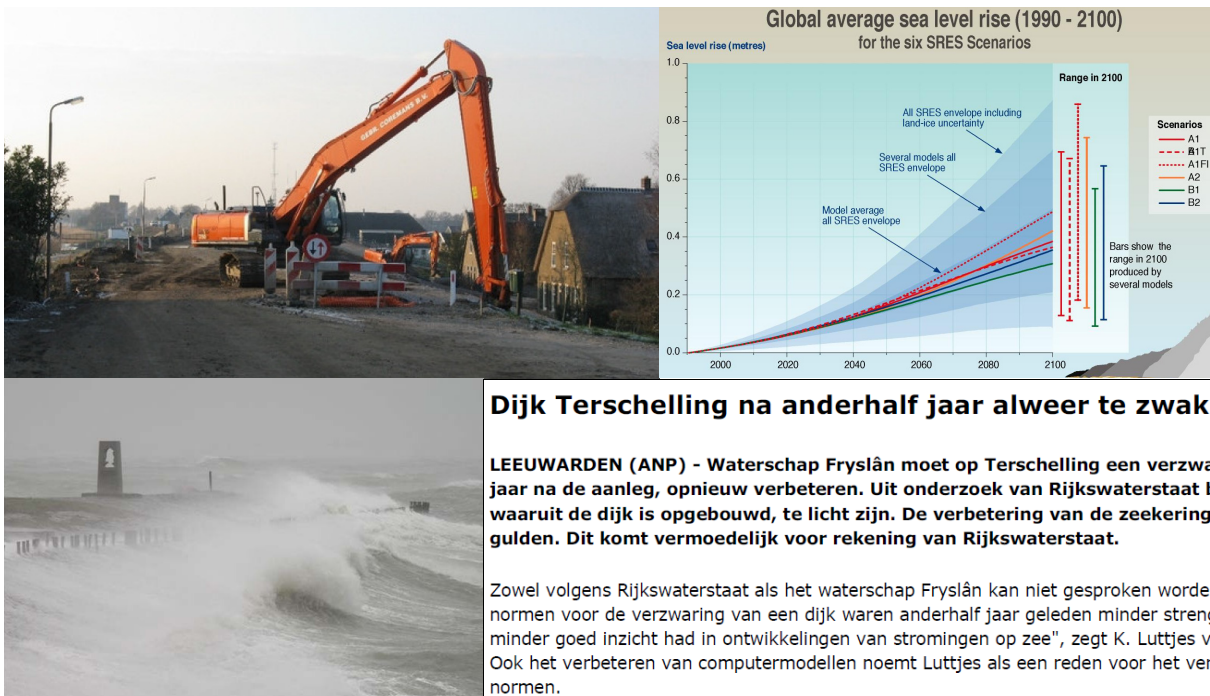


Onzekerheid bij dijkversterkingen

Omgaan met onzekerheden in de levensduur bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen



Omgaan met onzekerheden in de levensduur bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen

Afstudeerscriptie

Auteur	Niels de Boer BSc.
Student nummer	s0124990
Contact	n.deboer@student.utwente.nl

Onderwijsinstelling	Universiteit Twente
Faculteit	Construerende Technische Wetenschappen
Master	Civil Engineering and Management
Specialisatie	Water Engineering and Management

Afstudeercommissie	Dr. Maarten Krol
Universiteit Twente	Prof. Dr. Anne van der Veen
Witteveen+Bos	Ir. Joost Hulsbos
	Ir. Jan Muntinga

Status	Definitief
Datum	30 november 2012

Figuren voorpagina	
Linksboven	Den Braber, 2009
Linksonder	Gemeente Schouwen-Duiveland, 2007
Rechtsboven	IPCC, 2007
Rechtsonder	ANP, 2000

Abstract

Recentelijk zijn er in Nederland verschillende dijken versterkt terwijl de geplande levensduur nog lang niet gehaald was. Deze korte levensduur is het resultaat van diverse veranderingen in de eisen die aan de dijken gesteld worden. Dit is ongewenst vanwege de extra kosten en maatschappelijke overlast die gepaard gaan met de dijkversterkingen. Dit onderzoek heeft zich gericht op het meenemen van deze veranderingen als onzekerheden tijdens het ontwerpen van een dijk. De toepassing van de theoretische modellen van Courtney (1997), Brugnach et al. (2008) en Functowicz en Ravetz (1993) geeft aan dat er beter met onzekerheden omgegaan kan worden. Bijvoorbeeld door meer onderzoek te doen en een scenarioanalyse met alternatieve versterkingsmethoden te gebruiken. Een volledige toepassing van de scenarioanalyse vereist echter wel het loslaten van de gebruikelijke integrale versterking met een vaste planperiode en robuustheidstoets. De enige manier om met zekerheid de ongewenste overlast en kosten te voorkomen is door gebruik te maken van een adaptief ontwerp, de verwachting is echter dat dit veelal niet uitvoerbaar is. Met een adaptief ontwerp worden de gevolgen van frequent versterken (overlast en kosten) verminderd, maar de frequentie kan daarbij toenemen. Omdat het adaptieve ontwerp niet overal mogelijk is en de andere mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan absolute zekerheid geven zouden ook de mogelijkheden in de toetsing en de norm onderzocht en overwogen moeten worden.

Abstract (English)

Recently levees in the Netherlands have been reinforced much earlier than the life expectancy was during the design phase of the levee. Continuous changes in the demands that the levees are subjected to are the reason for condemning these levees. This is undesirable because of the extra costs and social disruption that frequent reinforcements bring with them. In this research project the possibility is examined to incorporate these changes as uncertainties in the design. The application of theoretical models of Courtney (1997), Brugnach et al. (2008) and Functowicz en Ravetz (1993) has indicated that the method of dealing with uncertainty can be improved. For instance by increasing research and using a scenario analysis with alternative reinforcements. A full application of the scenario analysis requires that the traditional integral reinforcement with a fixed period and additive is disbanded. The only way to avoid the undesirable effects with absolute certainty is the use of an adaptive design; the expectation is that for many levees this is not applicable. Using an adaptive design decreases the undesirable effects of frequent reinforcements but can also increase the frequency. Because the adaptive design is not applicable everywhere and other measures don't give absolute certainty possibilities in the testing and standards should be researched and considered as well. The language used in this report is Dutch, however there is an English summary on page 13.

Samenvatting

Dijkversterkingen zijn kostbare projecten met een grote maatschappelijke invloed. Deze projecten kennen een geschiedenis van protesten en rechtszaken, die hebben geleid tot vertragingen. Recentelijk moest het budget van het hoogwaterbeschermingsprogramma met 50% vergroot worden tot €3 miljard: de totale investering komt daarmee op een geschatte €20 miljard in 20 jaar. Ondanks de investeringen is vorig jaar uit de landelijke toetsing gebleken dat nog eens 1.225 km primaire dijken niet aan de normen voldoen en dus versterkt moeten worden. Een rapport van Ten Heuvelhof (2011) geeft aan dat er nog meer dijkversterkingen verwacht worden als gevolg van klimaatverandering, groeiende kennis, veranderende normen en toekomstgericht toetsen.

Probleemomschrijving

De veranderingen die Ten Heuvelhof in 2011 noemde leiden ertoe dat dijken eerder afgekeurd worden dan de geplande levensduur tijdens het ontwerpen. In de praktijk zijn er ook nog andere veranderingen geweest die tot zwaardere eisen voor de dijken hebben geleid. Als gevolg van de zwaardere eisen moeten de dijken frequent versterkt worden. Dit is ongewenst vanwege de extra kosten en maatschappelijke overlast die gepaard gaan met de dijkversterkingen. Dit onderzoek heeft zich gericht op het meenemen van deze veranderingen als onzekerheden tijdens het ontwerpen van een dijk.

Hoofdvraag: Welke bijdrage kan er vanuit de literatuur over onzekerheden geleverd worden aan het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?

Onderzoeksopzet

Dit onderzoek bestond uit drie onderdelen:

1. Een literatuurstudie naar de organisatie van de hoogwaterbescherming en de eventuele aankomende veranderingen;
2. Een literatuurstudie naar de manier waarop volgens de wetenschappelijke literatuur met onzekerheden omgegaan kan worden;
3. Interviews met deskundigen naar de manier waarop in de huidige praktijk met onzekerheden wordt omgegaan en welke onzekerheden van belang zouden kunnen zijn.

Met behulp van de interviews zijn de methoden uit de wetenschappelijke literatuur toegepast. Hierdoor kon de vergelijking gemaakt worden tussen de toepassing van de aanbevelingen uit de literatuur en de huidige werkwijze in de praktijk.

Resultaten

De resultaten zijn weergegeven aan de hand van de gebruikte drie centrale vragen:

- A. Vormt de huidige manier van omgaan met onzekerheden bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen aanleiding om hierin aanpassingen aan te brengen?
- B. Hoe zou het omgaan met onzekerheden vormgegeven kunnen worden als de theoretische inzichten vanuit de literatuur worden toegepast met behulp van interviews met deskundigen?
- C. Welke aanpassingen kunnen er gemaakt worden om beter met onzekerheden om te gaan bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?

Centrale vraag A: Vormt de huidige manier van omgaan met onzekerheden bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen aanleiding om hierin aanpassingen aan te brengen?

De manier van omgaan met onzekerheden is in 2007 gewijzigd. Voordat robuust ontwerpen werd geïntroduceerd werd er uitgekiend ontworpen. Uitgekiend ontwerpen kent een minimalistische aanpak, dus zonder toeslagen. Uitgekiend ontwerpen wordt als één van de oorzaken gezien van het snel afkeuren van dijken. Echter tijdens de periode voor uitgekiend ontwerpen werd er al wel robuust ontworpen, dit was alleen niet geformaliseerd. De huidige manier van omgaan met onzekerheden is beschreven in leidraden en technische rapporten. Sinds 2007 wordt er onder de noemer robuust ontwerpen:

- Een robuustheidstoeslag gebruikt;
- Rekening gehouden met uitbreidbaarheid;
- Toekomstig ruimtebeslag gereserveerd;
- Voorspelbare ontwikkelingen zoals zettingen en NAP daling meegenomen in het ontwerp (ook voor 2007 werd dit toegepast).

Deskundigen geven aan dat door conservatieve aannames van parameters te nemen er meer marge in het ontwerp gebracht wordt. Omdat echter dezelfde parameters ook in de toetsing gebruikt worden zal dit geen robuustheid voor de levensduur opleveren. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor partiële veiligheidsfactoren (toeslagen in het ontwerp). Deze toeslagen zorgen wel voor meer veiligheid maar niet voor robuustheid.

In de praktijk worden de leidraden bijna altijd gevolgd bij het ontwerpen van dijkversterkingen. De robuustheidstoeslag wordt dan ook altijd toegepast. Uitbreidbaarheid en de reservering van toekomstig ruimtebeslag staan echter op gespannen voet met de kosten van een dijkversterkingsproject. Hoewel alle partijen het belang inzien van uitbreidbaarheid stellen alleen de beheerders uitbreidbaarheid boven de kosten

Het eerder moeten versterken van dijken is in verschillende gebieden in Nederland voorgekomen. Hiervan zijn voorbeelden gevonden langs de kust, Zeeland, de Wadden en het beneden- en bovenrivierengebied. Alle geïnterviewde deskundigen herkennen de problematiek, een enkele beheerder kent geen voorbeeld in zijn eigen werkgebied. Meerdere deskundigen geven aan dat een groot deel of zelfs alle dijkversterkingen uit hun carrière hieronder vallen.

De verwachting van deskundigen is dat deze problematiek af zal nemen, maar wel aanwezig zal blijven. Het eerder moeten versterken zal minder vaak voorkomen omdat er al meer kennis aanwezig is en de modellen nauwkeurig zijn geworden. Hoewel de toeslag positief ervaren wordt blijkt uit de gesprekken dat het onvoldoende is om de levensduur te borgen. De toeslag wordt gezien als een noodoplossing en een container voor een onduidelijke verzameling onzekerheden. De toeslag voor rivierdijken is historisch gezien gebaseerd op een afspraak om nieuwe ontwikkelingen mogelijk te maken. Daarbij komt dat de toeslag op verschillende locaties een andere hoogte zou moeten hebben omdat de onzekerheden niet overal gelijk zijn. De toeslag is daarbij ook niet geschikt om alle onzekerheden af te dekken, daarvoor zou een te hoge toeslag nodig zijn. Ook voor veranderingen op onderdelenniveau hoeft de toeslag niet te werken, daarnaast zijn er altijd nog onvoorziene zaken en nieuwe kennis.

De consequenties van het eerder moeten versterken van dijken zijn voornamelijk maatschappelijke overlast en extra kosten. Er is geen informatie bekend over hoeveel extra

kosten er gemaakt zijn omdat er geen overzicht is van alle (frequente) dijkversterkingen. De belangrijkste consequentie is volgens de deskundigen maatschappelijke overlast.

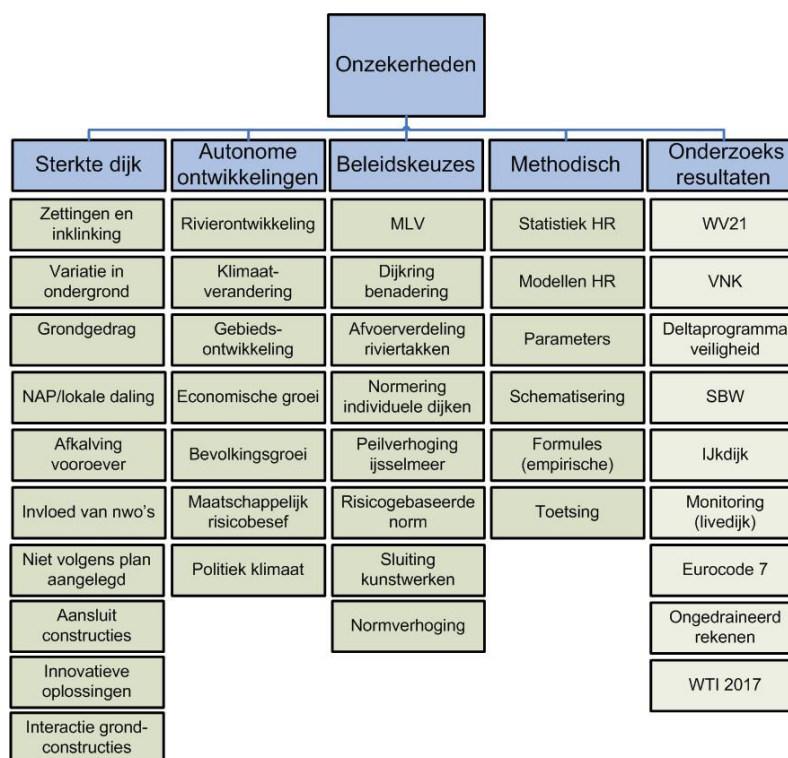
Het antwoord op centrale vraag A is dat de huidige manier van omgaan met onzekerheden (robuust ontwerpen) naar verwachting zal blijven leiden tot frequente versterkingen. Dit komt doordat de methode niet in staat is om met onzekerheden in de norm, nieuwe kennis en onverwachte ontwikkelingen om te gaan. Ook ontbreekt een kwantitatieve onderbouwing van de robuustheidstoets. Omdat de huidige methode zal blijven leiden tot ongewenste, frequente versterkingen is er aanleiding om op een andere manier met onzekerheden om te gaan. In de tweede centrale vraag zijn daarom de mogelijkheden die in de literatuur beschreven zijn toegepast.

Centrale vraag B: Hoe zou het omgaan met onzekerheden vormgegeven kunnen worden als de theoretische inzichten vanuit de literatuur worden toegepast met behulp van interviews met deskundigen?

De theoretische inzichten vanuit de gebruikte literatuur bestaan uit een stappenplan van Funtowicz en Ravetz (1993) en classificaties volgens Brugnach et al. (2008) en Courtney (1997). Het stappenplan is met behulp van de kennis van deskundigen toegepast op de algemene situatie in Nederland. Dit stappenplan bestaat uit identificeren, relevantie en prioriteit bepalen, classificeren en daaruit een methode van omgaan met onzekerheden afleiden.

Stappenplan

In de identificatiefase zijn onzekerheden die de levensduur van de dijk kunnen beïnvloeden in literatuur en vanuit gesprekken verzameld. Dit heeft tot een overzicht van onzekerheden geleid zoals weergegeven in Figuur 1. Deze onzekerheden zijn gefilterd op relevantie en er is bepaald welke onzekerheden prioriteit hebben. De geprioriteerde onzekerheden zijn geclassificeerd naar type (Brugnach et al.) en niveau (Courtney). Op basis van deze classificaties kan een manier vastgesteld worden om met onzekerheden om te gaan.



Methode Brugnach et al.

In de methode van Brugnach et al. wordt er onderscheid

gemaakt tussen negen categorieën. Uit de inschattingen van relevantie en prioriteit blijken een deel van deze categorieën niet relevant te zijn. Alleen relevante onzekerheden met prioriteit zijn meegenomen in de afweging en dus weergegeven in Tabel 1.

Figuur 1: Overzicht van onzekerheden in de levensduur van dijken zoals het voor het bepalen van de relevantie is gebruikt

In methode van Brugnach et al. zijn er per onzekerheid vijf of zes mogelijke methoden om met de onzekerheid om te gaan. Een aantal daarvan lijken niet toepasbaar of worden al toegepast, anderen kunnen gecombineerd worden met de methode van Courtney. In de methode van Brugnach worden ook mogelijkheden gegeven om onzekerheden te verkleinen of weg te nemen. Dit heeft geleid tot een aantal van de mogelijkheden zoals weergegeven in de volgende paragraaf. Hiervoor zijn de mogelijkheden eerst gecombineerd met de mogelijkheden die voortkomen uit de methode van Courtney.

Tabel 1: Classificatie van onzekerheden gebruik makend van Brugnach et al. (2008)

	Gebrek aan kennis	Onvoorspelbaarheid	Verschuivende achtergronden
Technisch systeem - Sterkte dijk	- Opbouw ondergrond - Werkings rekenregels (SBW en WTI 2017; reststerkte, NWO's, overgangsconstructie, veen, zettingvloeiing en faalmechanismen) - Afwijkingen van het ontwerp	- Variatie ondergrond - Ontwikkeling rekenregels - Grondgedrag - Gebiedsontwikkeling	- Schematisering - Vertrouwen in ervaringskennis - Bepaling parameters - Belangenverschillen - Waardetoekenning aan tijdsafhankelijke faalmechanismen
Sociaal systeem - Norm	Niet relevant	Politiek besluiten: - Risico gebaseerde norm - Peilverhoging IJsselmeer - Ontwikkelingen in achtergelegen gebied - Dijkkring benadering	Niet relevant
Natuurlijk systeem - Hydraulische randvoorwaarden	Niet relevant	- Klimaatverandering (modellen) - Statistiek HR - Ontwikkelingen in Duitsland - Modellen: HR	Niet relevant

Methode Courtney

De tweede classificering die is toegepast is de methode van Courtney. In deze methode zijn de onzekerheden geïnclassificeerd naar de mogelijke uitkomstenruimte. Dit bereik loopt van onzekerheden van niveau één, die voldoende nauwkeurig voorspeld kunnen worden om een beslissing op te nemen, tot niveau vier waar geen begrenzing voor is vast te stellen.

Uit de methode van Courtney blijkt dat er geen onzekerheden van niveau één prioriteit hebben. Dit kan verklaard worden doordat dit type onzekerheden al meegenomen worden in het ontwerp (door middel van traditionele voorspelling). Er zijn enkele onzekerheden van niveau twee en vier die prioriteit hebben, maar de meeste onzekerheden zijn niveau drie. De methode van Courtney maakt gebruik van het gecombineerde niveau van alle onzekerheden. Op basis van het niveau zijn er vier keuzes die gemaakt moeten worden: vormen of reageren, nu of later investeren, focussen of differentiëren en de te gebruiken beslismethode.

Vormen of reageren: Welke partij een onzekerheid kan vormen verschilt per onzekerheid. Er zijn een aantal onzekerheden waar zeker geen invloed op uit te oefenen is; bijvoorbeeld onverwachte nieuwe onderzoeksresultaten, klimaatverandering of de variatie in de ondergrond. Dit zijn drie van de vijf belangrijkste onzekerheden. Aangezien het vormen van belangrijke onzekerheden niet mogelijk is kan een volledig vormende strategie niet uitgevoerd worden. Dit

betekent dat vanwege deze onzekerheden er een adaptieve strategie nodig is waarbij er gereageerd wordt op veranderingen.

Nu of later: De tweede keuze is tussen nu groot investeren of investeringen uitstellen.

Onzekerheden van niveau twee, drie en vier leiden tot het uitstellen van investeringen omdat:

- Investeren in dijken onomkeerbaar zijn;
- Er een risico is op veranderende eisen;
- De kans om later alsnog de kostenefficiënte (vaste kosten) grote investering te doen niet weggenomen wordt door uit te stellen¹.

Er zijn drie methoden om investeren uit te stellen: getrapt investeren, flexibel investeren door het verkrijgen van opties en investeringen uitstellen.

Focus of differentieer: De derde afweging is of er op één scenario ingezet moet worden of op meerdere scenario's. Er kan gefocust worden door met één scenario te ontwerpen of gedifferentieerd door investeringen te doen die positieve effecten hebben in andere scenario's. Courtney geeft aan dat een gefocusde strategie bij onzekerheid van niveau vier alleen toepasbaar is als de onzekerheden daarbij gevormd kunnen worden. Omdat belangrijke onzekerheden niet gevormd kunnen worden is een gefocusde strategie riskant. Diversificatie is mogelijk voor onzekerheden van niveau drie, er is alleen geen zekerheid of de opties ook de mogelijke uitkomsten van onzekerheden van niveau vier afdekken.

Tussen de drie bovenstaande beslissingen is een sterke relatie. Aangezien de vormende strategie in combinatie met nu groot inzetten en focussen op één mogelijkheid riskant is, heeft een strategie van uitstellen, differentiëren en reageren de voorkeur.

Beslismethode: De laatste afweging is de te gebruiken beslismethode, ook deze is afhankelijk van het niveau van de onzekerheden. Voor onzekerheden van niveau drie worden scenario- en robuustheidsanalyse voorgesteld. Voor niveau vier is er geen afdoende methode om tot een beslissing te komen. Wel kan kwalitatief bepaald worden welke optiewaarden interessant zijn door terug te redeneren wat er moet gebeuren voordat een optie doorgezet wordt.

Omgaan met onzekerheden volgens de literatuur

Uit de methode van Courtney blijkt dus het advies om:

- Te reageren op veranderende omstandigheden en daarom adaptief en flexibel te werk te gaan.
- Drie mogelijkheden te gebruiken om investeringen uit te stellen: beheersmaatregelen, getrapt investeren en uitstellen zonder ingreep.
- Gebruik te maken van optiewaarden.
- Diversificatie toe te passen.
- Het ontwerp te baseren op een scenarioanalyse (zonder kansen) hoewel daarin onzekerheden van niveau vier niet goed meegenomen kunnen worden.

De methode van Courtney gaat er van uit dat al het mogelijke al gedaan is om onzekerheden weg te nemen. De methode van Brugnach et al. geeft wel mogelijkheden om onzekerheden te verkleinen of weg te nemen, namelijk door:

- Data verzamelen en onderzoek doen.
- Experts raadplegen.
- Overtuigen, leren, onderhandelen en conflicten heet of koud oplossen.

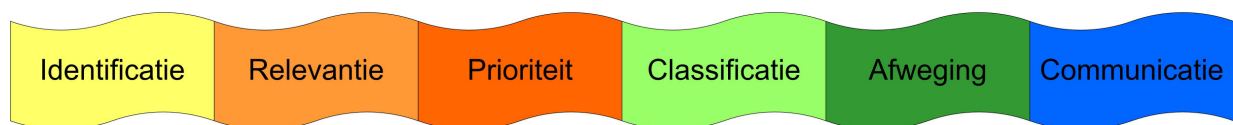
¹ Een eventuele veranderende subsidieregeling kan een reden zijn om niet uit te stellen

Als methode om met onvoorspelbaarheden om te gaan wordt door Brugnach et al. ook nog het verminderen van de gevolgen, robuuste oplossingen en het combineren van maatregelen genoemd. Nu de mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan bekend zijn, kunnen deze vergeleken worden met de huidige manier van omgaan met onzekerheden.

