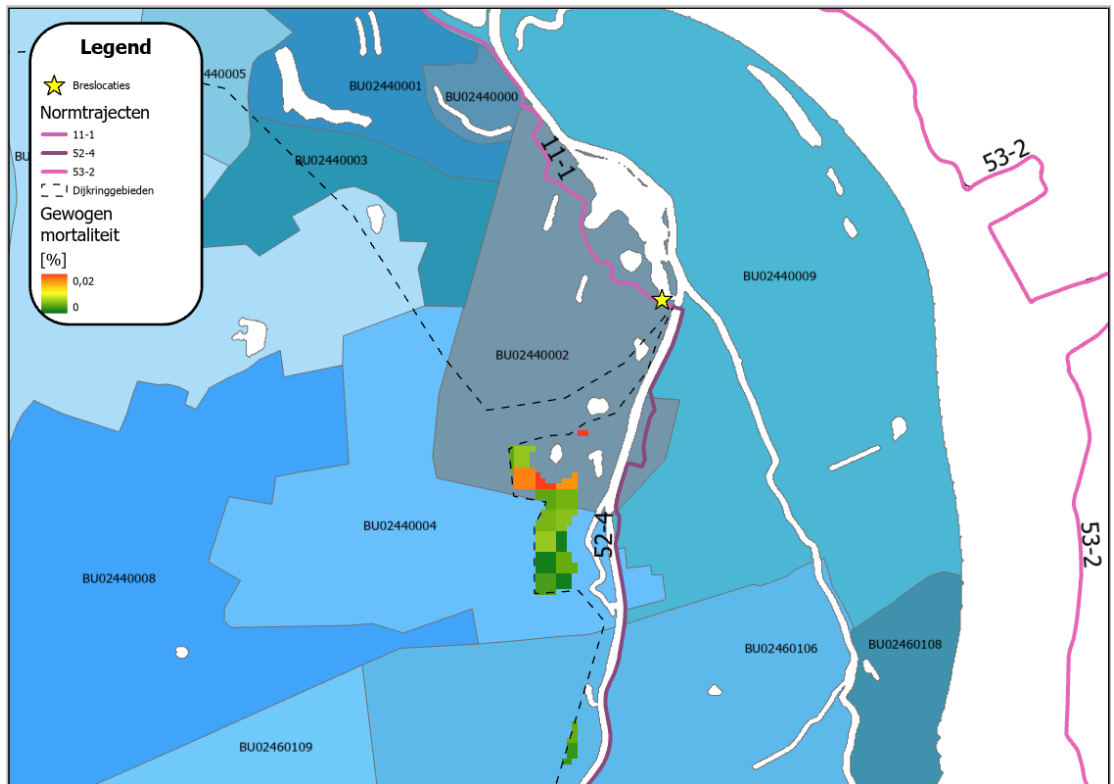


- 52-2: BU02130317 + BU02130315. Deze buurten bevatten slechts enkele pixels die aan buitendijks gebied kunnen worden toegekend, zoals te zien in de figuur hieronder.



- 52-3: BU01500201 + BU02850309 + BU02130317 + BU02130315. Deze buurten bevatten slechts enkele pixels die aan buitendijks gebied kunnen worden toegekend. Zie de 2 figuren hierboven.
- 52-4: Zie opmerking hieronder.
- 52a-1: Alleen de buurten in het gebied zijn beschouwd.

Er wordt opgemerkt dat de norm voor 52-4 sterk wordt bepaald door 2 buurten (BU02440002 en BU02440004, zie figuur hieronder). De methodiek is daarom erg gevoelig voor de gebruikte afstand om het water eruit te filteren.



¹ In 2024 is de Waterwet en daarmee ook de nieuwe normen opgegaan in de Omgevingswet.

F Conclusies en aanbevelingen voor methode verkenning kansrijkheid van meerlaagsveiligheidsmaatregelen

Deze bijlage bevat conclusies en aanbevelingen over de aanpak die in deze verkenning is gehanteerd, die benut kunnen worden voor doorontwikkeling van een gebiedstoets methodiek en ondersteunende instrumenten.

Conclusies aanpak

In deze verkenning is een grof naar fijn aanpak gehanteerd om te verkennen waar meerlaagsveiligheidsmaatregelen mogelijk kansrijk zijn. De hier gevolgde aanpak bestaat uit het langslipen van alle normtrajecten met experts en het bespreken van de verwachte kenmerken en het vergelijken met de criteria voor kansrijkheid van MLV maatregelen. Op basis van die discussie is een shortlist opgesteld van kansrijke dijktrajecten. Voor die shortlist is op basis van een overzicht van verschillende types maatregelen voor een case gekeken welke mogelijkheden er passen bij het betreffende gebied. Deze zijn in eerste instantie op basis van expert judgement in enkele uren beschouwd, en vervolgens is de invloed van een selectie van maatregelen nader onderbouwd. Uit dit selectieproces kwam naar voren dat er al een aantal trajecten zijn die, puur op deze snelle beoordeling, als potentieel kansrijk kan worden aangewezen en ook veel trajecten waar meerlaagsveiligheid niet kansrijk lijkt.

De aanpak bestaande uit de groepering van maatregelen, selectie van kansrijke trajecten en uitwerking bleek effectief voor het verkennen van de kansrijkheid van meerlaagsveiligheid.