Centrale vraag C: Welke aanpassingen kunnen er gemaakt worden om beter met onzekerheden om te gaan bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?

Van de huidige methode van omgaan met onzekerheden (robuust ontwerpen) sluiten uitbreidbaarheid en de reservering van toekomstig ruimtebeslag goed aan bij de theorie. De voorspelling van onzekerheden sluit ook aan voor zover dit inderdaad onzekerheden van niveau één betreft. Klimaatveranderingen en zettingen worden ook voorspeld en dus als onzekerheid van niveau één meegenomen. Klimaatverandering is echter een onzekerheid van niveau drie en ook zettingen zijn in het verleden dusdanig veel afgeweken dat er aanleiding was om eerder te versterken. De robuustheidstoeslag past niet in de theorie omdat deze toeslag niet gebaseerd is op een scenarioanalyse.

De deskundigen geven aan dat door de manier waarop de leidraden en subsidievoorwaarden werken er geen mogelijkheden zijn om anders met onzekerheden om te gaan dan de leidraden aangeven. Zowel voor de planperiode en de robuustheidstoeslag geven deskundigen aan een analyse te kunnen maken in plaats van de vaste waarden te gebruiken. De robuustheidstoeslag zou gebaseerd moeten zijn op de lokaal aanwezige onzekerheden. Hierbij wordt ook aangegeven dat niet alle onzekerheden als robuustheidstoeslag meegenomen kunnen worden omdat dit tot zeer (te) hoge dijken zal leiden.



Figuur 2: Het stappenplan van Functowicz en Ravetz.

Door het lokaal toepassen van het stappenplan van Functowicz en Ravetz kunnen de prioritaire onzekerheden voor een dijkversterking gevonden worden. Uit de classificatie blijken dan de mogelijkheden om met deze onzekerheden om te gaan. Eerst kunnen er zoveel mogelijk onzekerheden weggenomen worden door:

- Meer onderzoek te doen o.a. geotechnisch toezicht op de correctheid van de uitvoering en naar grondeigenschappen;
- Meerdere schematiseringen te gebruiken;
- Experts te raadplegen vanwege gebrek aan kennis;
- Traditionele voorspellingen te gebruiken;
- Methode van bepaling parameters exact gelijk te houden (in de leidraad vastleggen).

De overgebleven onzekerheden van niveau twee en drie worden meegenomen in de scenarioanalyse. Uit de scenarioanalyse volgt een combinatie van de volgende mogelijkheden:

- Een robuuste oplossing of diversificatie;
- Gevolgen verminderen;
- Improviseren en tijdelijke adaptatie strategieën;
- Uitstellen of getrapt investeren;
- No-regret maatregelen;
- Adaptief ontwerp.

In de analyse kunnen onzekerheden van niveau vier niet meegenomen worden omdat daar geen scenario's voor vastgesteld kunnen worden. Niet beïnvloedbare (vormbare) onzekerheden van niveau vier leiden tot een adaptief ontwerp.

Hoofdvraag: Welke bijdrage kan er vanuit de literatuur over onzekerheden geleverd worden aan het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?

De toepassing van de literatuur over het omgaan met onzekerheden op dijkversterkingen leidt tot aantal conclusies. Dit betreft de kritiek op de huidige toegepaste werkwijze en mogelijkheden om anders met onzekerheid om te gaan.

Kritiek op de huidige werkwijze

In de huidige praktijk wordt er robuust ontworpen, onder robuust ontwerpen worden verschillende maatregelen samengevat die ook in de theorie voorkomen. De huidige aanpak voldoet op een aantal punten niet aan de theorie:

- De stappen die volgens de literatuur bij het omgaan met onzekerheden horen worden in de praktijk lang niet altijd uitgevoerd;
- De traditionele voorspelling van toekomstige ontwikkelingen is niet conform de theorie voor klimaatverandering en zettingen;
- De hoogte van de robuustheidstoeslag moet voortkomen uit een scenarioanalyse.

De deskundigen bevestigen het gebrek aan van een onderbouwing van de robuustheidstoeslag en geven aan de de huidige methode niet in staat is om met onzekerheden in norm, nieuwe kennis, veranderingen op onderdelenniveau (bijvoorbeeld de verplichting tot het gebruik van geotextiel) en onverwachte ontwikkelingen om te gaan.

Toe te voegen maatregelen

Omgaan met onzekerheden zou met een combinatie van maatregelen moeten plaatsvinden. De onderbouwing van de combinatie van maatregelen wordt daarbij gevormd door het stappenplan (van Functowicz en Ravetz) te volgen. Dit stappenplan leidt voor niveau twee en drie onzekerheden uiteindelijk tot een scenarioanalyse. Op basis van het overzicht van prioritaire onzekerheden en de lokale mogelijkheden kan een selectie van maatregelen gemaakt worden. De combinatie van maatregelen kan dus per dijkversterking anders zijn en bestaan uit:

1. Maatregelen om de onzekerheden te verkleinen.
2. Maatregelen om met resterende onzekerheid om te gaan.

De literatuur geeft aan dat de enige mogelijkheid om de overlast van frequent versterken met absolute zekerheid te voorkomen is door een adaptief ontwerp toe te passen. Maar voor een groot deel van de dijken is de verwachting dat de negatieve effecten van het overgaan naar een adaptief ontwerp groter zijn dan de negatieve effecten van frequent versterken. Door deskundigen wordt dan ook aangegeven dat niet met alle onzekerheden rekening gehouden kan worden. Er moet geaccepteerd worden dat regelmatig versterken nou eenmaal nodig is.

Het toepassen van de literatuur over onzekerheid leidt niet tot één algemene maatregel waarmee het frequent versterken voorkomen kan worden. De literatuur over onzekerheid geeft aan dat het belang van omgaan met onzekerheden het voorkomen van ongewenste gevolgen is. Om de gevolgen (financieel en maatschappelijk) te minimaliseren kan per dijkversterking een andere aanpak nodig zijn. Door de voorgestelde methode te volgen kan er per situatie tot een beargumenteerde en onderbouwde dijkversterking gekomen worden. Om dit toe te kunnen passen worden diverse aanbevelingen gegeven.

Aanbevelingen

De aanbevelingen die voortkomen uit dit onderzoek zijn weergegeven in drie delen: aanbevelingen voor een ontwerp bij het huidige beleid, beleidsveranderingen en vervolgstappen.

Aanbevelingen voor een ontwerp bij het huidige beleid

Onder de huidige leidraden en subsidievoorwaarden geven de ontwerpers aan weinig mogelijkheden te zien om anders met onzekerheden om te gaan. Toch kunnen ook bij het huidige beleid enkele aanbevelingen gedaan worden:

- De ontwerper kan beter met onzekerheden om gaan door de maatregelen om onzekerheden te **verkleinen** uit te voeren. De meeste van deze methoden verhogen de kosten van het ontwerpproces, maar ook de zekerheid van het ontwerp. Afhankelijk van de aanbestedingsvorm zal de balans tussen kosten en zekerheid (kwaliteit) verschuiven.
- De beheerders hechten in verhouding tot de kosten meer belang aan uitbreidbaarheid van het ontwerp (in tegenstelling tot de andere partijen). De ontwerper kan door dit in te zien beter aansluiten bij de wens van de opdrachtgever (beheerder).
- Het is verstandig om niet langer de planperiode (50 jaar) als levensduur te presenteren, enkele beheerders geven al aan dit niet langer te doen.

Aanbevelingen voor het beleid

Om de voorgestelde maatregelen (om met **resterende onzekerheid** om te gaan) binnen het subsidiekader toe te kunnen passen zijn een aantal wijzingen noodzakelijk in het beleid:

- Laat de (in de praktijk) verplichte integrale versterking met een vaste toeslag en planperiode los en gebruik een scenarioanalyse, alternatieven en het stappenplan van Functowicz en Ravetz.
- De vergelijking van alternatieven in de scenariostudie zou naast kosten ook op maatschappelijke overlast gericht moeten zijn.
- Vervang de probabilistische vaststelling van de robuustheidstoeslag in de leidraad door een scenarioanalyse.
- Heroverweeg de verplichting tot het nemen van maatregelen (artikel 2.12) in de Waterwet waardoor het mogelijk wordt om investeringen uit te stellen als het risico al geborgd of minimaal is;
- Leg de methode van vaststelling van parameters (en schematiseringen) exact vast in de leidraden en het voorschrift toetsen op veiligheid.

Aanbevelingen voor vervolgstappen

Binnen dit onderzoek heeft de methode van Courtney tot de belangrijkste conclusies geleid. Echter voor één dijkversterking zal de methode van Brugnach et al. in combinatie met het stappenplan van Functowicz en Ravetz meer mogelijkheden en een betere structuur geven. De methode van Brugnach geeft wel methoden om de onzekerheden te verkleinen en door de scenarioanalyse toe te passen is het belangrijkste advies van Courtney al meegenomen.

Dit verkennende onderzoek is gericht geweest op de ontwerpfase. Ook in andere stappen in het proces van toetsen en ontwerpen zou frequent versterken verminderd kunnen worden. Bijvoorbeeld door een andere norm voor de toetsing dan voor het ontwerp te gebruiken. Of de toetsresultaten weer te geven aan de hand van een verwachte levensduur in plaats van af- of goedgekeurd. Ook deze mogelijkheden zouden onderzocht moeten worden om tot een goedonderbouwde keuze van beleidsveranderingen te komen.

Short summery

Levee reinforcements are expensive construction projects with a high social impact. These projects have had a history of protests and lawsuits leading to the delay of reinforcements. Recently the national strengthening program budget had to be enlarged by 50% to more than €3 billion; leading to an estimated total investment of €20 billion in 20 years. Last year the national test has indicated that another 1225 km or 35% of primary defences is not up to the standard and needs reinforcement. A report by Ten Heuvelhof (2011) has indicated that even more levee reinforcements are expected due to changing climate conditions, increased knowledge, changing safety standards and future-oriented testing.

Problem

Recently levees in the Netherlands have been reinforced much earlier than the life expectancy was during the design phase of the levee. Continues changes in the demands that the levees are subjected to are the reason for condemning these levees. In this research project the possibility is examined to take the changing demands into account as uncertainties in the design. The main question was: *Which additions can be extracted from literature about uncertainties to improve the design procedure of primary levees?*

Research method

The research method consists of three tracks:

1. A literature study on organisation of flood safety in the Netherlands and innovations that are expected concerning levee strengthening.
2. A literature study on scientific literature on dealing with uncertainty.
3. Lastly experts in the field of levee strengthening are consulted on there view of relevant uncertainties and current approach of levee strengthening.

Making use of the expert knowledge the approach supported by literature is executed. The approach supported by literature is than compared with the current practise. This has let to the answers to the three central questions.

Central question A: Is the current approach of dealing with uncertainties while designing primary levees a reason to apply changes?

The expectation (of experts) is that frequent reinforcements will continue to happen since the current approach (robust design) is not able to account for changes in the safety standard, unexpected changes, changes on the scale of components and new knowledge. Secondly the robustness additive is not based on a quantitative method. Many examples of frequent reinforcements have been found across the Netherlands: at the coast but also in river and lake levees. These frequent reinforcements are undesirable because of the extra (fixed) costs and social disruption that they cause. Therefore there is reason to consider other measures to deal with uncertainties.

Central question B: How can the approach to deal with uncertainties be formed if the scientific literature on uncertainty is applied using interviews with experts?

In this report three theoretical models are applied: a stepwise approach by Funtowicz en Ravetz (1993) en classifications by Brugnach et al. (2008) en Courtney (1997). The stepwise approach (figure 1) leads to an overview of important uncertainties. In the classification by Brugnach et al. there are important uncertainties in the assessment of the strength of the levees (lack of knowledge, unpredictability and different views) and unpredictability in the standards and hydraulic conditions. Brugnach et al. suggest five or six different measures for every

uncertainty. The classification by Courtney leads mostly to uncertainties that can be represented by scenarios, but a few important ones that cannot. This leads to an approach based on: being adaptive and flexible, delaying reinforcements and diversify. From Brugnach et al. decreasing the uncertainty, decreasing the consequences and using robust solutions can be added. A combination of measures can be found by using a scenario analysis.

Central question C: Which changes can be made to improve the way that uncertainties are taken into account while designing primary levees.

In the current policy experts indicate that few changes can be made, the guidelines and subsidy system only gives one option to reinforce the levees. It is possible to make an analysis for both the robustness additive and the used life expectancy. The basis for the analysis is found in locally relevant uncertainties, those can be found using the stepwise approach by Functowicz en Ravetz (figure 1).

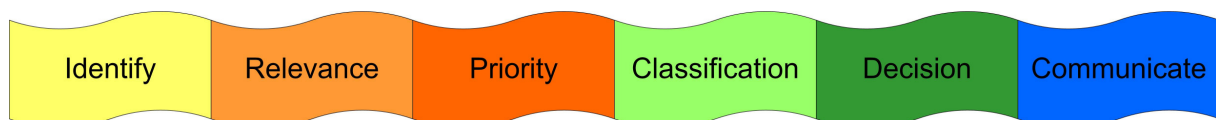


Figure 1: The stepwise approach by Functowicz en Ravetz.

Using the stepwise approach locally leads to an overview of uncertainties. The classification indicates that first as much as possible uncertainties can be solved or made smaller by:

- Increase research into soil characteristics and geotechnical control during the design phase;
- Use of multiple scheme's of soil in the underground;
- Contact experts for lack of knowledge;
- Use traditional prediction of parameters;
- Use identical methods for calculation parameters (change guidelines).

Secondly the residual uncertainty can be included in a scenario analysis, in which a combination of the following measures can be considered:

- Robust solutions or diversify;
- Decreasing the consequences;
- To improvise and use temporary adaptation strategies;
- Postpone or use stepwise investments;
- Use no-regret measures;
- Use an adaptive design.

To account for the uncertainties that cannot be described by scenarios only an adaptive design is possible, these uncertainties cannot be taken into account in the scenario analysis.

Conclusion: Which additions can be extracted from literature about uncertainties to improve the design procedure of primary levees?

To start with, the current practise (robust design) does not comply with the used literature: the steps (from Functowicz en Ravets) are currently not always used, traditional prediction should not be used for climate and the robustness additive should be based on a scenario analysis.

Secondly improvements can be made. To deal with the uncertainty a combination of measures should be used. A stepwise approach and a scenario analysis can be used to find a combination of measures, to decrease the uncertainty and to cope with the residual uncertainty.

The only way to cope with uncertainties that cannot be described by scenarios with absolute certainty is an adaptive design. The expectation is that in most cases the transition to an adaptive design is not applicable. Therefore there is not one general measure that ensures the life expectancy of levees. But for every reinforcement the local possibilities and uncertainties should be considered to decrease (the consequences of) frequent reinforcements. Using the proposed method a valid reinforcement can be found, to apply this method some recommendations can be given.

Recommendations

Under current policy there are only a few options because of constrictions by the guideline's and subsidy system. As mentioned it is possible to decrease the uncertainty in a design, these options will only decrease the uncertainty; they are not a complete solution. Because of this the extendibility of a design and decreasing the fixed costs are also important. This means that it is also wise to no longer communicate the design period as a life expectancy.

To be able to use the full range of measures as proposed a policy change is necessary. First the (in practise) mandatory integral reinforcement with a fixed robustness additive and life expectancy should be disbanded. Instead a stepwise approach by Functowicz en Ravetz in combination with a scenario analysis and alternatives should be used. In the analysis both costs and social impact should be considered. Secondly the law (Waterwet article 2.12) should be changed to make it possible to postpone reinforcements if the risk is covered by other measures or minimal.

This research has been aimed at the possibilities in the design; there are possibilities to deal with frequent reinforcements in the safety standard and testing procedure as well. These options are not considered in this research project but these might turn out to be fruitful, for a complete overview and a balanced decision these possibilities should be investigated and considered as well.

Voorwoord

In het kader van het afronden van de Master Civil Engineering & Management aan de Universiteit Twente wordt het afstudeeronderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is in ruim een half jaar uitgevoerd, in dit geval onder begeleiding van zowel de Universiteit Twente als ingenieursbureau Witteveen+Bos. Op deze plek wil ik graag gebruik maken van de mogelijkheid om enkele personen en instanties te bedanken.

Als eerste wil ik op deze plek graag Witteveen+Bos bedanken voor de mogelijkheid om mijn afstudeeronderzoek uit te voeren en daarbij zijdelings wat van de praktijk mee te krijgen. Hierbij was het erg leuk en leerzaam om aan te sluiten bij diverse activiteiten; zowel recreatief als vakgerelateerd.

Ten tweede wil ik graag mijn begeleiders bedanken voor de tijd die ze genomen hebben om mee te denken met dit onderzoek en de feedback op diverse concepten. Dit is het niveau van het onderzoek en dit rapport zeer ten goede gekomen.

Voor de uitvoering van dit onderzoek zijn diverse deskundigen geïnterviewd, hun kennis vormde belangrijke input voor dit onderzoek. Hierbij wil ik hun dan ook bedanken voor de tijd die ze hebben genomen om mijn vele vragen te beantwoorden.

Als laatste een persoonlijke vermelding, graag wil ik nog mijn ouders bedanken voor het mogelijk maken om deze opleiding te volgen en mij hierbij de ruimte te bieden om me ook daarnaast te ontwikkelen.

Voor mij is het uitvoeren van dit onderzoek een interessant en leerzaam project geweest. Dit onderzoek vormde de introductie in een voor mij relatief onbekend vakgebied. Zowel over het omgaan met onzekerheden als dijkversterkingen heb ik het nodige bij kunnen leren. Ook ben ik zeer tevreden met het feit dat de conclusies niet overeenkomen met de verwachtingen die vooraf had.

Allen, hartelijk dank,

Niels de Boer

Deventer, 30 november 2012

Although our intellect always longs for clarity and certainty, our nature often finds uncertainty fascinating."

Karl Von Clausewitz

INHOUDSOPGAVE

ONZEKERHEID BIJ DIJKVERSTERKINGEN.....	1
SAMENVATTING	5
SHORT SUMMERY.....	13
1. INTRODUCTIE	19
1.1. VEILIG ACHTER DE DIJKEN	19
1.2. OMVANGRIJK VERSTERKINGSPROGRAMMA.....	19
1.3. KORTE LEVENSDUUR	20
1.4. CONSEQUENTIES VAN FREQUENT VERSTERKEN	21
1.5. ONTWERPEN VAN DIJKVERSTERKINGEN.....	22
1.6. PROBLEEMSTELLING	22
1.7. VRAAGSTELLING.....	23
1.8. LEESWIJZER	24
2. ACHTERGROND VAN DE HOOGWATERBESCHERMING.....	25
2.1. HOOGWATERBESCHERMING.....	25
2.2. WETGEVING, BEHEERSPLANNEN, LEIDRADEN EN KADERS.....	27
2.3. SAMENHANG TUSSEN ONTWERP, TOETSEN EN VERBETEREN	31
2.4. SAMENVATTING	34
3. ONTWIKKELINGEN IN DE HOOGWATERBESCHERMING	35
3.1. ONTWIKKELING VAN DE NORMERING	35
3.2. ONTWIKKELING VAN DE HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN.....	39
3.3. ONTWIKKELINGEN IN DE TOETSING	41
3.4. ONTWIKKELING VAN HET HOOGWATERBESCHERMINGSPROGRAMMA	42
3.5. ONTWIKKELINGEN IN HET ONTWERP VAN EEN DIJK	43
3.6. SAMENVATTING	44
4. OMGAAN MET ONZEKERHEDEN: EEN LITERATUURVERKENNING.....	45
4.1. WETENSCHAPPELIJKE TOEPASBAARHEID	45
4.2. OMGAAN MET ONZEKERHEID: EEN STAPPENPLAN.....	45
4.3. CLASSIFICATIE VAN ONZEKERHEDEN.....	46
4.4. OMGAAN MET KLASSEN ONZEKERHEDEN.....	48
4.5. SAMENVATTING	52
5. INTERVIEWOPZET	53
5.1. ONDERZOEKSVRAGEN	53
5.2. BENODIGDE KENNIS.....	54
5.3. GEBRUIKTE INTERVIEWSTRATEGIE.....	55
5.4. SAMENVATTING	57
RESULTATEN.....	58
6. DE HUIDIGE PRAKTIJK VAN OMGAAN MET ONZEKERHEDEN	59
6.1. OMGAAN MET ONZEKERHEDEN VOLGENS DE LITERATUUR.....	59
6.2. OMGAAN MET ONZEKERHEDEN IN DE PRAKTIJK	62
6.3. STRUCTUREEL FREQUENT VERSTERKEN?	66
6.4. TUSSENCONCLUSIE VAN CENTRALE VRAAG A.....	70
7. OMGAAN MET ONZEKERHEDEN VOLGENS HET STAPPENPLAN.....	71
7.1. IDENTIFICATIE VAN ONZEKERHEDEN	71
7.2. RELEVANTIE EN PRIORITERING VAN ONZEKERHEDEN	79
7.3. CLASSIFICERING VAN ONZEKERHEDEN	82
7.4. ONZEKERHEDEN MEENEMEN IN EEN ONTWERP.....	84
7.5. TUSSENCONCLUSIE VAN CENTRALE VRAAG B.....	89
8. MOGELIJKE VERBETERINGEN VOOR HET OMGAAN MET ONZEKERHEDEN	90

8.1.	DE HUIDIGE PRAKTIJK EN THEORETISCHE INZICHTEN	90
8.2.	VERBETERINGSVOORSTELLEN VANUIT DE DESKUNDIGEN	91
8.3.	BESPREKING MANIEREN OM MET ONZEKERHEDEN OM TE GAAN	92
8.4.	TUSSENCONCLUSIE VAN CENTRALE VRAAG C	97
9.	CONCLUSIE.....	100
10.	AANBEVELINGEN.....	103
11.	DISCUSSIE	105
11.1.	OPLOSSINGEN BUITEN HET ONTWERPEN	105
11.2.	AANKOMENDE VERANDERINGEN IN HET PROCES	105
11.3.	GEBRUIKTE ONDERZOEKSMETHODE	106
11.4.	SAMENVATTING	108
REFERENTIES		109
BEGRIPPENLIJST.....		114
BIJLAGEN		117
ONZEKERHEID BIJ DIJKVERSTERKING		117
1.	VRAGENLIJST GEDURENDE INTERVIEW.....	118
2.	VRAGENLIJST VOORAF INTERVIEW.....	121
3.	FAALMECHANISMEN	126
4.	VERSTERKINGSPROGRAMMA'S.....	129
5.	RELEVANTIE VAN ONZEKERHEDEN.....	131
6.	STATISCHE ANALYSE VRAAG 23/24	139

1. Introductie

Een groot deel van Nederland wordt bedreigd door overstromingen vanuit de grote rivieren, de meren en de zee. Om dit gebied te beschermen is er een primaire verdediging aangelegd: de dijkringen. Het belang van deze verdediging is groot: 55 procent van de Nederlandse bevolking loopt een overstromingsrisico en dit gebied herbergt 65 procent van het bruto nationale product. Een kwart van het land ligt zelfs onder het zeeniveau (Helpdeskwater, z.d.).

1.1. *Veilig achter de dijken*

Om de veiligheid van de dijken te garanderen is er een periodieke landelijke toetsing ingesteld. Als de dijken niet meer aan de wettelijke normen voldoen moeten er maatregelen genomen worden (minister van Justitie, 2009). De afgelopen jaren zijn er daarom in verschillende programma's veel dijken versterkt. De recente versterkingsprogramma's² bestaan samen uit meer dan 2.100 km dijkversterking. Dit betekent dat in ongeveer 20 jaar naar verwachting tweederde van alle primaire dijken versterkt zullen zijn. Ondanks al deze verbeteringen is in de meest recente landelijke toetsing 745 km nieuwe benodigde dijkversterking vastgesteld (Kraaij, 2012).

Op dit moment voldoet zelfs een derde van de primaire dijken nog niet aan de normen (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011b). Deze verbeteringsopgave is dusdanig groot dat de Staatssecretaris niet kan aangeven wanneer de dijken weer voldoen, het jaar 2030-2035 wordt als indicatie genoemd (Tweede kamer der Staten Generaal, 2012).

Al deze dijkversterkingen vergen grote investeringen van het Rijk. De totale kosten van dijkversterkingen in de periode 2005 tot 2020 worden door De Bruijn (2012) ruw geschat op €15 tot €20 miljard. Het tweede hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP2) bijvoorbeeld bestaat uit 340 km dijkversterking en de verwachte kosten zijn €3,1 miljard (Atsma, 2011). Als gevolg van onjuiste aannames waren de kosten van het HWBP2 in 2008 nog op €1.8 miljard geraamd (Ten Heuvelhof, 2011). Vanwege deze grote overschrijding heeft Ten Heuvelhof in 2011 onderzoek gedaan naar het HWBP2 en de toekomst van het versterkingsprogramma.

1.2. *Omvangrijk versterkingsprogramma*

Uit het rapport van Ten Heuvelhof worden naast diverse aanbevelingen over de organisatie van dijkversterkingen ook vier redenen gegeven waarom het versterkingsprogramma in de toekomst omvangrijk zal blijven:

1. Kennis over faalmechanismen blijft groeien.
2. Klimaat en watercondities veranderen.
3. De veiligheidsfilosofie en normen veranderen.
4. Starten met toekomstgericht toetsen.

Door deze vier veranderingen zijn de eisen die in de toekomst voor de dijken zullen gelden onzeker. Als de eisen zwaarder worden moeten dijken eerder versterkt worden dan verwacht, dit leidt tot een groot versterkingsprogramma. Hieronder worden deze veranderingen kort toegelicht:

² De volgende programma's zijn meegerekend (gecorrigeerd voor overlap): HWBP1, HWBP2, nHWBP, Ruimte voor de Rivier, Deltaplan Grote Rivieren, Project Zeeweringen en de Maaswerken.

De kennis over *faalmechanismen* blijft groeien dankzij de verschillende onderzoeksprogramma's een voorbeeld is het programma Sterkte en Belastingen Waterkeringen (SBW). Een bekende actuele verandering is een nieuwe rekenregel voor zanduitspoeling (piping, bijlage 3). Het Expertise Netwerk Waterkeren (ENW) heeft in 2010 becijferd dat het invoeren van de nieuwe rekenregel leidt tot 1100 km nieuwe afgekeurde dijk. Als dit bij lopende versterkingen kan worden meegenomen betekent dit een extra benodigde investering van €1.5 miljard. Tot nu toe is de regel niet ingevoerd. Dit betekent dat de huidige dijkversterkingen niet volgens de nieuwste inzichten ontworpen worden (Lansink, 2012).

Voor *klimaatverandering* en de gevolgen voor de golfcondities en hoogwaterstanden bestaan verschillende modellen en scenario's. Huidige versterkingen (ENW, 2009) worden ontworpen volgens het gematigde scenario G van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Als de ontwikkelingen ongunstiger uitpakken dan dit gematigde scenario aangeeft zullen de dijken eerder versterkt moeten worden.

De *veiligheidsfilosofie* verandert, staatsecretaris Atsma (2012) heeft aangegeven de normen in 2014 te gaan actualiseren. Nadat het besluit genomen is duurt het naar verwachting nog tot 2017 voordat de nieuwe systematiek ook in de wet en regelgeving is opgenomen. Dit betreft de actualisering van de normen, de risicogebaseerde dijkkring aanpak en een concrete uitwerking van meerlaagse veiligheid (Atsma, 2012). De lopende versterkingen vinden nog plaats volgens de oude normen.

Ten Heuvelhof (2011) stelt voor om *toekomstgericht te toetsen*. De dijken die in de tweede landelijke toetsing zijn afgekeurd (toetsperiode 2001-2006) zijn naar verwachting in 2018 verbeterd (Tweede kamer der Staten Generaal, 2012). In de tussenliggende periode voldoen deze dijken dus niet aan de normen. Om dit te voorkomen kunnen de hydraulische randvoorwaarden voor het toetsen 12 jaar vooruit berekend worden. Dit geeft de benodigde tijd om de dijken te versterken. De hydraulische randvoorwaarden die verder vooruit berekend zijn, zullen (bij een stijgende trend) ook hoger uit vallen. Op het moment dat hiermee begonnen wordt leidt dit tot een eenmalige extra versterkingsopgave en de bijbehorende kortere levensduur voor de dijken.

1.3. Korte levensduur

Dankzij de vier veranderingen die Ten Heuvelhof heeft aangegeven kunnen dijken eerder afgekeurd worden dan verwacht volgens de planperiode tijdens het ontwerp. In de praktijk wordt er voornamelijk tijdens het ontwerpen over een planperiode gesproken: de planperiode is het aantal jaar dat de dijk naar verwachting aan de eisen zal voldoen. Na de ontwerpfase wordt er over de levensduur gesproken. Het einde van de levensduur wordt bepaald door het afkeuren bij een toetsing.

Bij het ontwerpen wordt een planperiode van 50 jaar aangehouden (ENW, 2009). Voor een moeilijk aanpasbare situatie is de planperiode 100 jaar (ENW, 2007). De levensduur is in de praktijk regelmatig korter dan de planperiode die tijdens het ontwerp gehanteerd werd. Hier zijn diverse voorbeelden van te benoemen:

- Onder andere nieuw onderzoek naar de golfkarakteristieken op zee leverde de zwakke schakels langs de kust op (Project Bureau Zwakke Schakels, 2007);
- In het riviergebied leidde het verhogen van het normdebiet van 15.000 m³/s naar 16.000 m³/s tot het aftoetsen van dijken (De Bruijn, 2012);

- Waterschap Vallei en Eem rapporteert in 2008 dat de dijken langs de Eem en Randmeren zijn afgetoetst omdat het water tot buitenwater is gekwalificeerd;
- Rijkswaterstaat (RIKZ) geeft in 2007 aan dat de dijken rond de Oosterschelde 40% kortere levensduur hebben als gevolg van zandhonger (verdwijnen van schorren en platen);
- Op de Waddeneilanden werden de hydraulische randvoorwaarden zwaarder door nieuwe inzichten in de stormduur (Mols, 2012);
- Bijvoorbeeld de dijkverbetering Gorinchem - Hardinxveld Giessendam-Oost wordt versterkt als gevolg van zettingen en de slappe ondergrond, de dijk is in 1996 ook al versterkt (Waterschap Rivierenland, z.d.).

Op deze locaties moesten om uiteenlopende redenen de dijken dus eerder verbeterd worden dan gepland. De levensduur is hierbij vaak maar de helft van de beoogde duur en in sommige gevallen is de dijk na 10 jaar alweer afgekeurd. Deze korte levensduur heeft verschillende consequenties.

1.4. Consequenties van frequent versterken

Er zijn een drietal belangrijke consequenties van het eerder versterken van dijken. Een versterking veroorzaakt maatschappelijke onrust door de overlast tijdens de aanleg en het extra ruimtebeslag van de versterking. Doordat er verschillende bestuurlijke lagen betrokken zijn legt een dijkversterking beslag op de bestuurlijke capaciteit en het frequent versterken brengt ook nog extra kosten met zich mee.

De eerste consequentie is *maatschappelijke onrust*. Dit kan bijvoorbeeld geïllustreerd worden met de protesten in de jaren '80 tegen de geplande dijkverbeteringen. In 1990 werd het boek *Atilla op de bulldozer: Rijkswaterstaat in het rivierengebied* door tegenstanders van dijkverzwaring gepubliceerd. Dit vormde het startpunt van een landelijke campagne om dijkverbetering tegen te gaan (Heezik, 2006). Maar ook zonder protesten is er maatschappelijke onrust: dijkverbeteringen gaan gepaard met het tijdelijk afsluiten van wegen, vervoer van zwaar materieel en in sommige gevallen moeten er zelfs huizen gesloopt worden.



Figuur 3: Rouwvanen langs de Waal als protest tegen dijkverzwaring (Heerlijkheidvuren, z.d.)

Dijkverbeteringen vormen ook een belasting voor het *bestuurlijk systeem*. Gezien de raakvlakken tussen de bouwwerkzaamheden, het milieu, ruimtelijke ordening, het watersysteem en de omwonenden is er op allerlei vlakken samenwerking nodig. Bij een dijkverbetering kunnen verschillende partijen betrokken zijn: bijvoorbeeld de verschillende lagen binnen de overheid, organisaties die landschap, milieu en cultuurwaarden vertegenwoordigen en partners uit de watersector. Het vereist een gedegen inspanning van de beheerder om rekening te houden met de eisen van de verschillende organisaties en voldoende met deze partijen te communiceren.

Het derde nadeel van een hoge frequentie van aanpassen is het ontstaan van *extra kosten*. Dit komt omdat er een deel van de kosten bij een dijk aanpassing vast staan, deze vaste kosten moeten dus elke verbetering opnieuw worden gemaakt. Vaste kosten zijn onafhankelijk van de grootte van de verhoging in tegenstelling tot variabele kosten. Bij dijkverhoging is een

voorbeeld van vaste kosten de weg die over de dijk loopt verwijderen en weer aanleggen. Een voorbeeld van variabele kosten zijn de kosten voor de grond, deze nemen toe afhankelijk van de ophoging. Als een groot percentage van de kosten vast zijn is een lange levensduur kosteneffectief.

Voor de hoogwaterveiligheid is het niet van belang of een dijk eenmalig of regelmatig versterkt wordt, zolang deze te allen tijde maar voldoet aan de normen. Als de situatie voorkomt dat er dusdanig veel kosten, overlast en drukte is dat dijkversterkingen uitgesteld worden of niet meer door gaan, dan komt de hoogwaterveiligheid wel in het geding. Het risico voor de hoogwaterveiligheid is voor deze problematiek dus een potentieel gevolg van kosten, maatschappelijke overlast en bestuurlijke drukte. Om deze extra kosten en overlast te voorkomen wordt bij het ontwerpen ingespeeld op de veranderende omstandigheden.

1.5. *Ontwerpen van dijkversterkingen*

In het ontwerp kan worden ingespeeld op veranderingen die tijdens de levensduur optreden door deze als onzekerheden mee te nemen. Hier vallen dus de vier onzekerheden onder zoals Ten Heuvelhof die benoemde: klimaatverandering, het veranderende toetsproces, nieuwe kennis en de nieuwe veiligheidsfilosofie. Maar ook de ontwikkelingen die in het verleden tot eerder versterken hebben geleid kunnen in het ontwerp meegenomen worden als onzekerheid: zettingen, normwijzigingen, eroderen van vooroevers en het optreden van extreem hoogwater dat de statistiek beïnvloedt.

Dit gebeurt in de huidige procedure door onzekerheden zover deze voorspelbaar zijn alvast mee te nemen in het ontwerp, door scenario's toe te passen en met conservatieve schattingen en toeslagen te werken. Door rekening te houden met onzekerheden ontstaat er een zogenaamd robuust ontwerp.

Een robuust ontwerp kan ook te robuust zijn. Door toeslagen te gebruiken is het ook mogelijk dat er te veel geïnvesteerd wordt. De onzekerheden hoeven immers niet ongunstig uit te pakken. Onterecht investeren leidt niet tot overlast maar wel tot extra kosten. Meer onzekerheden als toeslag meenemen brengt dus ook nadelen met zich mee.

Om de genoemde ontwikkelingen als onzekerheden mee te nemen in het ontwerp moet de ontwerpprocedure in staat zijn om met deze onzekerheden om te gaan.

1.6. *Probleemstelling*

De ervaring in de praktijk is dat er dijken eerder verbeterd moeten worden dan verwacht volgens de planperiode tijdens het ontwerpen. Hiervoor zijn verschillende ontwikkelingen als oorzaak aan te wijzen (zie 1.3). Daarnaast geeft Ten Heuvelhof vier ontwikkelingen waardoor dijkversterkingen eerder uitgevoerd zullen moeten worden. Hierbij is, zoals hiervoor geschetst, ook de huidige hoogwaterbescherming nog niet op orde. Samenvattend:

- Op dit moment voldoet een groot deel van de dijken ondanks veel versterkingen niet aan de normen;
- Er zijn ontwikkelingen waardoor ook in de toekomst de versterkingsopgave groot blijft;
- Ondanks dat er ingespeeld wordt op onzekerheden zijn er in het verleden dijken eerder verbeterd dan volgens de planperiode de bedoeling was;
- Er zijn nieuwe ontwikkelingen die (nog) niet als onzekerheden meegenomen worden in het ontwerp;

- Ontwerpers ervaren dat de huidige dijkversterkingen niet volgens de nieuwste kennis uitgevoerd worden en dat de eisen tijdens het ontwerpen veranderen;
- De beheerders krijgen te maken met maatschappelijke onrust door recent versterkte dijken weer onder handen te moeten nemen.

Hieruit volgt de vraag of dit soort veranderende omstandigheden als onzekerheden meegenomen kunnen worden bij het ontwerpen van een dijkversterking. En hoe moet er dan met deze onzekerheden worden omgegaan? Kunnen de gevolgen van een te korte levensduur met een andere ontwerpmethodode voorkomen worden?

Een complicatie hierbij is dat er zover bekend geen overzicht is van alle dijkversterkingen (Stralen, 2012). Recent programma's zijn wel gedocumenteerd maar een overkoepelend historisch overzicht ontbreekt. Dit heeft ook consequenties voor het ambitieniveau van het onderzoek. Het onderzoek is te karakteriseren als een verkennend onderzoek.

Het doel van dit onderzoek is het verklaren van de huidige problemen en daarvoor oplossingen aandragen door de huidige werkwijze bij dijkversterkingen te vergelijken met de manier waarop volgens de inzichten vanuit de literatuur met onzekerheden omgegaan moet worden.

Het maatschappelijk doel van dit onderzoek is om bij te dragen aan het verlagen van maatschappelijke onrust, bestuurlijke drukte en kosten door inzicht te geven in hoe er met onzekerheden omgegaan kan worden bij het versterken van primaire dijken.

In de afgelopen jaren en ook in de toekomst wordt er naar verwachting bijna 1 miljard per jaar uitgegeven aan het versterken van dijken (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012). Deze investering zo doelmatig mogelijk uitvoeren is dus ook van groot belang. Daarnaast zijn er twee andere consequenties van frequent versterken die voorkomen kunnen worden. Maatschappelijke overlast en bestuurlijke drukte zijn beiden ongewenste gevolgen van dijkversterkingen. Hoewel de dijkversterkingen plaats zullen blijven vinden kan deze overlast wel verminderd worden. Bijvoorbeeld het waarmaken van de planperiode kan tot meer maatschappelijke acceptatie leiden.

Dit onderzoek is niet primair gericht op de veiligheid die de dijken ons bieden. Te allen tijde heeft de veiligheid prioriteit, de veiligheid is dan ook een randvoorwaarde binnen dit onderzoek. Gebrek aan financiering, maatschappelijk en politiek draagvlak is echter wel een bedreiging voor de veiligheid aangezien de investeringen die binnen een bepaalde tijd gemaakt kunnen worden beperkt zijn.

Wetenschappelijk gezien is het belang van dit onderzoek om te bezien of het theoretisch kader ook in dit praktische voorbeeld toepasbaar is. Daarmee kan de basis gelegd worden voor een verder wetenschappelijke onderbouwing van een ontwerpmethodode inclusief onzekerheden. Om deze doelen te bereiken moet er een antwoord gevonden worden op de vraagstelling.

1.7. Vraagstelling

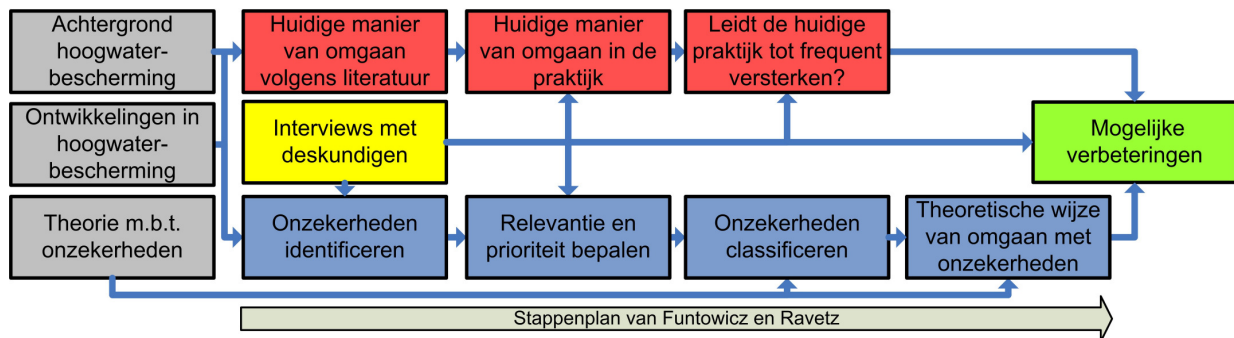
De hiervoor beschreven problemen en doelstellingen leiden tot de hoofdvraag die binnen dit onderzoek beantwoord is:

Welke bijdrage kan er vanuit de literatuur over onzekerheden geleverd worden aan het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?

De verwachting vooraf (voor dit onderzoek) was dat de huidige wijze waarop met onzekerheden wordt omgegaan verbeterd kon worden met behulp van de mogelijkheden die in de literatuur aangegeven zijn. Dit was gebaseerd op de ervaringen in de praktijk met dijken die na een korte periode weer aangepast moesten worden en de veranderende omstandigheden die door Ten Heuvelhof zijn beschreven.

Om de hoofdvraag te beantwoorden is deze onderverdeeld in drie centrale vragen, elke centrale vraag is beantwoord met behulp van deelvragen. Omdat voor de beschrijving van de deelvragen de theoretische achtergrond benodigd is, worden deze in hoofdstuk 5 toegelicht. De drie centrale vragen zijn (Figuur 4):

- A. Vormt de huidige manier van omgaan met onzekerheden bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen aanleiding om hierin aanpassingen aan te brengen?
- B. Hoe zou het omgaan met onzekerheden vormgegeven kunnen worden als de theoretische inzichten vanuit de literatuur worden toegepast met behulp van interviews met deskundigen?
- C. Welke aanpassingen kunnen er gemaakt worden om beter met onzekerheden om te gaan bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?



Figuur 4: Onderzoeksmodel, in grijs de literatuurstudies, daarna de interviews en centrale vragen (A in rood, B in blauw en C in groen). Het vooronderzoek is in dit figuur niet weergegeven.

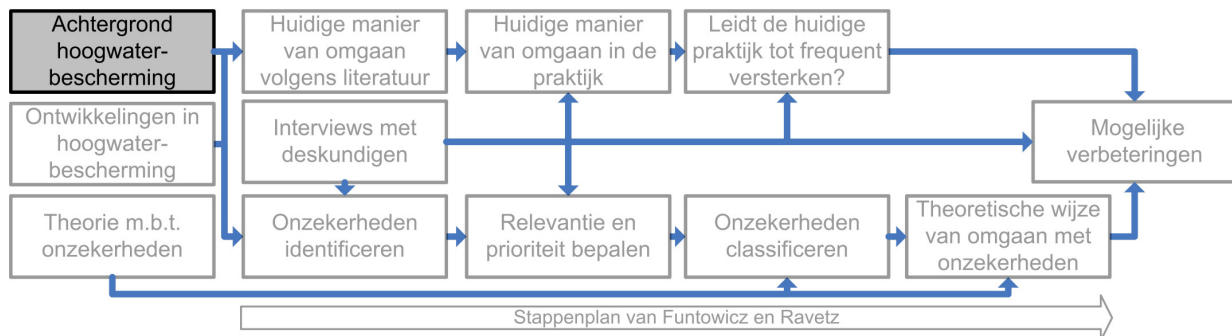
1.8. Leeswijzer

Om deze onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is een literatuurstudie uitgevoerd en zijn er interviews met deskundigen gehouden. De resultaten van de literatuurstudie zijn weergegeven in hoofdstuk 2, 3 en 4. Met behulp van de beschreven literatuur kunnen in hoofdstuk 5 de deelvragen vastgesteld worden. Daar zijn ook de interviews toegelicht die de benodigde kennis voor vijf deelvragen geven. In hoofdstuk 6, 7 en 8 worden de resultaten van de drie centrale vragen weergegeven. Daarna volgen de conclusie, aanbevelingen en discussie.

Hoofdstuk	2: Literatuurstudie naar de achtergrond van hoogwaterbescherming
Hoofdstuk	3: Literatuurstudie naar de ontwikkelingen in de hoogwaterbescherming
Hoofdstuk	4: Literatuurstudie naar methoden om met onzekerheden om te gaan
Hoofdstuk	5: Interviewopzet
Hoofdstuk	6: Resultaten centrale vraag A
Hoofdstuk	7: Resultaten centrale vraag B
Hoofdstuk	8: Resultaten centrale vraag C
Hoofdstuk	9: Conclusie
Hoofdstuk	10: Aanbevelingen
Hoofdstuk	11: Discussie

2. Achtergrond van de hoogwaterbescherming

In het vorige hoofdstuk is de huidige staat van de dijken en dijkversterkingen al kort beschreven. In dit hoofdstuk is de achtergrond van hoogwaterbescherming en dijkversterkingen tot in verder detail uitgewerkt.

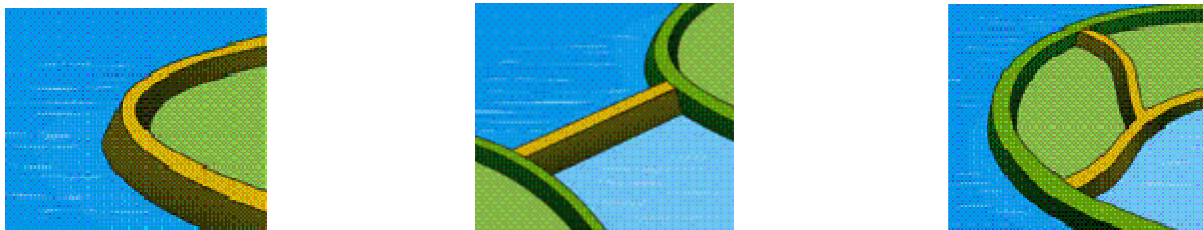


Figuur 5: Onderzoeksmodel, dit hoofdstuk is het eerste deel van de literatuurstudie

Ten eerste wordt in dit hoofdstuk beschreven hoe de hoogwaterbescherming georganiseerd is, daarna op welke manier dit in wetten en regels is vormgegeven en als laatste is het proces van toetsen en ontwerpen van dijkversterkingen beschreven.

2.1. Hoogwaterbescherming

Om Nederland te beschermen tegen overstromingen zijn dijken in dijkringen aangelegd. Er zijn 53 grote dijkringen en nog eens 46 kleinere rond de Maas in Limburg. Deze dijkringen worden gevormd door primaire keringen, hoge gronden en kunstwerken (bijvoorbeeld sluizen). Om deze dijkringen te kunnen vormen is 3500 km aan primaire kering aangelegd. Van de primaire keringen is ongeveer 90% een dijk, de rest bestaat uit duinen en dammen (Kust en zee, z.d.). Deze 3000 km primaire dijken kunnen ook weer onderverdeeld worden in verschillende typen:



Figuur 6: A-kering (links) B-kering (midden) en C-kering (rechts) (Waterwet, ministerie van Justitie 2009)

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen A, B en C-keringen (zie Figuur 6). Dit onderscheid is gebaseerd op de functie: A-keringen beschermen de dijkkring direct tegen buiten water. B-keringen vormen de verbindingen tussen dijkringen, het bekendste voorbeeld is de Afsluitdijk. En C-keringen, zoals de Diefdijk, beschermen de dijkkring als een aanliggende dijkkring overstroomt.

Een ander onderscheid is tussen dijken die beschermen tegen de verschillende typen waterlichamen: de zee, rivieren en grote meren. Voor deze drie typen gelden andere leidraden, belastingen en gebruikelijke ontwerpen.

Dit onderzoek is beperkt tot primaire dijken omdat daar de problemen ervaren zijn. Alleen voor de primaire dijken is er een periodieke landelijke toetsing en een wettelijke normering. Naast

de primaire zijn er ook regionale en secundaire keringen. De normering en toetsing van regionale keringen is in ontwikkeling maar nog niet landelijk gerealiseerd.

De primaire dijken variëren in hoogte tussen een beschermingsniveau met een overschrijdingskans van 1:1250 en 1:10.000 jaar, deze norm is wettelijk vastgelegd in de Waterwet (ministerie Infrastructuur en Milieu, 2009). In Figuur 7 zijn de normen weergegeven, de kaden langs de Maas (die een veel lagere norm hebben) zijn hierin weggelaten.

De huidige norm (1:10.000) is de kans (0,01%) dat er binnen een jaar zwaardere condities voorkomen dan waarop de dijk berekend is. Deze vorm van de norm maakt het niet erg inzichtelijk hoe groot de overstromingskans is. Het verschil tussen de kans op overstromen en de overschrijdingskans wordt onder andere gemaakt door de definitie van falen.