Voordelen van deze aanpak

Het grootste voordeel van de gebruikte methode is dat het op een snelle en efficiënte manier een overzichtelijk eerste beeld schetst van de kansrijkheid van meerlaagsveiligheidsmaatregelen.

Het overzicht met potentieel interessante meerlaagsveiligheidsmaatregelen is een goede houvast om selectiecriteria voor de potentiële kansrijkheid van meerlaagsveiligheidsmaatregelen op te stellen. Als deze gestructureerd onderhouden wordt en nieuwe inzichten worden toegevoegd heeft de tabel veel toegevoegde waarde. Dit is ook waardevol met het oog op de toekomst en nieuwe innovaties op het gebied van meerlaagsveiligheid (maatregelen).

De selectie van potentieel kansrijke trajecten en uitwerking van de case verliep soepel en uit de afstemming tussen Deltares en RHDHV bleek dat beide partijen goed op één lijn zaten, wat bevestigt dat de methode goed onderbouwd is. Hierbij moet wel gezegd worden dat deze selectie gedaan is door experts die veel achtergrond kennis hebben van de normeringen bij de primaire waterkeringen.

Beperkingen van deze aanpak

De methode die gebruikt is in de verkenning heeft vanzelfsprekend ook beperkingen. Zo zijn de criteria wel duidelijk, maar niet meetbaar gedefinieerd. Het is bijvoorbeeld duidelijk waarom gekeken zou moeten worden naar een 'hoge variatie in het LIR' maar niet wat dit dan precies is. Hierdoor zou dit discutabel kunnen worden. Echter, ook die discussie kan leiden tot meer inzicht. Voor het selecteren van potentieel kansrijke gebieden zou het nog helderder rapporteren van de onderbouwing meerwaarde hebben, zodat andere experts of geïnteresseerden de gebruikte argumentatie kunnen volgen en eventueel kunnen bijdragen.

Het feit dat deze methode snel en efficiënt is opgezet brengt wel met zich mee dat het detailniveau relatief laag is. Er is veel afhankelijkheid van andere data/kennis om een goede vergelijking te maken met de werkelijke situatie en de bepaling van de normering. Ook is in de verkenning veel niet beschouwd. Zo zijn kosten van maatregelen, haalbaarheid, en wenselijkheid niet meegenomen. Ook is niet gekeken of de dijk sowieso versterkt moet worden en of het minder versterken dan opweegt tegen de opgave die de meerlaagsveiligheidsmaatregelen vragen. Daarnaast zijn in deze grove analyse de maatregelen op vereenvoudigde wijze doorgerekend en niet nader geoptimaliseerd.

In deze verkenning kwam al vrij snel naar voren dat het reproduceren van de LIR-eis zoals gesteld ten behoeve van de normering in DPV erg lastig is voor de hier gekozen cases. In deze verkenning is daarom een zo passend mogelijke referentiesituatie opgesteld en gebruikt. Idealiter zouden de normberekeningen gereproduceerd moeten kunnen worden en zou het verschil met de MLV maatregelen daarmee aangetoond kunnen worden. Nu is het effect van de MLV maatregelen weliswaar aangetoond door een situatie met en zonder MLV maatregelen, te vergelijken, maar is de situatie zonder MLV maatregelen niet identiek aan die gebruikt bij de normering. Voor het hier gebruikte gebied (dijkkring 52 en 52a) is dat overigens minder een probleem, omdat de situatie gebruikt bij de normering niet meer lijkt op de werkelijkheid in het veld: Het gebied is ingrijpend veranderd door de aanleg van de nevengeul Veessen Wapenveld en de destijds maatgevende buurt valt nu niet meer in de dijkkring.

Aanbevelingen voor doorontwikkeling methodiek of instrumenten

1. Vul de tabel met potentieel interessante meerlaagsveiligheidsmaatregelen aan door deze in een breder forum te bespreken. Voeg nieuwe kennis uit volgende studies toe en vergroot daarmee een gedeelde kennisbasis.
2. Definieer kwantificeerbare selectiecriteria voor gebieden waar meerlaagsveiligheid kansrijk is. Dit maakt de selectie consistent over alle trajecten.
3. Benoem expliciet gebruikte aannames, uitgangspunten, en databronnen voor selectie en uitwerking van de casus zodat de studie reproduceerbaar wordt, argumentatie navolgbaar. Daarmee kan de argumentatie eventueel ook verbeterd of overgenomen worden.
4. Geef een defaultsuggestie in de maatregellijst voor de vertaling van maatregelen naar de berekeningen. Zo kan bijvoorbeeld uitgezocht worden of kan afgesproken worden welk uitgangspunt gebruikt kan worden voor het beperken van de bresgroei bij inzet van andere dijkversterkingsmaatregelen dan versterking in grond. Immers, als de bresgroei daarmee beperkt of vertraagd wordt, dan kan een lagere norm volstaan terwijl wel het basisbeschermingsniveau wordt geboden.
5. Pas de hier beschreven stappen of methode toe op de andere trajecten die als potentieel kansrijk worden benoemd in dit rapport, bijvoorbeeld 32 of 42. Dit geeft ook inzicht in de schaalbaarheid van deze methode, er wordt aangetoond of deze methode wel of niet toepasbaar is op trajecten/gebieden die veel van elkaar verschillen. Dit kan dan vervolgens weer inzichten geven om de methode te verbeteren.