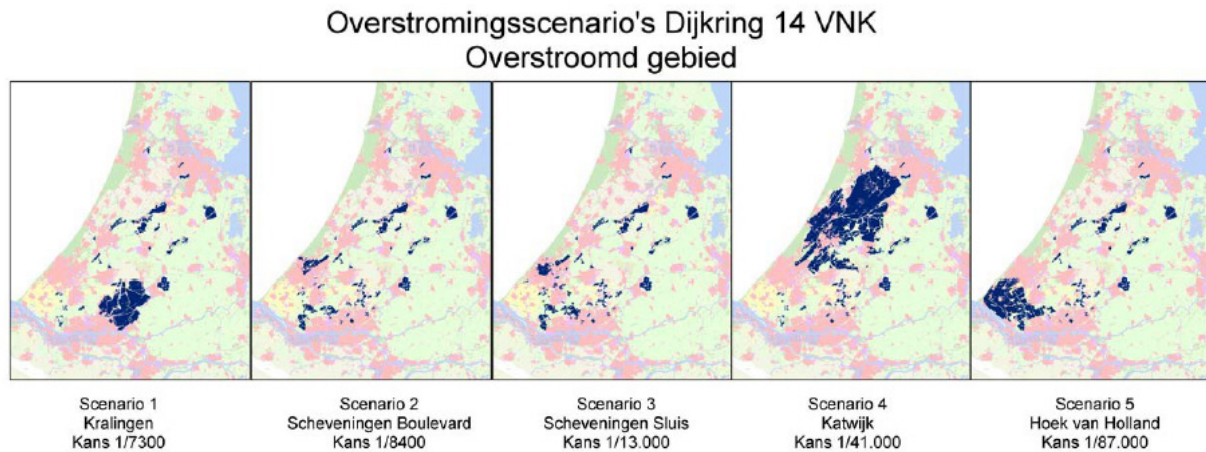
Als een dijk niet langer aan zijn functie (waterkeren) voldoet wordt gesproken over falen. Leidt dit tot een grote vervorming van de dijk dan wordt er pas gesproken over bezwijken. Een dijk kan falen zonder te bezwijken bijvoorbeeld door overloop (zie bijlage 3). Maar ook bezwijken zonder te falen bijvoorbeeld bij een aanvaring door een schip bij laag water, de dijk zal pas falen als deze niet gerepareerd is voor de volgende hoge waterstand.

Een overstroming treedt op als een kering faalt en er daardoor grootschalige wateroverlast ontstaat. Andere vormen van wateroverlast, bijvoorbeeld bij hevige neerslag of rioolverstopping, zijn bij het gebruik van deze definitie geen overstroming. Het bezwijken van een dijk hoeft ook niet automatisch tot een bres te leiden, een afgeschoven talud zou bijvoorbeeld nog waterkerend kunnen zijn.

Naast het verschil tussen falen en bezwijken zijn er meer verschillen tussen de overschrijdings- en overstromingskans. Bij de overschrijdingskans mag de kans op falen van een dijkvak 10% zijn (bij maatgevende waterstand, ENW, 2007b). Een dijkkring bestaat uit vele dijkvakken dus de gecombineerde kans op een overstroming wordt daardoor veel groter, dit wordt het lengte-effect genoemd. Een dijkdoorbraak hoeft echter weer niet te leiden tot een overstroming van de gehele dijkkring zoals weergegeven is in Figuur 8.



Figuur 7: Veiligheidsnormen (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2009)



Figuur 8: Het gebied dat overstroomt in enkele VNK1 scenario's (DWW 2005)

Dankzij reststerkte, bresvorming, lengte-effecten en de overstromingsscenario's is de overstromingskans op een bepaalde locatie dus niet gelijk aan de overschrijdingskans van de dijk. Maar voor het ontwerpen en toetsen van dijken is ook de wettelijke norm in de vorm van een overschrijdingskans nog niet direct toepasbaar. Daarvoor moet de wettelijke norm omgezet worden in hydraulische randvoorwaarden.

De hydraulische randvoorwaarden zijn de maatgevende hoogwaterstand en de maatgevende golfcondities die bij de wettelijke norm horen. De maatgevende golven worden beschreven door een golfhoogte, periode en een hoek van inval. De maatgevende waterstand is uitgedrukt in hoogte ten opzichte van het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Voor het bepalen van de maatgevende randvoorwaarden worden metingen en modelberekeningen gecombineerd.

Voor het rivierengebied wordt gebruik gemaakt van het maatgevend afvoerdebiet. Dit is het debiet dat de rivier af moet kunnen voeren met een kans van voorkomen gelijk aan de norm. Dit maatgevend afvoerdebiet vormt de basis voor de maatgevende hoogwaterstand in de rivieren.

Er zijn verschillende documenten die de hoogwaterbescherming vormgeven. Zoals gesteld zijn de normen vastgelegd in de Waterwet. De manier waarop dijkversterkingen worden ontworpen wordt onder anderen bepaald door de technische rapporten, leidraden en subsidievoorwaarden.

2.2. Wetgeving, beheersplannen, leidraden en kaders

De manier waarop de hoogwaterbescherming is vormgegeven is vastgelegd in verschillende documenten. In de wetgeving zijn harde eisen aan de keringen en de beheerders gesteld. In beleidstukken zoals beheersplannen zijn deze verder uitgewerkt en wordt ingespeeld op actuele thema's en veranderingen. De dijkversterking zelf wordt vormgegeven aan de hand van de technische rapporten en leidraden. Als laatste worden andere spelregelkaders ten behoeve van de dijkversterking benoemd.

2.2.1. Wetgeving

Vanuit verschillende instanties wordt beleid gevormd om de hoogwaterbescherming te organiseren. Harde eisen voor de lange termijn liggen vast in de nationale wetgeving en Europese richtlijnen. In het bestuursakkoord wordt er door de verschillende instanties samengewerkt om tot verbeteringen in de wetgeving te komen. Van elke wet of richtlijn zal kort de functie aangegeven worden.

Europese richtlijn overstromingsrisico

De Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) is in 2007 in werking getreden (Europees parlement en de raad van de Europese Unie, 2007). Het doel van de ROR is een kader voor de beoordeling en het beheer van overstromingsrisico's vast te stellen. Dit is bedoeld om de gevolgen van overstromingen te beperken.

De ROR verplicht tot onderzoek, overleg en planvorming voor nationaal en grensoverschrijdend beheer van overstromingsrisico's. De ROR bevat geen veiligheidsnormen maar legt wel een aantal uitgangspunten vast: niet afwentelen, stroomgebiedaanpak, risicobenadering, duurzaamheid en publieke participatie. De ROR verplicht tot het maken van een:

- Voorlopige risicobeoordeling (2011);
- Overstromingsgevaar- en overstromingsrisicokaarten (2013);
- Overstromingsrisicobeheersplannen (2015).

In 2009 is de ROR in de Waterwet opgenomen en sindsdien zijn de verschillende partijen binnen de watersector de verplichtingen aan het uitvoeren.

De Waterwet

De Waterwet (minister van Justitie, 2009) is een overkoepelende wet waarin de voormalige Wet op Waterkering, Waterschapswet en Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken zijn opgenomen. In deze wet zijn bijvoorbeeld de normen voor de dijken per dijkkring vastgelegd. Ook staat de verplichting tot toetsing en onderhoud door de beheerder in deze wet. De beheerder is verplicht tot het nemen van maatregelen in het geval dat de kering niet meer aan de norm voldoet. De minister is door deze wet verplicht tot het vaststellen van voorschriften en hydraulische randvoorwaarden. De Waterwet geeft ook aan dat er invulling wordt gegeven aan:

- Nationaal waterplan door de minister;
- Regionaal waterplan door de provincie;
- Beheersplan door de beheerder;
- Europese richtlijn overstromingsrisico's.

Momenteel ligt er een wetsvoorstel bij de Raad van State om een aantal wijzigingen in de Waterwet aan te brengen naar aanleiding van het bestuursakkoord water.

Bestuursakkoord water

Het bestuursakkoord is een akkoord tussen waterschappen, provincies en Rijkswaterstaat. Hierin worden afspraken gemaakt tussen de partijen over de uitvoering van het beleid. In het meest recente bestuursakkoord zijn de partijen tot een aantal wijzigingen in de Waterwet gekomen (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011b) die in hoofdstuk 3 toegelicht worden.

PKB Ruimte voor de Rivier

In de planologische kernbeslissing (PKB) Ruimte voor de Rivier wordt uitgegaan van een debiet van 16.000 m³/s voor de Rijn rekening houdend met een groei naar 18.000 m³/s in 2100 (4.600 m³/s voor de Maas). Het debiet moet verwerkt worden door de rivieren meer ruimte te geven en in een later stadium ook door gebruik te maken van noodoverloopgebieden. Meer ruimte kan bijvoorbeeld gecreëerd worden door dijkverlegging, nevengeulen of het afgraven van uiterwaarden. PKB's worden opgevolgd door structuurvisies zoals beschreven in Wet Ruimtelijke Ordening. De PKB Ruimte voor de Rivier uit 2001 is nog wel geldig.

2.2.2. Planvorming

De operationalisering van de wetgeving is vormgegeven in beheersplannen. Dit zijn strategische plannen zoals het nationaal waterplan en uitvoeringsplannen zoals een projectplan.

Het nationaal waterplan is een periodiek plan waarin het beleid op actuele thema's weergegeven wordt (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011c). Het plan vindt herkomst in de Waterwet, maar het doel is ook om te voldoen aan kaderrichtlijn water. Het nationaal waterplan is een structuurvisie zoals omschreven in de Wet Ruimtelijke Ordening en vervangt de nota's waterhuishouding.

Bij de aanleg, versterking of verlegging van een dijk stelt de beheerder een projectplan op. In dit plan staat precies wat er aangelegd wordt en hoe dit georganiseerd is. Het projectplan wordt door de provincie gekeurd, daarna vormt het de basis voor eventuele onteigeningen. Beroep gaat via de Raad van State, maar er zijn eerder mogelijkheden tot inspraak via zienswijzen.

2.2.3. Leidraden

Het Expertise Netwerk Waterkeren (ENW) (voorheen Technische Adviescommissie Water TAW) geeft technische rapporten en leidraden uit, daarin staan aanbevelingen hoe keringen ontworpen moeten worden. Leidraden en technische rapporten zijn dus geen voorschriften. Technische rapporten geven technische kennis weer en in leidraden is de procedure van ontwerpen weergegeven.

Totaal zijn er ongeveer 30 vigerende technische rapporten en een tiental leidraden. Aangezien de onderzoeksvraag beperkt is tot dijken zijn de leidraden over kunstwerken en duinen niet relevant. Qua technische rapporten is alleen het technisch rapport ontwerpbelastingen direct van belang aangezien daarin de onderbouwing van de hydraulische randvoorwaarden weergegeven is. Voor dit onderzoek zijn er een aantal leidraden direct van toepassing:

- Leidraad rivieren (2007);
- Leidraad meer- en zeedijken (1999);
- Addendum leidraad rivieren (2008);
- Addendum leidraad meer en zeedijken (2009);
- Technisch rapport ontwerpbelastingen voor het rivierengebied (2007b);
- Robuust ontwerpen voor de kust (2008b).

In de leidraden (rivieren, meer- en zeedijken) wordt het ontwerpen van dijken beschreven. Vanwege robuust ontwerpen zijn er een aantal veranderingen weergegeven in de addenda en het rapport robuust ontwerpen voor de kust. In het technisch rapport ontwerpbelastingen wordt de achtergrond van de hydraulische randvoorwaarden en de huidige manier van omgaan met onzekerheden in de hydraulische randvoorwaarden beschreven.

2.2.4. Kaders

Er zijn een aantal andere kaders waarbinnen de dijkversterkingen aangelegd worden. De volgende kaders worden hieronder kort toegelicht: het spelregelkader hoogwaterbeschermingsprogramma, SNIP, sneller en beter en MIRT.

Spelregelkader hoogwaterbeschermingsprogramma

In het spelregelkader hoogwaterbescherming (ministerie Infrastructuur en Milieu, 2012b) worden de voorwaarden gesteld om subsidie te krijgen vanuit het HWBP. Het spelregelkader

geldt niet voor projecten van Rijkswaterstaat aangezien het spelregelkader SNIP daar al vorm aan geeft. De fasering in het spelregelkader is dan ook gelijk aan die in het SNIP.

In het spelregelkader is aangegeven hoe de subsidie aangevraagd moet worden, welke toetsmomenten er zijn en welke formulieren er gebruikt moeten worden. Het Rijk vergoedt 100% van de aanleg- en voorbereidingskosten, waarbij de voorbereidingskosten maximaal 15% van aanlegkosten mogen zijn. Een eis voor de subsidie is dat er sober, robuust en doelmatig versterkt wordt.

Spelregels voor natte infrastructuur projecten (SNIP)

Deze spelregels gelden sinds 2002 voor alle projecten die door het voormalige ministerie van Verkeer en Waterstaat werden gefinancierd (ENW, 2007). Het doel is een heldere besluitvorming en kostenbewuste uitvoering. Hiervoor worden een aantal beslissingen genomen:

1. Intakebeslissing, landelijke toetsing wordt naar de Tweede Kamer gestuurd;
2. Opdracht planstudie, opname in het HWBP;
- 2A Variantkeuze, Gedeputeerde Staten aanvaarden het MER;
3. Projectbeslissing, waterschap stelt het dijkversterkingsplan vast;
4. Voorbereidingsbeslissing uitvoering, definitieve opname in het HWBP;
5. Uitvoeringsbeslissing, waterschap start aanbesteding;
6. Opleveringsbeslissing, waterschap tekent overdracht uitgevoerde werk.

Onderdeel van de SNIP systematiek is het gebruik maken van een Overzicht Effecten Infrastructuur raming (OEI) voor de kosten en een Project Raming Infrastructuur (PRI) voor de projectrisico's.

Sneller en Beter

Het project Sneller en Beter is bedoeld om de doorlooptijd bij de aanleg van infrastructuur te verkorten. Het nieuwe Deltaprogramma wordt ingevuld met behulp de ideeën van Sneller en Beter. De adviescommissie Elverding (2008) heeft daarvoor een aantal voorstellen gedaan, waaronder:

- Gebruik maken van een richtinggevende gebiedsbrede verkenningfase met een besluit over het voorkeursalternatief;
- Een praktischere planuitwerkingsfase door minder gedetailleerd te rekenen en maar één alternatief te onderzoeken.

Meerjarenplan Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT)

Het Meerjarenplan Infrastructuur, Ruimte en Transport is bedoeld voor het verbeteren van de samenhang en afstemming van investeringen in ruimtelijke projecten (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011d). Hierin is ook een praktische uitwerking gemaakt van de adviezen vanuit Sneller en Beter. In de MIRT worden vraagstukken van verschillende beleidsterreinen, verschillende schalen en bestuurlijke niveaus aan elkaar verbonden. Het MIRT bestaat uit vijf onderdelen: bestuurlijk overleg, projectenboek, spelregelkader, onderzoek en gebiedsagenda. Voor de manier waarop dijkversterkingen georganiseerd zijn is het spelregelkader vooral van belang.

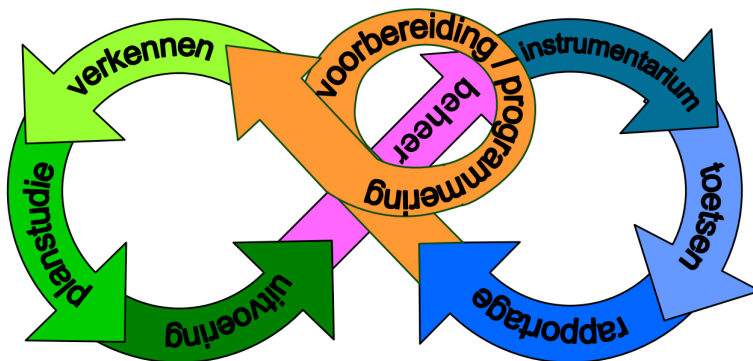
Dit spelregelkader wordt gevormd door een uitgebreidere verkenningfase waarin via een startbeslissing het probleem gedefinieerd en afgebakend wordt. Daarna wordt met

voorkeursbeslissing naar één voorkeursalternatief toegewerkt. Ook is een opleveringstoets in de MIRT-systematiek opgenomen.

De organisatie van dijkversterkingen kent verschillende kaders, naast de spelregels bepalen ook de leidraden, beheersplannen en wetgeving de manier waarop een dijkversterking vormgegeven wordt. Dit proces is verder uitgewerkt in de volgende paragraaf, daarin is beschreven hoe het proces van toetsen en ontwerpen verloopt.

2.3. *Samenhang tussen ontwerp, toetsen en verbeteren*

Het verloop van de ontwerp- en toetscyclus wordt in dit hoofdstuk beschreven. In Figuur 9 zijn de verschillende stappen in het proces weergegeven. Deze stappen zullen dan ook één voor één besproken worden. Met betrekking tot de toetsing is voor dit hoofdstuk dankbaar gebruik gemaakt van het uitgebreide overzicht gegeven door Ten Heuvelhof (2011).



Figuur 9: Model van toetsen en verbeteren van keringen. (Kruik & Borgdorff, 2012)

2.3.1. **Beheer**

De beheerder van een dijk is wettelijk verplicht om de dijken in zijn gebied te onderhouden. Er is daarbij onderscheid te maken tussen jaarlijks onderhoud en buitengewoon onderhoud. Jaarlijks onderhoud of regulier onderhoud is vastgelegd in onderhoudsplannen. Jaarlijks onderhoud is bijvoorbeeld het maaien om een goede grasbedekking in stand te houden of stenenbekledingen herstellen (waterschap Noorderzijlvest, z.d.). Bij buitengewoon of groot onderhoud wordt de dijk weer op hoogte gebracht als deze door zettingen niet meer voldoet aan de vastgestelde hoogte.

Deze vastgestelde hoogte is vastgelegd in een legger; in deze kaarten zijn de te beschermen zones weergegeven. Dit is de zone waarin de dijk zelf ligt, maar ook de ruimte die vrijgehouden dient te worden om toekomstige uitbreidingen mogelijk te maken (Waterschap Rivierenland, z.d.). Met behulp de dwarsprofielen die in de legger staan kan gecontroleerd worden of de hoogte van de dijk nog voldoet.

De dijken moeten dus regelmatig gecontroleerd worden. Kort na aanleg van de dijk is dat elke twee jaar omdat er dan nog relatief grote zettingen zouden kunnen optreden. Daarna vinden de metingen plaats na enkele jaren (Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, z.d.). Naast de controle op de hoogte is er ook controle ten behoeve van regulier onderhoud, deze controle wordt continu uitgevoerd. Daarnaast is er de landelijke toetsing waarbij alle dijken doorgerekend worden met behulp van het wettelijk toetsinstrumentarium.

2.3.2. **Wettelijk Toetsinstrumentarium**

Sinds 1996 wordt er elke 5 (tegenwoordig 6) jaar een het toetsvoorschrift samengesteld ten behoeve van de landelijke toetsing. De minister van Infrastructuur en Milieu is

verantwoordelijk voor het leveren van het toetsvoorschrift. Dit wordt het wettelijk toets instrumentarium (WTI) genoemd. Het WTI bestaat uit twee onderdelen: het voorschrift toetsen op de veiligheid (VTV) en de hydraulische randvoorwaarden (HR). Beiden zullen hier toegelicht worden.

Hydraulische randvoorwaarden

De hydraulische randvoorwaarden zijn de maatgevende condities waaraan de dijken getoetst moeten worden. De HR bestaan uit een hoogwaterstand (meter +NAP) en de maatgevende golfcondities. De maatgevende golfcondities zijn de significante golfhoogte (m), de golfperiode (s) en de hoek van inval van de maatgevende golven.

In de hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen (ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007) worden deze gegevens voor elke dijk gegeven. Deze hydraulische randvoorwaarden zijn nadrukkelijk niet bedoeld om mee te ontwerpen. De hydraulische randvoorwaarden zijn namelijk precies één toetsperiode vooruit berekend, er is bijvoorbeeld een scenario voor zeespiegelstijging tot 2011 meegenomen.

Voor rivier- en meerdijken zijn de maatgevende golfcondities niet vastgesteld, de beheerder moet deze zelf met modellen berekenen. Het verschilt per gebied hoe nauwkeurig een model is, ook zijn er wijzigingen mogelijk in het model. De randvoorwaarden moeten vanuit het verleden geëxtrapoleerd worden aangezien het aantal jaar dat er gemeten is lager is dan de wettelijk vastgestelde overschrijdingskansen. Dit geldt bijvoorbeeld voor het afvoerdebiet van de rivieren, de windsnelheden en zeewaterstand. Omdat deze meetpunten niet bij gelijke situaties zijn ontstaan zijn deze gehomogeniseerd. De hydraulische randvoorwaarden vormen samen met de metingen van de dijk de invoer voor het voorschrift toetsen.

Voorschrift toetsen op de veiligheid

In het voorschrift toetsen op de veiligheid staan de toetsregels weergegeven die toegepast moeten worden bij de toetsing van primaire waterkeringen. Daarbij kan een eenvoudige of gedetailleerde toets gebruikt worden. Ook kan er gebruik gemaakt worden van tussentijdse uitspraken en het beheerdersoordeel.

De toetsing kan bestaan uit een eenvoudig, gedetailleerde en/of een geavanceerde toetsing. Een eenvoudigere toets heeft meer marge omdat er met minder detail gewerkt wordt. Een dijk kan dus afgekeurd zijn met een eenvoudige toets en vervolgens met een gedetailleerde toets alsnog goedgekeurd worden.

Het oordeel over een dijk is opgebouwd uit twee onderdelen, het technische oordeel en het beheerdersoordeel. Het technische oordeel is het meten en doorrekenen van de dijk. Voor deze toetsing kan gebruik worden gemaakt van verschillende modellen. In het beheerdersoordeel kan de beheerder zijn ervaring met de dijk aangeven, bijvoorbeeld als de dijk in het verleden de maatgevende waterstand al gekeerd heeft. De beheerder kan om een tussentijdse uitspraak vragen als hij niet tot een oordeel kan komen. Bijvoorbeeld doordat de regels niet duidelijk geïnterpreteerd kunnen worden voor de betreffende dijk.

2.3.3. Toetsen

De toetsronde begint in Figuur 9 met het vaststellen van nieuwe hydraulische randvoorwaarden en het voorschrift toetsen op veiligheid. De beheerder kan daarna, vaak geassisteerd door ingenieursbureaus, starten met toetsen.

Het is mogelijk om een dijk die net verbeterd is automatisch goed te keuren zolang deze volgens de ontwerpleidraden of op vergelijkbare wijze is aangelegd. Het is ook mogelijk om een dijk die in de vorige toetsronde is gekeurd weer goed of af te keuren door te controleren of er omstandigheden zijn gewijzigd. Alleen als de HR, het VTV en geometrie van de dijk niet respectievelijk ongunstiger of gunstiger zijn geworden mag het oordeel overgenomen worden. Bij een significante wijziging moet er altijd opnieuw getoetst worden (ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007).

Als er geen oud oordeel overgenomen kan worden volgen de eventuele nieuwe metingen en de toetsing: eenvoudig of geavanceerd. Het technische oordeel is rekenkundig: met behulp van modellen wordt de weerstand van de dijk tegen diverse faalmechanismen getoetst. Het tweede deel van de toetsing is het beheerdersoordeel, hierin kan de beheerder zijn kennis en ervaring mee laten wegen. Dit is van belang omdat de lokale situatie soms moeilijk in rekenregels is te vatten. Als het beheerdersoordeel en het technische oordeel overeenkomen is er geen verdere toelichting meer nodig. Is er een tegenstelling dan moet er een beargumenteerde afweging gemaakt worden om tot een eindoordeel te komen.

De provincies bundelen de beoordelingen van de beheerders tot rapporten die naar de minister gaan. De minister raadpleegt de Inspectie van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. De inspectie bundelt de verslagen van de provincies. Hiermee is de landelijke rapportage toetsing vastgesteld en kan de Tweede Kamer de resultaten inzien.

2.3.4. Programmeren

Als een dijk afgekeurd is moeten er maatregelen genomen worden. Een jaar na de vaststelling van de landelijke rapportage toetsing moet het HWBP vastgesteld worden. Veel afgekeurde keringen hoeven niet in het HWBP opgenomen te worden omdat ze al in een ander programma voorkomen. Ook worden soms afgekeurde dijken buiten het HWBP om versterkt.

Een afgekeurde dijk kan binnen of buiten het HWBP versterkt worden. Buiten het HWBP versterken komt voor als de versterking onder normaal beheer valt en dus geen resultaat is van een aangepaste norm, hydraulische randvoorwaarden of toetsregels. Ook kan het voorkomen dat een versterking dusdanig beperkt is dat er vanwege de regeldruk voor wordt gekozen om het buiten het HWBP te houden. Als het HWBP niet meebetaalt mag het waterschap haar eigen lijn volgen. Het projectplan moet wel worden voorgelegd aan de provincie.

Als er binnen het HWBP versterkt wordt gelden de eisen vanuit de subsidierichtlijnen: het spelregelkader. Is de beheerder een waterschap of gemeente, dan gelden de vastgestelde HWBP spelregels. Als Rijkswaterstaat de beheerder is wordt er een MIRT-achtige aanpak gebruikt.

Strikt genomen moeten de dijken altijd voldoen aan de normen. Aangezien getoetst wordt met de hydraulische randvoorwaarden van over zes jaar (één toetsperiode) zou een versterking binnen die periode afgerond moeten zijn. Is die periode eenmaal overschreden dan is er geen andere deadline waarvoor de versterking afgerond moet zijn. Het kan daarbij voorkomen dat dijkversterkingen getemporiseerd (uitgesteld) worden. Er is bijvoorbeeld getemporiseerd bij grote projecten zoals de Afsluitdijk en de Houtribdijk.

2.3.5. Verkennen

Uit de landelijke toetsing blijkt aan welke bezwijkmechanismen een dijk niet voldoet. Als een dijk in het HWBP opgenomen wordt is daarmee gekozen voor een dijkversterking en geen andere maatregel. Het programma is vastgesteld op basis van toetsresultaten en de

maatregelverkenning van de beheerders. De maatregelverkenning is dus al uitgevoerd en bevestigd door provincies voordat de programmering plaatsvindt. Vandaar dat in de verkenningfase deze stappen niet meer genomen hoeven worden. Als inderdaad de problemen en voorgestelde maatregelen bekend zijn kan begonnen worden met de planstudiefase.

2.3.6. Planstudie

In de planstudie worden de voorgestelde maatregelen uit de verkenning uitgewerkt tot voorkeursalternatief en een versterkingsplan. Bij de start kan worden gekeken of het probleem kan worden verbreed met andere problemen of projecten. In de planstudie is de nuloptie, geen versterking, niet aanwezig omdat er aan de norm voldaan moet worden.

De varianten van het voorkeursalternatief wordt in de planstudie uitgewerkt en vervolgens voorgelegd aan de provincie en DG Ruimte en Water. In de planstudiefase kan ook de bijdrage van het Rijk vastgesteld worden. Om in aanmerking te komen voor de subsidies binnen het HWBP mogen er alleen robuuste oplossingen gekozen worden die sober en doelmatig zijn (Rijkswaterstaat, z.d.). Als het voorkeursalternatief uitgewerkt is in een versterkingsplan, de subsidie vastgesteld is en de goedkeuring van de provincie er is dan kan de uitvoering beginnen.

2.3.7. Uitvoering

In de uitvoeringsfase wordt het ontwerp uit het versterkingsplan door de aannemer aangelegd. Gedurende de uitvoering worden er voortgangsrapportages aan het HWBP aangeboden en kan het programmabureau via externe kwaliteitsborging het werk toetsen. Als de uitvoering afgerond is en de kering weer aan de norm voldoet kan definitieve subsidie vastgesteld worden.

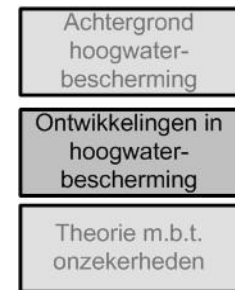
2.4. Samenvatting

In dit hoofdstuk is de achtergrond van de hoogwaterbescherming in Nederland beschreven. De verdediging tegen overstromingen bestaat uit dijkringen die aan wettelijke normen moeten voldoen. In de Waterwet is naast deze normen ook een verplichting tot toetsing en het nemen maatregelen opgenomen. De toetsing leidt tot een hoogwaterbeschermingsprogramma waarin de dijken versterkt worden aan de hand van leidraden, technische rapporten en een spelregelkader.

3. Ontwikkelingen in de hoogwaterbescherming

Nu het proces beschreven is hoe er tot een dijkversterking gekomen wordt kan er een overzicht gegeven worden van de huidige ontwikkelingen die er bij dijkversterkingen spelen. Dit vormt het tweede deel van de literatuurstudie (Figuur 10). Om dit in perspectief weer te geven wordt ook kort de historische ontwikkeling besproken. De volgende ontwikkelingen worden beschreven:

- Normering;
- Hydraulische randvoorwaarden;
- De landelijke toetsing;
- Het hoogwaterbeschermingsprogramma;
- Ontwerpen.



Figuur 10: Deel van het onderzoeksmodel.

3.1. Ontwikkeling van de normering

In de Waterwet staat dat de minister elke 12 jaar reflecteert op de doeltreffendheid van de wettelijke normen. Tot nu toe zijn de wettelijke normen nogal altijd gebaseerd op het werk van de Deltacommissie uit de jaren 60. Het voornemen is om in 2014 het besluit te nemen de normen aan te passen (Atsma, 2012). Daarbij spelen er drie discussies: de overgang naar een norm vormgegeven als overstromingskans en de resulterende periodieke verhoging, het actualiseren van de hoogte van de norm en meerlaagse veiligheid.

Van overschrijdingskans naar overstromingsrisico

Ten tijden van de deltagcommissie was de wens er al om de norm vast te stellen op basis van het risico in een dijkkring. Toen was het echter niet mogelijk om dit voldoende nauwkeurig uit te rekenen. Voor Centraal Holland werd dit wel bepaald wat tot een toegestane overstromingskans van 1:125.000 jaar leidde (WRR, 2007). Dit werd vertaald naar een overschrijdingskans per dijkvak van 1:10.000 jaar. De reststerkte van de dijken zou het verschil tussen beiden kunnen verklaren. De normen voor andere dijkkringen werden van deze norm afgeleid.

Ondertussen is het technisch mogelijk om het overstromingsrisico te berekenen en daarmee de norm vast te stellen. Zo zou niet langer een overschrijdingskans per dijkvak benodigd zijn maar kan met het daadwerkelijke overstromingsrisico gerekend worden. In 1994 werd door het ENW (Toenmalige TAW) de Marsroute Veiligheidsbenadering uitgezet.

- Stap 1: Een overschrijdingskansbenadering per dijkvak;
- Stap 2: Een overschrijdingskansbenadering per dijkkringgebied;
- Stap 3: Een overstromingskansbenadering;
- Stap 4: Een overstromingsrisicobenadering.

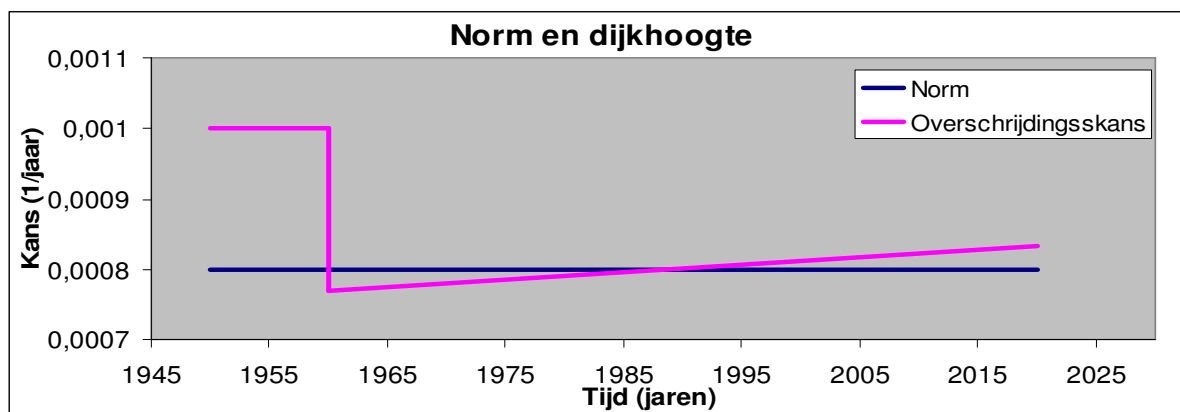
In paragraaf 2.1 zijn de verschillen beschreven tussen een overschrijdingskans en een overstromingskans. Om over te stappen naar de overstromingsrisicobenadering worden de vier stappen uitgevoerd. Stap 1 is de huidige praktijk waarbij de norm gebaseerd is op de berekende kans uit de jaren 60 en is vertaald naar een overschrijdingskans per dijkvak. Stap 2 werd door de TAW *overbelastingsbenadering per dijkkring* genoemd, dit geeft aan dat het de kans betreft dat ergens rond de dijkkring de maatgevende hoogwaterstand overschreden wordt. Bij stap 3 moet ook de reststerkte meegenomen worden om de kans op een overstroming in de dijkkring te kunnen berekenen. Bij de laatste stap worden ook de gevolgen meegewogen: de

economische schade en slachtoffers in verschillende scenario's. Hierbij is bijvoorbeeld ook de duur van een overstroming en de grootte en locatie van een bres van belang.

Om het werken met het overstromingsrisico mogelijk te maken is er veel onderzoek gedaan. Bijvoorbeeld onderzoek naar de hydraulische randvoorwaarden, sterkte, bresgroei en de gevolgen van een overstroming. Veiligheid Nederland in Kaart (VНК2) is het onderzoeksprogramma waarin de overstromingsrisico's van de dijkringen bepaald worden. Voor verschillende overstromingsscenario's wordt de economische schade en het aantal slachtoffers bepaald, VНК moet voltooid zijn in 2015. Op dit moment (ENW, 2008) mag een dijkkringbenadering (stap 2) in het benedenrivierengebied al toegepast worden. Als de norm gebaseerd is op het actuele risico in de dijkkring, dan zal de norm ook regelmatig aangepast moeten worden.

Periodieke aanpassing van normen

Van Dantzig vermeldde in 1956 dat de economische optimale norm geen constante kan zijn gezien de economische groei. Echter de norm is wel constant gebleven. Een dijkversterking kwam dus alleen voor als de overschrijdingskans was toegenomen. Bijvoorbeeld door achteruitgang van de dijk of toename van de waterstand. Vanwege golfoploop, onzekerheden, opwaaiing, inklinking, zetting en het begaanbaar houden van dijken werd een waakhoogte van 0,5m gebruikt. Onder invloed van zettingen en dalingen is deze waakhoogte na verloop van tijd niet meer voldoende (in Figuur 11 lineair verondersteld).



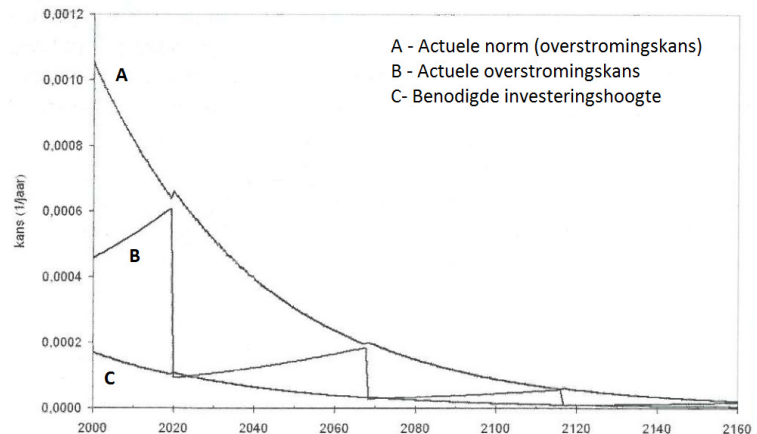
Figuur 11: Norm en overschrijdingskans in het huidige systeem, de norm is een constante en deze fictieve dijk is verhoogd in 1960 en voldoet niet meer sinds 1990.

Een risicogebaseerde norm zal (periodiek) aangepast moeten worden aan het actuele risico. De verwachting is dat de economische waarde en het risico sneller stijgen dan de kosten van dijkversterking. Als hierdoor de norm aangepast wordt zullen de dijken ook (periodiek) verhoogd moeten worden. In Figuur 12 is te zien dat de overstromingskans toe neemt en de toegestane kans (norm) af. Dit proces gaat door totdat de toegestane overstromingskans is bereikt. Dan worden de dijken versterkt en neemt de overstromingskans af.

De versterking is niet gelijk aan de benodigde versterking om de norm op het moment zelf te halen, maar er zal een grotere versterking toegepast moeten worden om een lange levensduur bij een veranderende norm te waarborgen. De juiste optimale frequentie wordt hierbij bepaald door de verhouding vaste en variabele investeringskosten. Volgens het CPB (2012) is het economische effectiever om aan de veilige kant te zitten. Een dijkverbeteringsproject neemt ook een aanzienlijk voorbereidingstijd in beslag. Het is dan ook niet efficiënt om pas te starten als de dijk al niet meer voldoet (CPB, 2012).

Actualisatie van normen

Omdat de normen gebaseerd zijn op een risico inschatting uit de jaren 60 zijn deze niet actueel meer. In de periode zijn de baten en kosten van de waterkeringen veranderd. De baten van de waterkeringen, beschermen van waarde in het gebied, zijn dankzij bevolkingsgroei en economische groei niet meer gelijk aan 1960. Ook het risico kan bijvoorbeeld dankzij grotere inundatiedieptes gegroeid zijn. Aan de andere kant zijn ook de kosten van het versterken en onderhouden van de waterkeringen niet gelijk gebleven.



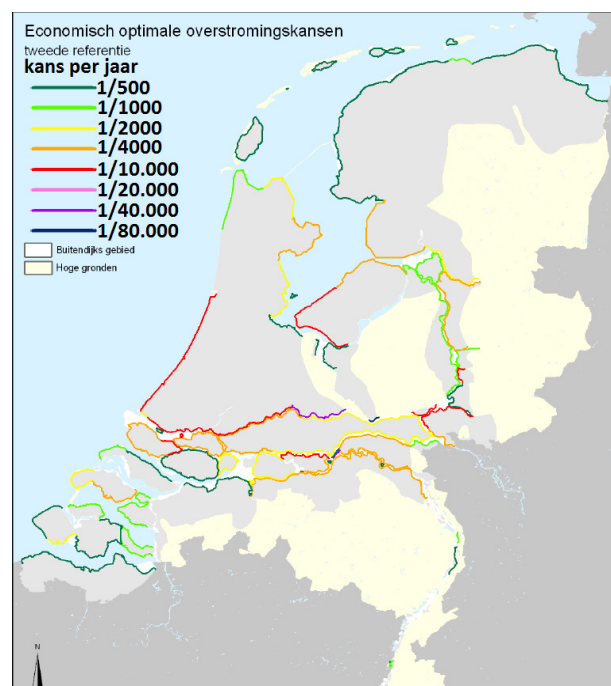
Figuur 12: Zaagtandfiguur (bewerking op Kind et al. 2011), de overstromingskans (B) neemt toe terwijl de norm strenger wordt (A). De investering (dijkversterking) moet gemaakt worden voordat de norm bereikt is en hoog genoeg (C) zijn om de juiste frequentie van dijkversterking te behalen.

In het onderzoek maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21^e eeuw zijn actuele normhoogten berekend. Dit onderzoek is afgerond in 2011 en geeft de economische optimale overschrijdingskansen voor de dijken (Figuur 13). De economische optimale overschrijdingskansen variëren tussen 1:80.000 en 1:500 per jaar. Uit een onzekerheidsanalyse blijkt een 80% betrouwbaarheidsinterval rond deze normen van gemiddeld -60% tot +100%.

Het verschil tussen de huidige normen en de nieuwe optimale normen valt mee. Dit kan verklaard worden doordat de overstromingsmodellen ook nauwkeuriger zijn geworden (zie Figuur 8). Het gebied dat overstroomt bij een doorbraak blijkt uit deze modelstudies mee te vallen. Overigens zijn in Figuur 13 geen systeemeffecten meegenomen. Systeemeffecten kunnen betekenen dat een dijk eerder versterkt moet worden omdat een doorbraak op die plek invloed heeft op andere dijkringen of (nog) niet versterkt hoeft te worden omdat op een andere plek de dijk eerder doorbreekt.

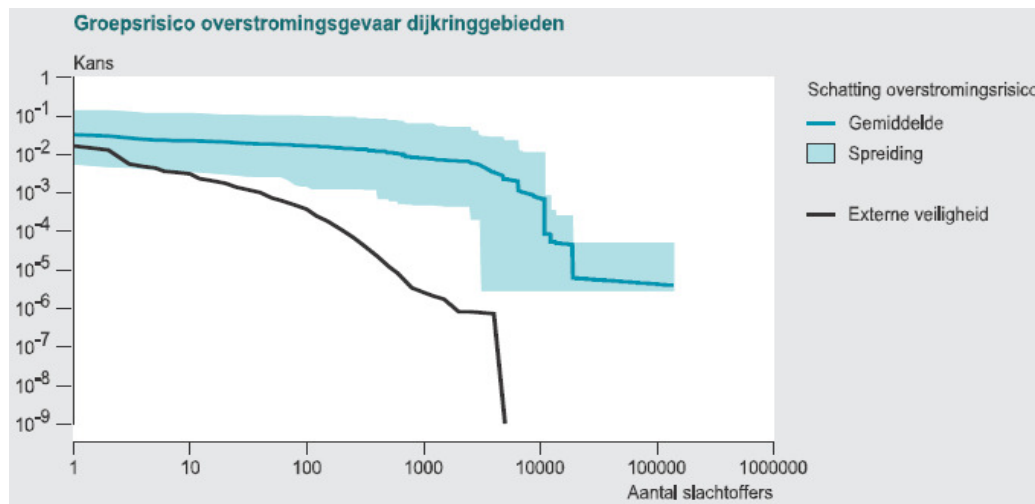
De commissie Veerman heeft in 2008 een advies gegeven hoe er met de invloed van klimaatveranderingen omgegaan kan worden. Eén van de adviezen die genoemd wordt is het verhogen van de veiligheidsnormen met een factor tien. Deze mogelijkheid zal bezien worden volgens het nationaal waterplan (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011c). Een mogelijke onderbouwing van deze verhoging kan gevonden worden in een rapport van het RIVM (2004).

In dit rapport blijkt dat het risico dankzij overstromingen veel groter is dan het risico dat door andere gevaren veroorzaakt wordt. In Figuur 14 is de vergelijking gemaakt met de som van andere door de mens



Figuur 13: Normen gebaseerd op maatschappelijke kosten en baten analyse (Deltares, 2011)

veroorzaakte bronnen van onveiligheid, bijvoorbeeld ongelukken met vliegtuigen en LPG tanks (RIVM, 2003). Echter in hoeverre overstromingen tot door de mens veroorzaakte rampen kunnen worden gerekend staat ter discussie. Hoe dan ook geeft het figuur weer dat het risico als gevolg van overstromingen relatief groot is.



Figuur 14: Het groepsrisico van overstromingen is veel groter dan andere externe bronnen van onveiligheid (RIVM, 2004).

In Figuur 14 wordt het groepsrisico weergegeven, dit is het risico dat de maatschappij als geheel loopt. Het groepsrisico geldt voor heel Nederland en maakt inzichtelijk wat de kans op een grote ramp is. De tegenhanger van groepsrisico is individueel (plaatsgebonden) risico; het risico dat een specifiek individu loopt. Naast de hoogte van het risico geeft het RIVM (2004) ook aan dat technische oplossingen niet langer het enige antwoord kunnen zijn op de toename van het overstromingsrisico.

Meerlaagse veiligheid

Meerlaagse veiligheid (MLV) is een nieuwe inslag in de veiligheidbenadering waarin naast preventie door dijken ook evacuatie (3^e laag) en ruimtelijke ordening (2^e laag) meegenomen worden. Deze nieuwe veiligheidsfilosofie is één van de veranderingen die in het nationaal waterplan genoemd is (zie kader). Om meerlaagse veiligheid te bereiken kunnen tal van mogelijke maatregelen overwogen worden. In de 2^e laag zijn bijvoorbeeld compartimentering van dijkringen of de aanleg van huizen op relatief veilige plaatsen mogelijk. Een voorbeeld in de 3^e laag is een goede organisatie van evacuaties.

In gebiedspilots zijn de mogelijkheden van meerlaagse veiligheid voor een aantal deelgebieden onderzocht. Dit onderzoek is afgerond in 2011 en kan tot een andere taakstelling voor de dijken leiden. Uit de pilots blijkt dat lokaal dijken verder verhoogd kunnen worden als er veel waarde direct achter de dijk is. Het is ook mogelijk dat door ingrepen in de 2^e en 3^e laag er juist minder belang aan de dijken

- Overgang naar meerlaagse veiligheid: de 1^e laag is primair maar de 2^e en 3^e worden niet vergeten.
- Normen op basis van overstromingskansen.
- Normen vastgesteld op basis van kosten en baten (overstromingschade en slachtoffers).
- Eventueel de veiligheidsnormen een factor 10 omhoog.
- Nieuwe concepten toepassen zoals de Deltadijk.
- Evt. nieuwe normen voor het buitengebied i.c.m. een basisveiligheid.

Kader 1: Veranderingen als gevolg van het Nationaal Waterplan 2009-2015

gehecht wordt. De precieze invulling van MLV kan dus tot lagere of (lokaal) hogere normen gaan leiden. Ten tijden van schrijven van dit rapport is dit nog niet aan de orde. Er is nog namelijk veel discussie over de eventuele invulling van MLV.

In het nieuwe Deltaprogramma wordt per regio onderzocht hoe de uitdagingen van het waterbeheer in de toekomst vormgegeven kunnen worden. Naast een aantal gebiedsgerichte deelprogramma's is er ook een deelprogramma Veiligheid. In het deelprogramma Veiligheid wordt de normering van de dijken onderzocht.

Naast de discussie over meerlaagse veiligheid zijn ook actualisatie, periodieke aanpassing en een nieuwe veiligheidsfilosofie potentiële veranderingen. Of de normen uiteindelijk veranderen is een politiek besluit waarbij naast kosten-batenanalyse ook het toegestaan individueel risico en groepsrisico meewegen. De staatsecretaris (Atsma, 2012) heeft aangegeven in ieder geval geen normen te verlagen en een minimale norm te hanteren voor het individueel risico. Het ENW (2012) concludeert dat het direct invoeren van de nieuwe normen tot inefficiënt investeren leidt aangezien de dijken vooral te zwak zijn en niet te laag. Ook adviseert het ENW om eerst over te gaan naar de nieuwe norm en daarna de hoogte van de norm aan te passen. Het besluit over deze veranderingen zal genomen worden in 2014 (Atsma, 2012). Ondanks dat de normen sinds de jaren 60 nauwelijks zijn gewijzigd, kan daar nu dus verandering in gaan komen. In tegenstelling tot de normen zijn de hydraulische randvoorwaarden niet zo constant geweest.

3.2. *Ontwikkeling van de hydraulische randvoorwaarden*

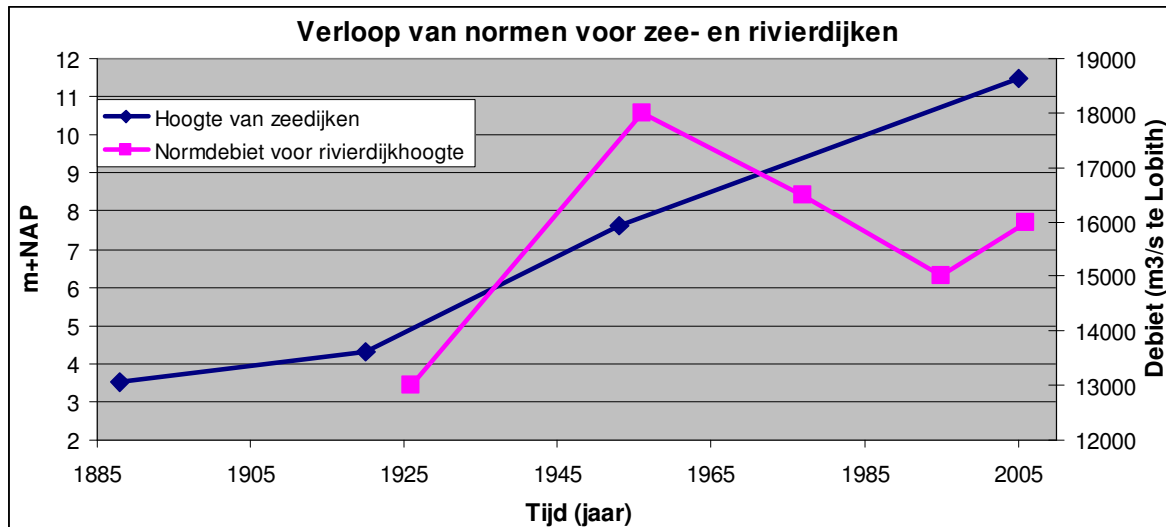
De waterstand en de kracht van de golven bepalen de benodigde afmetingen van de dijk. Deze hydraulische randvoorwaarden kunnen dankzij de geometrie van het waterlichaam sterk verschillen op verschillende locaties aan hetzelfde water. Om over een algemeen beeld te kunnen spreken is het daarom praktisch om voor de rivieren over het maatgevende afvoerdebiet te spreken. Voor zeedijken is er geen vergelijkbare eenheid, daarom wordt de hoogte van de dijken als indicatie gebruikt. Eerst zal kort de historie van de hydraulische randvoorwaarden beschreven worden, daarna volgen de actuele- en verwachte veranderingen.

Geschiedenis van de hydraulische randvoorwaarden

De dijkhoogte was historisch gezien direct gekoppeld aan de hoogst waargenomen waterstand. Grootschalige verbeteringen van de waterkeringen komen mede daardoor voor in de periode kort na een overstroming. Zo volgde bijvoorbeeld na de Zuiderzeevloed (1916) de aanleg van de Afsluitdijk en de verhoging van dijken tot Zuiderzeehoogte. In 1926 overstroomde de rivieren op tientallen plekken, na de dijkdoorbraken werden vele rivierdijken verbeterd. Het bekendste voorbeeld van de koppeling tussen overstroming en versterkingen zijn de Deltawerken die na de watersnoodramp van 1953 aangelegd werden (Eijsbergen, Geer & Poot, 2008).

De Deltacommissie werd in 1953 ingesteld om de overstromingproblematiek in de toekomst te voorkomen. Eén van de adviezen van de Deltacommissie was om versterkingen niet langer aan de hoogste waargenomen waterstand te koppelen. De dijken kregen een wettelijke norm: een overschrijdingskans van de waterstand en golfcondities. Dit was mogelijk omdat Wemelfelder in 1939 het statistische verband van de stormvloed en de dijkhoogte aantoonde. Door deze kansgebonden wettelijke normering wordt de kering niet alleen meer verbeterd na een overstroming, ook veranderingen in de berekeningen leiden tot een andere noodzakelijke dijkhoogte. Sindsdien zijn de benodigde hoogte en het maatgevende debiet behorende bij deze normen meerdere malen aangepast, een historisch overzicht is te vinden in Figuur 15.

Voor (noord)zeedijken is in dit figuur een duidelijke stijgende trend te zien. Deze kan bijvoorbeeld verklaard worden doordat het referentie vlak NAP gedaald is (Rijkswaterstaat IJsselmeergebied, 1997), nieuwe kennis van golfcondities verworven (Jansen, 2012) en de zeespiegelstijging (KNMI, 2011). De hoogte verschilt per locatie, de grafiek geeft dus alleen een algemeen beeld weer.



Figuur 15: Trend in normen door de jaren heen (Gegevens van Ecomare, z.d. en Yska 2009)

Voor rivierdijken is een opvallende afname in het normdebiet voor rivierdijken te zien in de jaren 1977 en 1995. Dit is het resultaat van de commissies Becht en Boertien die na een periode met veel discussie over landschap-, natuur- en cultuurwaarden (LNC) de norm voor het rivierengebied terugschroefde van 1:3000 naar 1:1250 jaar. Volgens d'Angremond (2002) was dit geen rationele maar een politieke overweging.

De daadwerkelijk te keren maatgevende hoogwaterstand in het rivierengebied is minder grillig verlopen dan het normdebiet. Tegelijkertijd met de normverlaging werden er ook namelijk ook nieuwe modellen in gebruik genomen, daardoor werd de maatgevende hoogwaterstand niet veel lager. De recente groei van 15.000 m³/s naar 16.000 m³/s als gevolg van de hoge afvoer in o.a. 1995 is voor een deel opgelost met ruimtelijke ingrepen (Ruimte voor de Rivier).

Actuele en verwachte veranderingen in de HR

In verband met de landelijke toetsing worden er elke 6 jaar nieuwe hydraulische randvoorwaarden uitgebracht. Hierbij wordt ook aangegeven welke veranderingen er zijn geweest of nog komen. Er zijn verschillende oorzaken waardoor de hydraulische randvoorwaarden kunnen wijziging ten opzichte van de vorige versie (ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007):

- De autonome ontwikkeling van fysische omgevingsfactoren (onder andere erosie van en sedimentatie in onderdelen van watersystemen en de zeespiegelstijging);
- Menselijke activiteiten en invloeden (bijvoorbeeld inrichting en dijkbouw);
- Extreme situaties (stormvloed, hoge afvoer van de rivieren, etc.) in de afgelopen vijf jaar die de statistieken beïnvloeden;
- De voortdurende ontwikkeling van kennis en inzichten op het gebied van de statistiek van de bedreigingen, de waterbeweging, de windgolven en het gedrag van watersystemen als geheel;
- Beleidsmatige ontwikkelingen;

Bijvoorbeeld in de hydraulische randvoorwaarden van 2006 zijn verschillende wijzigingen ten opzichte van 2001 geweest:

- Maeslantkering heeft een hogere faalkans;
- De afvoer van de Vecht is verhoogd;
- De onderschatting van golfcondities aan de kust is gecompenseerd naar aanleiding van onderzoek uit 2003.

Het ENW (2007c) geeft in een advies over de HR2006 aan dat er nog meer veranderingen aan de hydraulische randvoorwaarden hadden plaats moeten vinden. Het betreft onder andere de golfkarakteristieken op de Waddenzee, vertaling van golven van diep naar ondiep water en de stormduur.

3.3. Ontwikkelingen in de toetsing

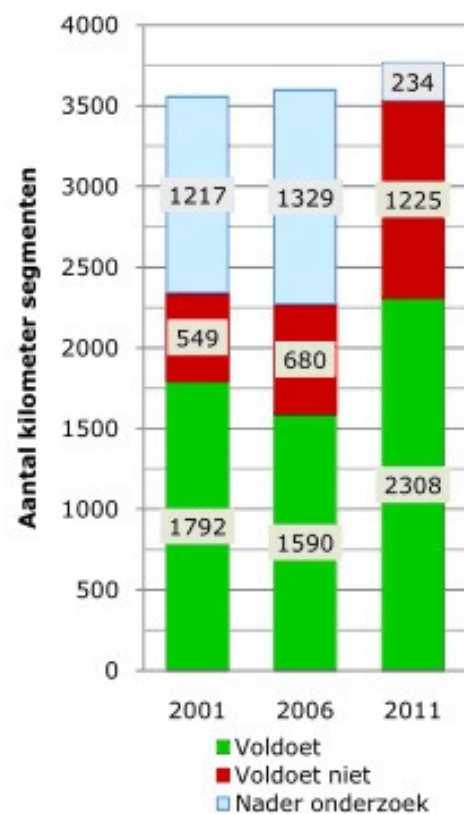
In 1996 is in de Wet op Waterkering (huidige Waterwet) vastgelegd dat elke primaire kering om de 5 jaar getoetst moet worden. Eerst worden de resultaten van de drie toetsrondes die afgerond zijn weergegeven en daarna de actuele ontwikkelingen.

Resultaten landelijke toetsing

In de eerste toetsronde (1996-2001) werd er alleen op hoogte gecontroleerd. De tweede ronde werd uitgebreid met een keuring op stabiliteit. De derde ronde toetsing werd verder uitgebreid met de dijkringen bij de Maas in Limburg die nog niet eerder meegenomen waren (Ten Heuvelhof, 2011).

In Figuur 16 zijn de resultaten van de verschillende toetsrondes weergegeven. Waar de eerste twee toetsrondes gekenmerkt worden door een groot percentage geen oordeel, is dit in de derde toetsronde sterk verbeterd.

De afgekeurde keringen worden zover ze nog niet in een ander versterkingsprogramma voorkomen in het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) opgenomen. De eerste toetsing vond plaats toen het Deltaplan Grote Rivieren en het verbeteren van de bekleding van zee- en meerkeringen (Project Zeeweringen) nog niet afgerond was. Van de 549 km afgekeurde kering was maar 14 km nog niet eerder geïdentificeerd. Het tweede HWBP bleek echter van een andere schaal: er moest 340 km aan verbeterwerkzaamheden uitgevoerd worden (Ten Heuvelhof, 2011). Van de 1225 km afgekeurde kering in derde toetsing is ca. 475 km al opgenomen in een bestaand verbeteringsprogramma (Kraaij, 2012).



Figuur 16: Resultaten 1e, 2e, en 3e toetsronde (Inspectie Verkeer en Waterstaat, 2011)

Ontwikkeling van het voorschrift toetsen op veiligheid (VTV)

Het ENW geeft in een advies aan (2007d) dat er veranderingen in het VTV noodzakelijk zijn. De eerste is een nieuwe maatgevende belastingsituatie; de grondwaterstand kan zo sterk stijgen dat een maatgevende belastingsituatie kan ontstaan. Dit komt door zware neerslag in

combinatie met hoge (maar niet maatgevende) rivierwaterstanden. De tweede aanpassing is noodzakelijk voor de overgang naar de nieuwe veiligheidbenadering. Daarvoor is een nieuw systeem van toetsen noodzakelijk, dit wordt ontwikkeld in het onderzoeksprogramma TOI.

Het onderzoeksprogramma Toets en Ontwerp Instrumentarium (TOI) is gestart in 2009 en moet leiden tot een nieuwe versie van het wettelijk toets instrumentarium. Het nieuwe wettelijk toets instrumentarium moet aansluiten bij overstromingskans- en dijkkringbenadering in plaats van een overschrijdingskans- en dijkvakbenadering.

Het onderzoeksprogramma naar het Wettelijk Toets Instrumentarium 2011 (WTI) bestaat uit vaststellen van een nieuw VTV en HR voor 2011. Volgens de planning zou in 2012 gestart moeten worden met de 4e ronde toetsing. Er is echter voor gekozen om de derde ronde te verlengen (Kraaij, 2012). Daarom is er geen nieuw WTI vastgesteld, ondanks dat het huidige WTI afkomstig is uit 2006. De daardoor ontstane overlap tussen WTI en TOI heeft tot een fusie geleid (WTI 2017).

Actuele ontwikkelingen van de landelijke toetsing

Ook in het toetsingsproces zijn een aantal wijzigingen aanstaande. Een aantal van de aanbevelingen van Ten Heuvelhof (2011) zijn bevestigd in het bestuursakkoord water en zullen in de Waterwet vastgelegd worden. Om het mogelijk te maken dat een versterking daadwerkelijk is afgerond voor de volgende toetsronde wordt de periode tussen toetsingen verder verlengd van 6 naar 12 jaar. De toetsing krijgt daarbij een continu karakter. Vanwege de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's wordt er wel elke 6 jaar een overzicht gemaakt. Aansluitend wordt ook het WTI elke 12 jaar opnieuw vastgesteld (tenzij er grote veranderingen zijn). Bij het vaststellen van het WTI krijgen de waterschappen een adviesrol.

3.4. Ontwikkeling van het hoogwaterbeschermingsprogramma

Het resultaat van de toetsing vormt de input voor het hoogwaterbeschermingsprogramma. Uit de derde toetsronde volgt echter niet HWBP3 maar het nieuwe hoogwaterbeschermingsprogramma (nHWBP). Deze naamwijziging is gemaakt omdat het hoogwaterbeschermingsprogramma een voortrollend programma wordt, waarbij enkele veranderingen optreden.

Naar aanleiding van het bestuursakkoord water zijn er een aantal veranderingen (zie kader). Zo wordt de financiering van het programma voor de helft vanuit de waterschappen betaald. Hierbij is 10% projectgebonden en wordt 40% via de verevening tussen waterschappen gefinancierd.

Bij de uitvoering van het programma wordt het gedachtegoed van de MIRT-systematiek en Sneller en Beter gebruikt. Dit betekent onder anderen het toevoegen van een uitgebreidere verkenningenfase. Door in overleg met het Deltaprogramma te treden kan er gezien worden of er een ruimtelijke ingreep mogelijk is in plaats van dijkversterking. Binnen het nHWBP is er een grotere rol voor het prioriteren (belangrijke projecten eerst uitvoeren). In HWBP2 werd er alleen getemporiseerd (uitstel) om praktische redenen. In het nHWBP kan geprioriteerd worden tussen projecten op basis van verschillende argumenten, bijvoorbeeld het grootste risico, de laagste kosten of de hoogste norm.

- Waterschappen betalen 50% mee, waarvan 10% projectgebonden.
- Toetsfrequentie naar 12 jaar.
- Toetsen en versterken als voortrollend programma.
- Provincie geen rol meer in de toetsing.
- Watertoets weer ingevoerd.

Kader 2: Belangrijke veranderingen als gevolg van het bestuursakkoord Water

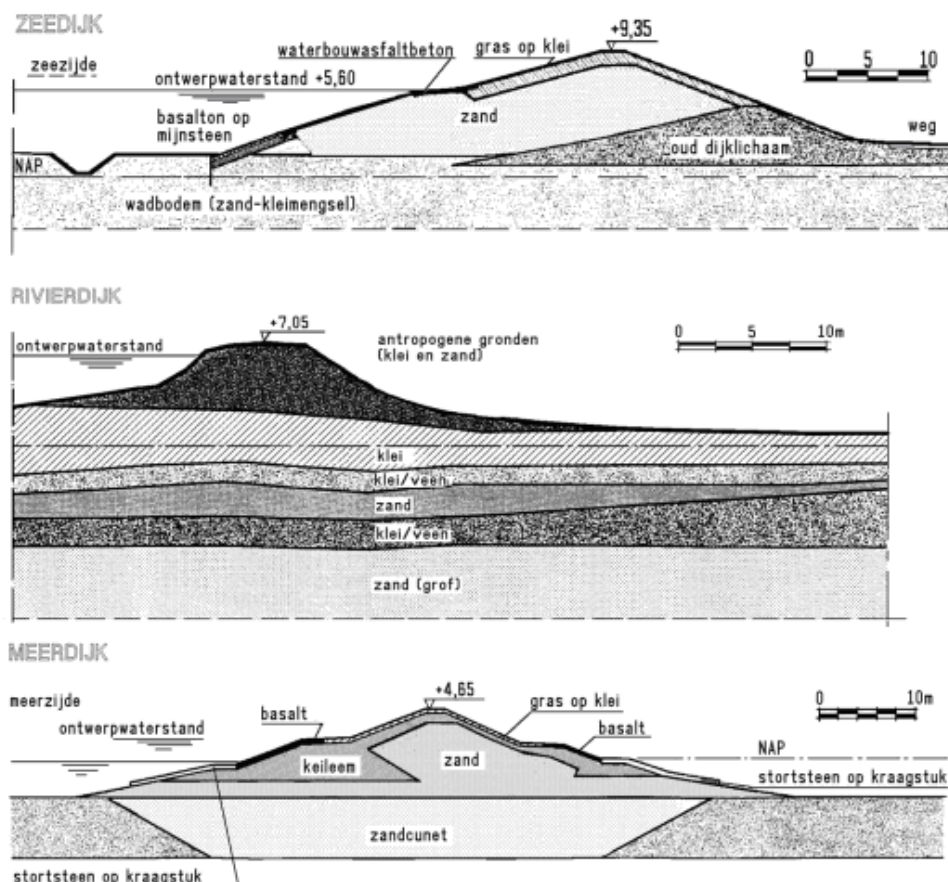
3.5. Ontwikkelingen in het ontwerp van een dijk

De dijken zijn niet in één keer in hun huidige vorm aangelegd maar door de jaren heen verbeterd. De methoden en technieken die gebruikt worden om het water te keren zijn hierbij niet gelijk gebleven. Eerst wordt de historie van de ontwerpen kort weergegeven en daarna actuele ontwikkelingen.

Historie van dijkontwerpen

De oudste bekende dijk is ongeveer 2000 jaar oud en er zijn complete dijkringen bekend van bijna 1000 jaar oud (Ecomare, z.d.). In de tussenliggende periode is de aanlegmethode ook veranderd. Vanaf de 15^e eeuw werden zeedijken gemaakt van houten palen met daartussen riet en zeewier verzwaard met stenen. Onder invloed van de paalworm moesten in de 18^e en 19^e eeuw zeedijken opgebouwd worden van zand, klei en stenen.

Naast zeedijken zijn er ook dijken die water van rivieren en meren keren. Ook rivierdijken zijn niet in één keer aangelegd: de eerste rivierdijken werden gebouwd in de 11^e eeuw, deze bestonden eerst vooral uit klei later worden zand en klei gecombineerd (Ecomare, z.d.). Door het afsluiten van verschillende zeearmen in 20^e eeuw ontstonden grote meren, ook deze moesten bedijkt worden. Zeedijken zijn anders gebouwd dan rivierdijken omdat zeedijken veel meer door golven belast worden. In Figuur 17 wordt het verschil in opbouw tussen rivier-, meer- en zeedijken weergegeven.



Figuur 17: Verschiede dijktypen en hun opbouw (Bewerking op Sterlini, 2011)

In de laatste decennia van de vorige eeuw was er veel discussie over dijkversterking. Onder andere de invloed op de landschaps-, natuur- en cultuurwaarden vormde een probleem. Na de discussie over de LNC-waarden werd uitgekend ontwerpen ingevoerd. Uitgekend ontwerpen

houdt in dat om ruimte (en LNC-waarden) te sparen er andere technieken en een kleiner ontwerp werd toegepast. Waar er voorheen nog wel wat marge in het ontwerp zat werd dit in deze periode teruggebracht (Joosten, 2012). Hoewel uitgekend ontwerpen in 1977 werd beschreven werd het pas sinds 1995 grootschalig toegepast (d'Angremont, 2002).

Huidige ontwikkelingen in de ontwerpen

In de huidige ontwerpen worden meerdere technieken gebruikt om voldoende sterkte te realiseren. Bij gebrek aan ruimte wordt gebruik gemaakt van damwanden en kistdammen. Ook kunnen er kleikisten ingraven worden of kwelschermen toegepast. Om grasbekledingen te versterken wordt een soortenrijke erosiebestendige grasmat gebruikt. Ook zijn er innovatieve technieken bijvoorbeeld dijkvernageling of dijkdeuvels.

Er zijn verschillende onderzoeken naar nieuwe manieren om dijken aan te leggen en te versterken. In het programma INSIDE zijn deze innovatieve dijkversterkingen onderzocht. Daaruit zijn verschillende innovaties uit voorgekomen zowel in de ondergrond als in de bekleding en het type dijk. Lopend onderzoek richt zich bijvoorbeeld op multifunctioneel waterkeren en het omgaan met piping, zettingsvloeiing en veen.

Vanwege secundaire doelen worden er innovatieve concepten ontwikkeld. Om overstromingschade te verminderen zijn zogenaamde deltadijken, of overstromingsbestendige dijken ontwikkeld. Vanwege natuurdoelen zijn groene dijken mogelijk en in verband met het ruimtebeslag zijn multifunctionele dijken mogelijk.

Om meer gebruik te maken van sensoren in dijken worden in het programma Livedijk en IJkdijk dijken doorgemeten. Dit levert de benodigde kennis om ook tijdens hoogwater eventuele metingen te kunnen interpreteren.

Sterkte en Belasting Waterkeringen (SBW) is een onderzoeksprogramma naar de benodigde sterkte van waterkeringen. Ook dit onderzoek wordt voornamelijk door Deltares uitgevoerd. De actuele onderzoeksonderwerpen zijn (Deltares, 2012):

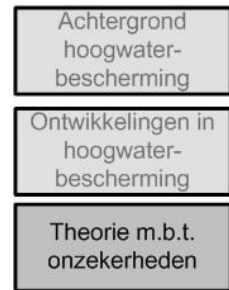
- Belastingen;
- Reststerkte;
- Piping;
- Stabiliteit bij losgepakt zand;
- Macro-stabiliteit;
- Golfoverslag en (asfalt)bekledingen;
- Informatie behoefte, veldmetingen en data.

3.6. Samenvatting

Er zijn verschillende veranderingen beschreven die invloed hebben op de dijken. Dit betreft beleidsveranderingen, de verwerking van nieuw onderzoek, autonome ontwikkelingen, optreden van extreme situaties etc. De vraag is of al dit soort ontwikkelingen als onzekerheden meegenomen kunnen worden in het ontwerp. Hiervoor moet eerst beschreven worden hoe er met onzekerheden omgegaan kan worden. De mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan zoals deze in de literatuur zijn beschreven worden in het volgende hoofdstuk weergegeven.

4. Omgaan met onzekerheden: een literatuurverkenning

In de vorige twee hoofdstukken is de achtergrond en ontwikkeling van de hoogwaterbescherming beschreven. Het derde en laatste deel van de literatuurstudie is de wetenschappelijke literatuur over het omgaan met onzekerheden (Figuur 18). De definitie van onzekerheid die in dit onderzoek aangehouden wordt is voorgesteld door Walker et al. (2003): *Onzekerheid is elke afwijking van het onhaalbare ideaal van compleet determinisme*. Zoals Walker et al. (2003) aangeven is het voordeel van deze definitie dat er geen onzekerheden worden uitgesloten.



Figuur 18: Deel van het onderzoeksmodel.

In dit hoofdstuk wordt eerst aangegeven of de wetenschappelijke literatuur ook aangeeft dat omgaan met onzekerheden bij dit soort besluiten relevant is. Daarna worden verschillende stappen toegelicht die doorlopen kunnen worden bij het omgaan met onzekerheden. Twee van deze stappen worden verder uitgewerkt: de classificatie en de wijze van omgaan met onzekerheden die daar uit voortkomt.

4.1. Wetenschappelijke toepasbaarheid

Voordat er besproken wordt hoe er met onzekerheid omgegaan kan worden moet er eerst gecontroleerd worden of de aanbevelingen vanuit literatuur toepasbaar zijn. Daarom is het van belang of er volgens de literatuur ook rekening gehouden moet worden met onzekerheden. Onder andere Malik et al. (2010) Walker et al. (2003) en van Asselt et al. (2007) bespreken de noodzaak tot het rekening houden met onzekerheden.

Malik et al. (2010) geven aan dat het uit maakt of het een korte of lange termijn beslissing betreft. Kortetermijnbeslissingen zijn gemakkelijk te wijzigen met weinig kosten en de effecten vervagen met de tijd. Langetermijnbeslissingen worden gekenmerkt door hoge vaste kosten en onomkeerbaarheid. Bij langetermijnbeslissingen is het van belang om onzekerheden expliciet mee te nemen (Malik et al., 2010). Dijkversterkingen kennen vaste kosten zoals wegen, bekledingen en materieel en zijn niet omkeerbaar zonder veel kosten te maken. Daarom zijn dijkversterkingen langetermijnbeslissingen en zou er volgens deze benadering wel rekening gehouden moeten worden met onzekerheden.

Volgens Walker et al. (2003) is het doel bij een besluit niet om alle onzekerheid weg te nemen maar om te voorkomen dat er onwenselijke gevolgen ontstaan. Van Asselt et al. (2007) geven een zelfde gedachte aan door onderscheid te maken tussen irrelevante en echte risico's. Dit is echter wel een complicerend onderscheid aangezien de WRR (2010) vermeldt dat:

“Mensen vaak relatief veel gewicht aan de korte termijn toekennen, vaak onrealistisch optimistisch over de toekomst zijn”.

Deze effecten zouden er toe kunnen leiden dat een risico onterecht als irrelevant beoordeeld wordt. Frequentie versterkingen zijn onwenselijkheid en in het verleden voorgekomen, daarom kan dit tot een echt risico en ongewenst gevolg gerekend worden. Om ongewenste gevolgen te voorkomen moet er dus rekening gehouden worden met onzekerheden bij dijkversterkingen.

4.2. Omgaan met onzekerheid: een stappenplan

Om onzekerheden mee te nemen bij een besluit beschrijven Funtowicz en Ravetz (1990, 1993) een stappenplan. In dit stappenplan worden relevante onzekerheden geïdentificeerd, geprioriteerd, gekarakteriseerd, gecommuniceerd en ze spelen een rol in de afweging. Een

rapport van het Planbureau voor de Leefomgeving (Halffman et al., 2008) bevestigt het belang van identificeren, prioriteren, classificeren en communiceren. Deze stappen zullen hieronder kort besproken worden.

Identificeren is het in kaart brengen van alle onzekerheden die invloed kunnen hebben op de levensduur van de dijk. Refsgaard et al. geven in 2007 veertien methoden weer die gebruikt worden bij het omgaan met onzekerheden. De stakeholder involvement (betrokken belanghebbende) methode maakt gebruik van de kennis van de belanghebbenden. Deze methode houdt in dat de belanghebbenden:

- Meedenken met de probleemdefinitie;
- Praktijk kennis en observaties delen;
- Nieuwe opties creëren;
- De kwaliteit van gezamenlijk geproduceerde kennis controleren.

Om te weten of onzekerheden relevant zijn en prioriteit hebben kunnen deze ingeschat worden. Voor dit onderzoek is de *uncertainty matrix* van toepassing (onzekerheidsmatrix, voorgesteld door Refsgaard et al., 2007). In de onzekerheidsmatrix kunnen de belanghebbenden inschatten wat de invloed en de variabiliteit van een onzekerheid is. De combinatie van de invloed en de variabiliteit geeft de prioriteit weer.

Op het classificeren van onzekerheden wordt in de paragraaf 4.3 uitgebreid ingegaan. Elke onzekerheid wordt in een klasse ondergebracht. Er zijn classificeringen gebaseerd op verschillende eigenschappen van de onzekerheden. De manier waarop met de onzekerheden omgegaan moet worden is gebaseerd op de classificering.

Halffman et al. (2008) geven aan dat het van belang is om de onzekerheden vroeg in kaart te brengen en dit gedurende het gehele productieproces vast te houden. Er moet gecommuniceerd worden over de verschillende onzekerheden en over de methode die gebruikt wordt om met de onzekerheden om te gaan.

Rol in afweging, niet alleen wegen onzekerheden mee in een afweging, ook de manier waarop het besluit genomen wordt is afhankelijk van onzekerheden. Het niveau van de onzekerheden geeft bepaalde afwegingsmethoden die toegepast kunnen worden.

Voor de identificatie en de inschatting van relevantie en prioriteit is al een methode benoemd, het verbeteren van de communicatie over onzekerheden is geen doel binnen dit onderzoek. Voor de classificatie en de rol in de afweging wordt de gebruikte methode in de volgende paragrafen in verder detail uitgewerkt.

4.3. Classificatie van onzekerheden

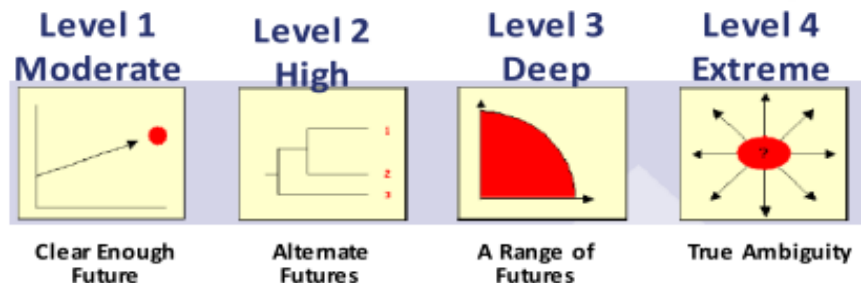
Onzekerheden kunnen worden onderverdeeld naar verschillende eigenschappen. In de literatuur worden drie verschillende eigenschappen regelmatig gebruikt. Walker et al. (2003) vermelden:

- Het niveau van de onzekerheid;
- De herkomstlocatie van de onzekerheid;
- Het type onzekerheid.

De onderverdelingen naar deze drie eigenschappen worden hieronder één voor één uitgewerkt.

4.3.1. Classificatie naar het niveau van de onzekerheden

De indeling van onzekerheden in verschillende niveaus gebeurt in de literatuur overwegend volgens het model van Courtney (1997). Dit model wordt onder anderen gebruikt door Walker et al. (2003), Kraus (2008) en Morselt (2011). In Figuur 19 worden de vier niveaus van onzekerheid weergegeven. Het niveau van onzekerheid wordt bepaald door de mogelijkheid om de uitkomstenruimte te begrenzen.



Figuur 19: Vier niveaus van onzekerheid volgens Courtney 1997 (Morselt 2011).

Het laagste niveau van onzekerheid is niveau één, dit is een voldoende bekende toekomst. Dit betekent niet dat een bepaalde waarde exact voorspeld kan worden, maar er is wel voldoende zekerheid over de waarde om een beslissing op te baseren. De verwachting is dus dat de overgebleven variatie niet relevant meer is.

Niveau twee houdt in dat er meerdere uitsluitende en gezamenlijk alomvattende mogelijkheden zijn. Dit is te vergelijken met een meerkeuzevraag; er zijn maar enkele mogelijke scenario's waarvan er één waar moet zijn. Politieke besluiten nemen vaak de vorm van een niveau twee onzekerheid aan (Courtney 2001).

Onzekerheid van niveau drie houdt in dat er wel een bandbreedte is vast te stellen maar dat elk mogelijk punt binnen de bandbreedte mogelijk is. Bij niveau vier is er geen bandbreedte meer vast te stellen, de mogelijkheden zijn grenzenloos.

In principe is het niveau van onzekerheid volgens Courtney (2001) een continue schaal van totale zekerheid tot totale onzekerheid. Hierdoor kunnen de onzekerheden soms lastig te classificeren zijn. Als er bij een bepaald probleem meerdere onzekerheden zijn bepaalt de samenhang van de onzekerheden het niveau van het probleem (Courtney, 2001). Ook is het niveau van de onzekerheid gevoelig voor de tijd, naarmate er meer informatie beschikbaar komt neemt het niveau van onzekerheid af. Het niveau van onzekerheid is specifiek per afweging, er is bijvoorbeeld geen algemeen niveau voor een bepaalde industrie of sector.

4.3.2. Classificatie naar de herkomstlocatie van onzekerheden

Een tweede onderscheid dat in de literatuur gemaakt wordt is de herkomst van de onzekerheid. In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van verschillende indelingen naar herkomstlocatie.

Tabel 2: Onderscheid naar herkomstlocatie van de onzekerheden

Brugnach et al. (2008)	Walker et al. (2003)	Malik et al. (2010)
Natuurlijk systeem	Context	Politiek
Technisch systeem	Model	Techniek
Sociaal systeem	Input	Adaptatie
	Parameters	Model
		Parameter

Een voor de hand liggende verklaring voor de grote verschillen tussen deze verdelingen is het onderwerp van de verschillende artikelen. De onderverdeling volgens Brugnach et al. (2008) is gericht op het management van natuurlijke hulpbronnen. Walker et al. (2003) beschrijven onzekerheid bij beslissingen gebaseerd op modellen. De onderverdeling zoals voorgesteld door Malik et al. (2010) is gericht op klimaatverandering. Voor het onderverdelen van de onzekerheid naar herkomstlocatie is dus geen vaste verdeling.

Geen van de auteurs geven een manier van omgaan met onzekerheden op basis van de locatie. Toch is in dit onderzoek wel een indeling naar locatie gebruikt, namelijk om de verschillende onzekerheden te structureren. Een nieuwe indeling is gebruikt maar ook de indeling van Brugnach et al. (2008). Daarmee is aangesloten op de indeling naar verschillende typen onzekerheid.

4.3.3. Classificatie in typen onzekerheid

De derde mogelijkheid is een onderscheid naar het type onzekerheid. Het aantal typen onzekerheden wisselt in deze publicaties tussen twee en drie. De typen onzekerheden worden in de artikelen anders maar vergelijkbaar geformuleerd. In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de verschillende auteurs en het onderscheid dat ze gemaakt hebben tussen typen onzekerheden.

Tabel 3: Onderscheid naar type onzekerheid

Klinke & Renn (2002)	Walker et al. (2003)	van Asselt en Rotmans (2002)	Brugnach et al. (2008)	Milliken (1987)
Complexiteit	Gebrek aan kennis	Gebrek aan kennis	Gebrek aan kennis	Geen informatie causale relatie
Onzekerheid	Stochastisch onzekerheid	Variabiliteit	Onvoorspelbaarheid	Geen kansverdeling
Ambigüiteit			Verschillende achtergronden	Onvoorspelbaarheid beslissingen

Hoewel de exacte terminologie niet gelijk is, is er wel een overlap tussen de auteurs. De verschillen zijn ook nog beperkter door de exacte uitwerking van de begrippen. Van Asselt en Rotmans beschreven bijvoorbeeld in 2002 een specificatie van gebrek aan kennis en variabiliteit. Onder variabiliteit valt dan onder andere: ‘verschillende waarde oordelen’. Brugnach et al. (2008) geven een aparte categorie verschillende achtergronden. Ondanks het verschil in classificatie worden dus toch dezelfde onderdelen meegenomen.

Naast dat op grote lijnen hetzelfde onderscheid gebruikt wordt zijn de verschillen dus nog beperkter door de uitwerking van de begrippen. Het onderscheid van Brugnach et al. is aangehouden omdat zij van deze auteurs het meest uitgebreide overzicht van mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan geven.

4.4. Omgaan met klassen onzekerheden

Nu de klassen bekend zijn waarin de onzekerheden ondergebracht kunnen worden volgt de vraag hoe er met onzekerheden omgegaan moet worden. De manier van omgaan met onzekerheden is gebaseerd op de classificering op:

- Het niveau van de onzekerheid volgens Courtney (1997);
- Het type onzekerheid volgens Brugnach et al. (2008).

Er is geen vaste verdeling voor de classificatie naar herkomstlocatie en daaruit volgt ook geen methode om met onzekerheden om te gaan. De classificatie in type en niveau geven beiden wel mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan.

4.4.1. Omgaan op basis van niveau van onzekerheid

De eerste methode (Courtney, 1997) is gericht het niveau van de overgebleven onzekerheden als er zoveel mogelijk onzekerheid weggenomen is. Naast dat de onzekerheden gekarakteriseerd worden is het dus van belang om zoveel mogelijk onzekerheden weg te nemen. Met de overgebleven onzekerheden kan dan omgegaan worden zoals het niveau van de onzekerheid het voorschrijft. Afhankelijk van het niveau van onzekerheid zijn er in de methode van Courtney vier keuzes die gemaakt moeten worden:

1. Reageer of vorm;
2. Nu of later;
3. Focus of differentieer;
4. Toe te passen beslismethode.

Reageren of vormen

De eerste keuze is tussen reageren of vormen. Op sommige onzekerheden heeft een partij zelf invloed. Als dit zo is kan er voor gekozen worden om niet af te wachten maar actief de externe factoren te wijzigen. Vormen heeft alleen zin als het mogelijk is om de belangrijke elementen in het systeem actief te beïnvloeden. De mogelijkheden om te vormen en reageren zijn in Tabel 4 weergegeven.

Tabel 4: Vormen of reageren

Vormen	Reageren
Andere partijen beïnvloeden	Flexibiliteit behouden
Het systeem kopiëren (gericht op nieuwe systemen)	Continu experimenteren
Een standaard vaststellen	Anderen volgen
Innovatie	Hedging (Investeren in zaken met tegengestelde effecten)
Herstructureren van het systeem	

Per niveau heeft een andere strategie de voorkeur. Gebruikelijk voor niveau één is een adaptieve strategie. Behalve als er een groot voordeel te behalen is door het systeem te vormen, dan komt incidenteel nog wel een vormende strategie voor. Bij niveau twee kan één van de scenario's bereikt worden door te vormen, maar een adaptieve strategie is ook uit te voeren. In niveau drie kan er door te vormen richting gegeven worden aan mogelijke toekomst. Adaptief werken is ook mogelijk, alleen niet door hedging aangezien er te veel mogelijkheden zijn. Bij niveau vier is vormen alleen maar mogelijk in combinatie met direct groot inzetten en vormen. Reageren in niveau vier kan door flexibiliteit te behouden.

Nu of later investeren

De tweede keuze is om nu of later te investeren. Er dus is een keuze om een ingreep nu te doen of langer te wachten. Bij niveau één beslissingen kan er altijd direct geïnvesteerd worden. Er is immers geen voordeel te behalen door het uitstellen van een beslissing als deze voldoende zeker is. Bij niveaus twee tot vier zijn er verschillende mogelijkheden afhankelijk van de onzekerheid, het risico dat er ondertussen iets gebeurt en de omkeerbaarheid van investeringen. Zogenaamde 'no-regret' opties zouden onmiddellijk uitgevoerd moeten worden. Verder kunnen besluiten uitgesteld worden, getrapt ingevoerd of flexibel ingevoerd worden zodat er opties ontstaan.

Er zijn verschillende opties te verkrijgen. Financiële opties zijn gericht op het verkrijgen van een scheve kansverdeling. De opbrengsten van positieve scenario's moeten groter zijn dan de kosten van negatieve scenario's, over het bereik van een groot aantal scenario's. Een ander type optie is groei-opties, deze zijn gericht op het mogelijk maken van herinvesteren. Lerende opties zorgen dat het mogelijk is om te investeren, door betrokken te blijven bij de ontwikkelingen kunnen deze snel geïmplementeerd worden. Verzekerende opties zorgen dat het mogelijk blijft om diverse kanten op te gaan.

Opties hebben als kenmerk dat de kosten een fractie zijn van de kosten als er daadwerkelijk voor die richting gekozen wordt. De opties moeten ook een voordeel bieden ten opzichte van geen opties hebben en de opties moeten flexibel zijn. Er mag dus geen verplichting zijn om een optie ook door te zetten.

Een andere mogelijkheid is groot inzetten, als er potentieel een groot voordeel is kan er groot ingezet worden om dit voordeel te behalen. De keuze tussen een optie of groot inzetten wordt beïnvloed door drie parameters: een optie is voordeliger bij hoge onzekerheid, als hij langer duurt en de kosten en baten van de optie moeten gunstig zijn.

Er is geen duidelijk verband tussen niveau twee tot vier en de keuze voor opties of groot inzetten. Naast de keuze of er nu of later geïnvesteerd wordt, is er ook de keuze of er op één of op meerdere mogelijkheden ingezet wordt.

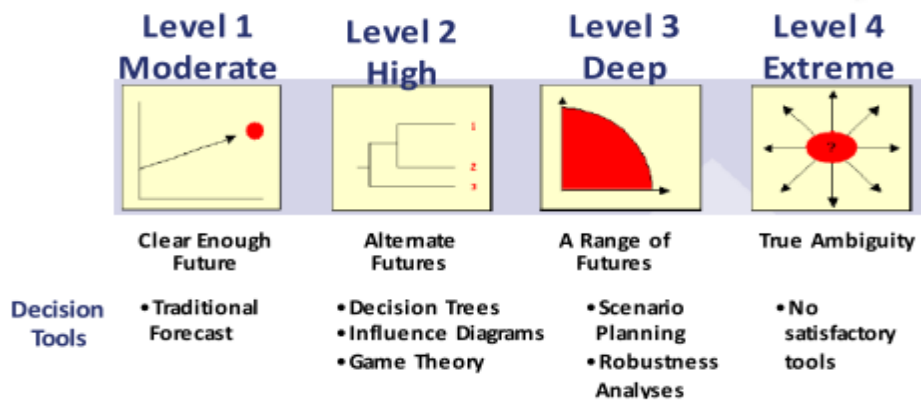
Focus of gespreid inzetten

De derde keuze is tussen gefocust of gespreid inzetten. Er is een keuze om alles in te zetten op één maatregel of om te spreiden en erop te vertrouwen dat één van de maatregelen werkt. Er is een correlatie tussen gefocust inzetten, de omgeving vormen en nu groots investeren (big bet). Net zoals er een correlatie is tussen gespreid inzetten, opties open houden en reageren. Deze correlatie is niet perfect en wordt beïnvloed door het niveau van de onzekerheid. Niveau één is voldoende zeker en daarom per definitie zonder risico. Een robuuste portfolio van strategieën creëren is verspilling, daarom zal er gekozen worden voor een gefocuste strategie.

Bij niveau twee kan het meestal niet uit om een diversificatie strategie te hanteren. Als er maar drie mogelijkheden zijn kan er naar één toegestuurd worden terwijl de andere twee worden gedekt via hedging en verzekeren. Ook kunnen er oplossingen gekozen worden die in alle scenario's goed uitpakken zogenaamde no-regret opties. Een complicerende factor is dat er wel gefocust moet worden als er geprobeerd wordt de omgeving te vormen omdat deze poging anders ongeloofwaardig wordt.

In niveau drie onzekerheid werkt hedging niet meer, er moeten dan dusdanig veel scenario's afgedekt worden dat de kosten te ver oplopen. Diversificatie en verzekeren zijn wel mogelijk als gespreide strategieën.

Bij niveau vier kunnen de kosten en kansen niet van tevoren ingeschat worden. Een gefocuste strategie is risicovol maar kan gunstig zijn als je de omgeving kan vormen, als je de investering omkeerbaar kan maken of als het mogelijk is om je te verzekeren. Diversificatie is ook een methode om te gaan met onzekerheid van niveau vier. Er is alleen geen zekerheid of de opties ook de mogelijke uitkomstenruimte afdekken.



Figuur 20: Niveaus van onzekerheid met bijbehorende methoden volgens Courtney 1997 (Morselt, 2011)

Beslismethode

De laatste keuze die gemaakt moet worden is de beslismethode. Afhankelijk van het niveau van onzekerheid kan er een andere beslismethode toegepast worden. In Figuur 20 worden nogmaals de vier verschillende niveaus weergegeven, maar nu met de bijbehorende methode om tot een besluit te komen. Onzekerheden van niveau één kunnen met behulp van kansverdelingen voldoende worden ingeschat om een beslissing op te baseren met traditionele methoden, bijvoorbeeld netto contante waarde. Voor niveau twee worden beslisbomen, invloediagrammen en speltheorie gebruikt. Bij niveau drie worden scenario planning en robuustheidsanalyse toegepast. Er zijn twee verschillen met niveau twee: aan de scenario's kunnen geen kansen worden toegekent en de scenario's bevatten niet alle mogelijke oplossingen. Bij niveau vier kan er alleen teruggedeneerd worden wat er moet gebeuren voordat een optiewaarde gebruikt wordt.

4.4.2. Omgaan op basis van type onzekerheden

Het tweede onderscheid wat tussen onzekerheden gemaakt kan worden is het type. Van de verschillende auteurs geven Brugnach et al. (2008) het meest uitgebreide overzicht van de mogelijkheden om met verschillende typen onzekerheden om te gaan. Eerst wordt de onderverdeling tussen onvoorspelbaarheid, gebrek aan kennis en verschillende achtergronden beschreven, daarna de mogelijkheden om met de typen om te gaan.

Dankzij verschillende oorzaken kunnen onzekerheden onvoorspelbaar zijn. Ze kunnen bijvoorbeeld variabel in tijd en ruimte zijn of afhankelijk van initiële waarden. Ook kunnen onzekerheden continu veranderen door externe factoren. Dit zorgt ervoor dat een onvoorspelbaarheid niet in de voorziebare toekomst weggenomen kan worden door onderzoek.

Gebrek aan kennis kan in tegenstelling tot onvoorspelbaarheid wel door onderzoek weggenomen worden. Gebrek aan kennis kan bijvoorbeeld bestaan uit ontbrekende informatie, onbetrouwbare informatie of een gebrek aan begrip. Meer onderzoek kan leiden tot minder onzekerheid, maar ook tot verrassende resultaten die nieuwe onzekerheden met zich mee brengen.

Door verschillende achtergronden kunnen er verschillende opvattingen zijn over hoe een systeem werkt. Deze opvattingen kunnen conflicterend zijn maar toch legitiem vanuit verschillende invalshoeken. Dit kan bijvoorbeeld komen door verschillende systeemgrenzen, inschattingen van de belangrijkste aandachtspunten of interpretatieverschillen van informatie. In Tabel 5 is een overzicht gegeven van de mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan.

Tabel 5: Overzicht van de mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan volgens Brugnach et al. (2008)

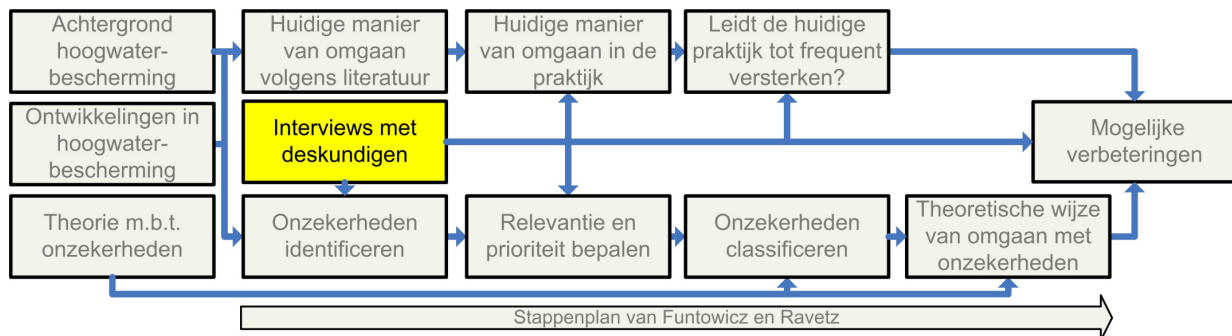
Onvoorspelbaarheid	Gebrek aan kennis	Verskillende achtergronden
Diversificatie: gespreid inzetten om het risico te verminderen.	Het schatten van intervallen	Overtuigen
Gebruik meerdere scenario's en zoek oplossingen die in alle scenario's werken.	Meer data verzamelen en onderzoek doen.	Dialogoogleren
Verminder de gevolgen of pas je aan een onvoorspelbare situatie aan door met de consequenties om te gaan i.p.v. het probleem zelf.	Onzekerheidsanalyse in modellen toepassen	Onderhandelen
Gebruik van meerdere strategieën om negatieve effecten en kettingen van consequenties te voorkomen.	Modelsimulaties draaien om de consequenties van het kennisgebrek te ervaren.	Conflict koud oplossen. Door om elkaar heen te werken.
Gebruik robuuste oplossingen en verminder de schade.	Meningen van experts raadplegen.	Conflict heet oplossen. Door een fel debat iemands visie opleggen.
Gebruik van tijdelijke adaptatie strategieën uitvoerbaar binnen de tijdschaal van een gebeurtenis.		
Improviseren. Bedacht binnen de tijdschaal van de gebeurtenis		

4.5. Samenvatting

Samengevat zijn er een aantal stappen die uitgevoerd dienen te worden bij het omgaan met onzekerheden: relevante onzekerheden in kaart brengen, prioriteren, classificeren, communiceren en meenemen in de afweging. Voor het classificeren kan een onderscheid naar type en niveau mogelijkheden geven om met onzekerheden om te gaan. Door Brugnach et al. is een classificering gegeven naar gebrek aan kennis, onvoorspelbaarheid en verschillende achtergronden. Door Courtney is er verdeling voorgesteld in vier niveaus, gebaseerd op de mogelijke uitkomsten. Op basis van deze klassen zijn er andere manieren om met onzekerheid om te gaan benoemd. In het volgende hoofdstuk zal aangegeven worden hoe deze methoden binnen dit onderzoek zijn toegepast.

5. Interviewopzet

Om de theoretische modellen toe te passen moest er kennis van deskundigen verworven worden. In dit onderzoek zijn er daarom naast de al beschreven literatuurstudies ook interviews uitgevoerd.



Figuur 21: Onderzoeksmodel, de interviews geven informatie voor vijf deelvragen

In dit hoofdstuk wordt de toegepaste methode en de reden waarom deze gekozen is uiteengezet. Daarvoor zijn eerst de onderzoeksvragen uitgesplitst in deelvragen. Daarna is aangegeven welke informatie vanuit de literatuur verkregen is en welke via interviews verkregen moest worden. In de paragrafen daarna wordt aangegeven hoe de interviews zijn opgezet en hoe de antwoorden op de interviewvragen omgevormd zijn tot resultaten.

5.1. Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek is onderverdeeld in drie centrale vragen, die elk aan de hand van meerdere deelvragen beantwoord zijn. Deze centrale vragen en deelvragen worden hieronder beschreven.

Het eerste deel van het onderzoek had betrekking op de huidige manier van omgaan met onzekerheden. Het omgaan met onzekerheden is beschreven in literatuur, maar de beheerder of ontwerper kan in de praktijk ook andere technieken toepassen. Daarnaast was het de vraag of de huidige manier van omgaan met onzekerheden structureel tot frequente versterkingen zal leiden. Dit heeft tot de eerste centrale vraag met de bijbehorende drie deelvragen geleid.

Centrale vraag A: Vormt de huidige manier van omgaan met onzekerheden bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen aanleiding om hierin aanpassingen aan te brengen?

1. Op wat voor manier worden onzekerheden in het ontwerp meegenomen volgens de literatuur?
2. Op wat voor manier worden onzekerheden in het ontwerp meegenomen in de praktijk?
3. In hoeverre zal de huidige werkwijze van het ontwerpen structureel leiden tot onwenselijke frequente versterkingen?

Het tweede deel van het onderzoek was het vaststellen van een manier van omgaan met onzekerheden door het toepassen van de theoretische modellen. Hierin zijn het stappenplan van Funtowicz en Ravetz (1993) en de classificaties van Brugnach et al. (2008) en Courtney (1997) toegepast. Het optimaliseren van de communicatie over onzekerheden was geen doel binnen dit onderzoek. Deze stapsgewijze manier van omgaan met onzekerheden is vormgegeven in de tweede centrale vraag en de bijbehorende deelvragen.

Centrale vraag B: Hoe zou het omgaan met onzekerheden vormgegeven kunnen worden als de theoretische inzichten vanuit de literatuur worden toegepast met behulp van interviews met deskundigen?

4. Welke onzekerheden kunnen van invloed zijn op de levensduur van dijk?
5. Welke onzekerheden die in kaart zijn gebracht zijn relevant en welke hebben de meeste prioriteit?
6. Hoe kunnen de onzekerheden die in kaart zijn gebracht geclassificeerd worden?
7. Welke manier van omgaan met onzekerheden komt voort uit de geclassificeerde onzekerheden?

Het derde en laatste deel van het onderzoek was het vertalen van de resultaten van vraag A en B naar mogelijke maatregelen. Hierbij was ook ingezet op een tweede spoor: wat zien de deskundigen zelf als mogelijkheden om beter met onzekerheden om te gaan. Dit is samengevat in de derde centrale vraag en de bijbehorende deelvragen:

Centrale vraag C: Welke aanpassingen kunnen er gemaakt worden om beter met onzekerheden om te gaan?

8. Wat zijn de mogelijkheden die volgen uit het verschil tussen theorie en praktijk?
9. Wat zijn de mogelijkheden om beter met onzekerheden om te gaan volgens de deskundigen?

5.2. Benodigde kennis

Om deze deelvragen te kunnen beantwoorden moest er kennis verzameld worden. Deze kennis is deels afkomstig uit de literatuur en deels gebaseerd op de ervaring van deskundigen.

Om centrale vraag A te kunnen beantwoorden zijn eerst (A1) de leidraden en technische rapporten bestudeerd (de uitgangspunten voor een ontwerp). In de interviews zijn vervolgens afwijkingen van deze leidraden besproken (A2). Daarnaast is (A3) in de interviews gevraagd naar de herkenning en verwachting van frequent versterken.

Om centrale vraag B te kunnen beantwoorden zijn nieuwe ontwikkelingen benoemd, de technische rapporten en leidraden geven aan welke onzekerheden er zijn en de veranderingen die in het verleden tot eerder afkeuren hebben geleid kunnen opnieuw voorkomen. Dit is aangevuld met onzekerheden die de deskundigen noemden bij verschillende onderdelen in het interview (B4). De relevantie en prioriteit (B5) van onzekerheden zijn via verschillende methoden (gesloten vragen, open vragen, top 3) in de interviews vastgesteld. De classificatie (B6) is gebaseerd op het overzicht van onzekerheden met prioriteit en het theoretische kader dat beschreven is in het vorige hoofdstuk (Brugnach et al., 2008 en Courtney, 1997). Daar zijn ook de mogelijkheden (B7) om met onzekerheden om te gaan op gebaseerd.

Centrale vraag C is beantwoord door de huidige praktijk te vergelijken met de manier van omgaan met onzekerheden zoals deze uit deelvraag B7 komt (C8). Daarnaast geven ook de deskundigen in interviews mogelijke verbeteringen (C9). De benodigde informatie voor het beantwoorden van de deelvragen komt dus van verschillende bronnen: interviews en literatuur, dit is in Tabel 6 weergegeven.

Tabel 6: Overzicht van de herkomst van informatie voor het beantwoorden van de deelvragen

	Deelvraag	Gesloten vragen	Open vragen	Literatuur	Andere deelvraag
A1	Manier van omgaan: theorie			Technische rapporten en leidraden	
A2	Manier van omgaan: praktijk	9-15, 18		Funtowicz en Ravetz	
A3	Structureel probleem	3-8, 16,17	II-1,2		
B4	Identificeren		II3, III, IV1	Technische rapporten en leidraden	
B5	Relevantie / Prioriteren	19-36	IV2,3		
B6	Classificeren			Courtney en Brugnach et al.	B6
B7	Meenemen in afweging			Courtney en Brugnach et al.	B7
C8	Vergelijking theorie en praktijk				A1, A2 en B8
C9	Mogelijkheden volgens deskundigen		V		
	Achtergrond respondenten	1, 2, 37-39	I		

5.3. Gebruikte interviewstrategie

Een deel van de benodigde informatie is dus verworven met behulp van interviews. Er is gekozen voor een gesplitst semigestructureerd interview. Dit type interview kent een gesloten en een open deel, waarbij van het gesloten deel de vragen vooraf vast liggen. In dit geval is dit deel zelfs van te voren door de respondent ingevuld. Er is gekozen voor deze opzet omdat er een breed scala aan onderwerpen ter sprake moest komen met een risico op interpretatieverschillen. Dankzij deze methode waren de resultaten goed vergelijkbaar (standaard vragenlijst) en was het toch mogelijk voor de respondenten om een toelichting te geven. In deze paragraaf is de onderbouwing van de vragen, de keuze van de respondenten en vertaling van de antwoorden naar resultaten beschreven.

5.3.1. Vragen

Het gesplitst semigestructureerd interview kent open en gesloten vragen. De vragen zijn gebaseerd op twee methoden: de *uncertainty matrix* en de *stakeholder involvement* methode (Refsgaard et al. 2007). De volledige vragenlijsten zijn weergegeven in bijlage 1 en 2.

In de *uncertainty matrix* worden vragen gesteld naar zowel de invloed als de variabiliteit van elke onzekerheid. Om het aantal vragen beperkt te houden is er voor een variant op deze methode gekozen. In deze variant wordt de relevantie van verschillende onzekerheden bepaald voor de negen categorieën van Brugnach et al. (2008) in plaats van de individuele onzekerheden. Twee andere varianten zijn gebruikt om met een acceptabel aantal vragen de prioriteit te achterhalen. Eerst door per categorie de belangrijkste onzekerheid aan te geven. Daarna door gebruik te maken van een top drie van onzekerheden met de grootste invloed.

De tweede methode die gebruikt is om de vragenlijst vorm te geven is *stakeholder involvement*. Dit betekent dat er gevraagd is om mee te denken met de probleemdefinitie, praktijk kennis en observaties te delen en nieuwe opties te bezien. Het meedenken met de probleemdefinitie is vormgegeven in gesloten en open vragen, de andere onderdelen alleen met open vragen.

Een moeilijkheid van vragenlijsten is dat vragen op verschillende manieren geïnterpreteerd kunnen worden. Dit is ondervangen door een lijst met definities toe te voegen, meerdere vragen

per onderzoeksonderwerp te gebruiken en het was mogelijk om een toelichting te geven op de gesloten vragen tijdens het interview.

5.3.2. Respondenten

Er zijn voor dit onderzoek verschillende partijen geïnterviewd. Daarbij is er onderscheid gemaakt tussen beheerders (waterschappen), ingenieursbureaus, onderzoeksbureaus (Deltares en STOWA) en vertegenwoordiging van het Rijk (DG Ruimte en Water en de Waterdienst). Om een goede ingang bij deze partijen te vinden is het netwerk van Witteveen+Bos gebruikt. Afhankelijk van de beoogde groep respondenten is een andere strategie gebruikt.

Tabel 7: Aantal respondenten voor de semigestructureerde interviews

	Beheerder	Rijk	Ingenieursbureau	Onderzoeksbureau
Aantal respondenten	7	2	4	3

Betreffende de ingenieursbureaus is het netwerk van Witteveen+Bos gebruikt: zij konden aangeven welke bureaus werkzaam waren op dit gebied en wie er op deze afdelingen werkte. Deze vorm van de steekproef selecteren; judgemental sampling, past bij een kwalitatief onderzoek.

De waterschappen zijn benaderd met behulp van een geactualiseerde lijst uit het draaiboek toetsen (ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007b). De selectie van waterschappen is gebaseerd op een goede geografische spreiding. In Figuur 22 zijn de beheerders aangegeven die geïnterviewd zijn.

Om de juiste personen binnen Rijkswaterstaat, onderzoeksbureaus en DG Ruimte en Water te vinden is voornamelijk gebruik gemaakt van persoonlijke referenties. Deze methode wordt ook wel snowball sampling genoemd. Er is gekozen voor deze aanpak omdat er bij deze organisaties ook veel mensen werkzaam zijn die niet betrokken zijn bij dijkversterkingen.



Figuur 22: Geïnterviewde beheerders zijn aangegeven met een groen vierkant, ook de 2 beheerders uit open interviews zijn weergegeven (bewerking op Letsch, 2012).

5.3.3. Vertaling naar resultaten

In voorgaande paragrafen is aangegeven welke deelvragen er met behulp van interviews beantwoord moesten worden. De laatste stap was deze informatie vertalen naar resultaten. Bij de open vragen was het deels mogelijk om grafieken te maken met veel voorkomende antwoorden. Bij vragen met een hoge variatie in de antwoorden is er een samenvatting gemaakt. Bij de gesloten vragen zijn er meerdere vragen in combinatie met een statistische analyse gebruikt.

Bij de gesloten vragen is er een risico op interpretatieverschillen. Om te voorkomen dat dit de onderzoeksresultaten beïnvloedt zijn meerdere vergelijkbare vragen gesteld. Daarbij kan de Spearman-Brown indicator gebruikt worden om te kijken of de vragen voldoende hetzelfde meten.

$$\alpha = \frac{k\bar{r}}{1 + (k-1)\bar{r}}$$

Formule 1: De Spearman-Brown coëfficiënt (α), k is het aantal vragen, r is gemiddelde correlatie tussen de vragen. (Lopez, 2007)

De Spearman-Brown coëfficiënt is gevoelig voor het aantal vragen dat is gesteld. Meer vragen met een gelijke correlatie levert een hogere waarde voor de betrouwbaarheid. Om de vragenlijst niet te lang te laten worden is het onderzoek beperkt gehouden tot twee of drie vragen per te onderzoeken onderwerp. Dit heeft ook invloed op de betrouwbaarheidsgrens. Field (2005) geeft aan bij sets van minder dan 10 vragen een lage ondergrens aangehouden mag worden. Bij minder dan 10 vragen is de ondergrens 0,5 in plaats van de gebruikelijke 0,7.

Ook met gebruik van de Spearman-Brown indicator met de lage ondergrens kunnen vragen onvoldoende overeen komen. In het geval dat er drie vragen gesteld zijn kon er geprobeerd worden dit terug te brengen naar twee. In de gevallen waar er maar twee vragen gesteld waren moest er een beargumenteerde keuze gemaakt worden waarom één van de vragen het antwoord beter benaderde, hierbij zijn de toelichtingen van de respondenten gebruikt.

5.4. Samenvatting

Om de centrale vragen te beantwoorden zijn in totaal tien deelvragen gedefinieerd. In deze deelvragen wordt onder andere met behulp van het stappenplan een theoretische manier van omgaan met onzekerheden bepaald. Om de huidige manier van omgaan met onzekerheden in de praktijk te achterhalen, ideeën van deskundigen te verzamelen en om de manier van omgaan met onzekerheden volgens de literatuur in te kunnen vullen zijn interviews uitgevoerd.

Deze gesplitste semigestructureerde interviews maken gebruik van varianten op de methoden *uncertainty matrix* en *stakeholder involvement* en zijn uitgevoerd bij beheerders, ingenieursbureaus, onderzoeksbureaus en vertegenwoordigers van het Rijk. Vanwege interpretatieverschillen zijn er meerdere vragen gesteld, de Spearman-Brown indicator gaf aan of deze vragen voldoende hetzelfde meten.

In het volgende hoofdstukken zullen de resultaten van deze onderzoeksmethode weergegeven worden.

Resultaten

Hoofdstuk 5:

Centrale vraag A: Vormt de huidige manier van omgaan met onzekerheden bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen aanleiding om hierin aanpassingen aan te brengen?

Hoofdstuk 6:

Centrale vraag B: Hoe zou het omgaan met onzekerheden vormgegeven kunnen worden als de theoretische inzichten vanuit de literatuur worden toegepast met behulp van interviews met deskundigen?

Hoofdstuk 7:

Centrale vraag C: Welke aanpassingen kunnen er gemaakt worden om beter met onzekerheden om te gaan?

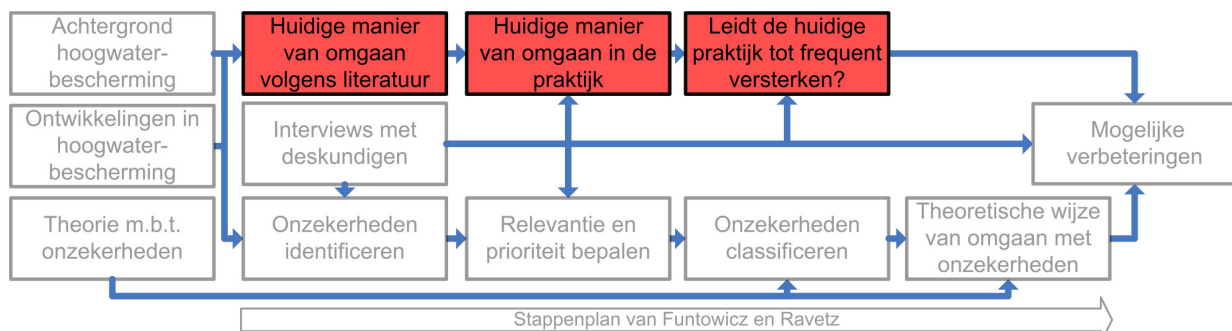


Figuur 23: Het hoogwater in de rivieren in 1995 was aanleiding voor een hogere maatgevende afvoer en de daaruit volgende dijkversterkingen (RWS Beeldbank)

6. De huidige praktijk van omgaan met onzekerheden

In dit hoofdstuk wordt de huidige wijze van omgaan met onzekerheden beschreven. Dit is het antwoord op de eerste centrale vraag, de andere twee centrale vragen worden in hoofdstuk 7 en 8 besproken. De beantwoording van deze centrale vraag gebeurt aan de hand van de drie deelvragen (Figuur 24):

1. Op wat voor manier worden de onzekerheden in het ontwerp meegenomen volgens de literatuur?
2. Op wat voor manier worden de onzekerheden in het ontwerp meegenomen in de praktijk?
3. In hoeverre zal de huidige werkwijze van het ontwerpen van versterkingen structureel leiden tot onwenselijke frequente versterkingen?



Figuur 24: Onderzoeksmodel, in dit hoofdstuk wordt de eerste centrale vraag (rood) beantwoord.

6.1. Omgaan met onzekerheden volgens de literatuur

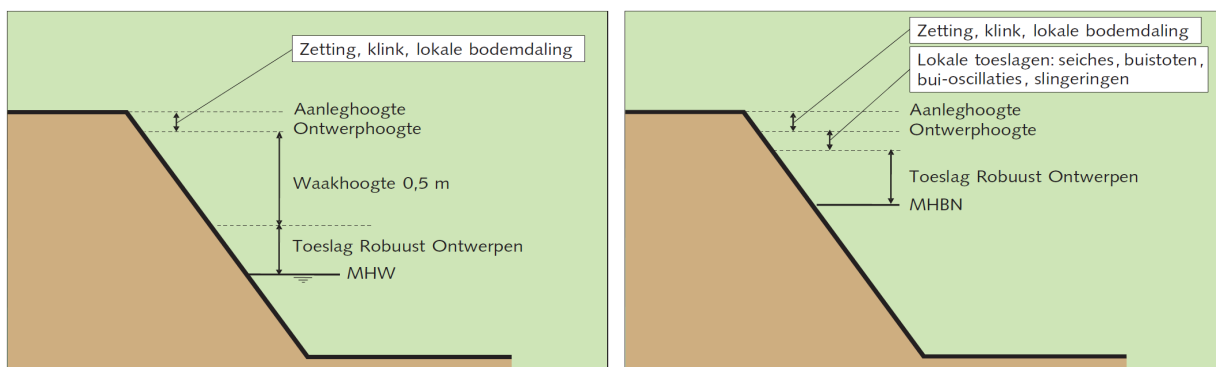
In de leidraden, technische rapporten en subsidiekaders wordt weergegeven hoe een dijk ontworpen behoort te worden (zie 2.2). In deze literatuur staat ook beschreven hoe er met onzekerheden omgegaan dient te worden. Er zijn vijf elementen waar omgaan met onzekerheden in terugkomt: de aanleghoogte, robuust ontwerpen, partiële veiligheidfactoren, planningen en ramingen en de hydraulische randvoorwaarden.

Aanleghoogte

In het ontwerp worden een aantal verwachte ontwikkelingen meegenomen door middel van een hogere aanleghoogte. Bij het bepalen van deze hoogte worden de verwachte zetting, inklinking en bodemdaling direct meegenomen. Vanwege golfoploop wordt er een waakhoogte gebruikt, deze is gelijk aan het maatgevende hydraulische belastingniveau (MHBN) waarbij een ondergrens van 0,5m wordt gebruikt.

a. Minimale aanleghoogte

b. De golfbelasting is bepalend



Figuur 25: Bij een ontwerp kan (a) een waakhoogte toegepast worden als die hoger is dan het (b) maatgevend hydraulische belastingniveau (MHBN) (ENW 2007b).

Buistoten en staande golven (seiches incl. slingeren) worden meegenomen door een toeslag van 10cm op de kruinhoogte te gebruiken (Figuur 25). De waakhogte wordt niet ontworpen om in staat te zijn een hogere maatgevende waterstand te keren (ENW 2007b).

De ontwerpbelastingen (maatgevende hoogwaterstand of het hydraulische belastingniveau) zijn de hydraulische randvoorwaarden die aan het eind van de planperiode zal gelden. Bij het vaststellen van de hydraulische randvoorwaarden wordt rekening gehouden met verschillende ontwikkelingen. De basis voor de hydraulische randvoorwaarden zijn de vastgestelde randvoorwaarden (uit 2006). Bij de berekening van de ontwerpbelastingen gelden er een aantal uitgangspunten (ENW 2007b):

- Klimaatverandering volgens scenario G (KNMI);
- Geen toeslag voor toegenomen wind;
- Tot 2050 geen verhoging van het IJsselmeerpeil dankzij extra spuicapaciteit;
- Geen afvoerverhoging over de Lek;
- Geen verwachte peilstijging in de rivieren dankzij Ruimte voor de Rivier;
- Het polderpeil daalt;
- De rivierbodem verandert niet dankzij baggeren;

In Figuur 25 is ook weergegeven dat er bij het vaststellen van aanleghoogte een toeslag voor robuust ontwerpen toegepast wordt.

Robuust ontwerpen

Robuust ontwerpen bestaat uit drie onderdelen: een toeslag voor onzekerheden, een uitbreidbaar ontwerp en het reserveren van toekomstig ruimtebeslag. Robuust ontwerpen staat beschreven in verschillende addenda:

- Meerdijken: Addendum 1 Leidraad zee en meerdijken (ENW, 2009).
- Rivierdijken: Addendum I Leidraad rivieren (ENW 2008).
- Zeedijken: Robuust ontwerpen voor de kust (ENW 2008b).

De eerste methode voor het omgaan met onzekerheden is het toepassen van een toeslag op de hydraulische randvoorwaarden. In Tabel 8 is weergegeven dat deze toeslag afhankelijk is van het type dijk. Ook de onderbouwing van de toeslag verschilt per type dijk.

- Voor meerdijken zijn de toeslagen gevolg van de korte meetperiode en het gebrek aan kennis van windoverdrachtsfuncties in stormencondities.
- Voor rivierdijken is de toeslag gebaseerd op de spreiding in waterstand (ENW 2007b).
- Voor zeedijken zijn de toeslagen gebaseerd op: klimaatverandering, morfologie, inzichten en statistiek.

Tabel 8 Robuustheidstoelagen voor verschillende typen dijk

Type dijk	MHW	Golfperiode	Golfhoogte
Zee (50 jaar)	+55 cm	+5%	+35cm + lokaal effect
Rivier	+30 cm	n.v.t.	n.v.t.
Markermeer en IJsselmeer	+20 cm	+10%	+10%

Het tweede principe van robuust ontwerpen is het uitbreidbaarheidsprincipe. Een ontwerp dat in een later stadium gemakkelijk uitbreidbaar is heeft de voorkeur boven een alternatief dat minder gemakkelijk uitbreidbaar is. Het uitbreidbaarheidsprincipe is in de afweging tussen de alternatieven één van de argumenten waarop de keuze wordt gemaakt. Het zal per situatie

verschillen in hoeverre het uitbreidbaarheidsprincipe overeind blijft ten opzichte van andere afwegingen (bijvoorbeeld de kosten). Het is daarna ook nog mogelijk om een alternatief makkelijker uitbreidbaar te maken door kleine aanpassingen in het ontwerp. Uitbreidbaarheid zorgt ervoor dat de gevolgen van het opnieuw versterken minder groot zijn. Indien een ontwerp niet uitbreidbaar is geeft de leidraad de aanbeveling om een extremer klimaatscenario te gebruiken.

Het derde onderdeel is het reserveren van toekomstig ruimtebeslag. Hierbij wordt uitgegaan van een langere planperiode (100 jaar) en een warmer klimaatscenario. Naast de toeslag voor een robuust ontwerp worden nog meer toeslagen gebruikt, bijvoorbeeld partiële veiligheidsfactoren.

Partiële veiligheidsfactoren.

In de berekening van de sterkte van de dijk worden veiligheidsfactoren gebruikt. Deze factoren bestaan uit een schematiseringsfactor, modelfactor, materiaalfactor en schadefactor. Deze factoren komen ook terug in het VTV uit 2006. Omdat dezelfde factoren in de toetsing en het ontwerp worden toegepast leveren deze factoren geen robuustheid in de levensduur. Alleen de schematiseringsfactor is nog niet in het VTV uit 2006 weergegeven, waarschijnlijk omdat deze sinds 2007 in de leidraden is ingevoerd. Als ook de schematiseringsfactor in het nieuwe VTV ingevoerd wordt komen alle factoren weer in het ontwerp en in de toetsing voor. De partiële veiligheidsfactoren geven daardoor dus meer veiligheid, maar geen robuustheid. Naast het ontwerp wordt het omgaan met onzekerheden ook genoemd in de planning en raming.

Planningen en ramingen

Projecten Planningen Infrastructuur (PPI) en Standaard Systematiek Kostenraming (SSK) zijn methoden die toegepast worden bij het ontwerpen van een dijkversterking. Deze methoden komen niet terug in de leidraden maar zijn dankzij Rijkswaterstaat ingevoerd als professionalisering. PPI planning houdt in dat voor grote projecten er een Monte Carlo analyse met de onzekerheden, risico's en marges gebruikt wordt om de haalbaarheid van de planning te toetsen (Programmabureau HWBP, 2008). In een SSK raming worden onzekerheden, risico's en marges probabilistisch in de raming opgenomen (Rijkswaterstaat, 2009). De PPI planning en SSK raming zijn beperkt tot de uitvoeringsfase van een dijkversterking. Er zijn onzekerheden die invloed hebben op zowel de levensduur als op de uitvoering. Het gebruik van deze methoden leidt tot een andere uitvoeringsmethode, raming of planning maar niet tot een ander ontwerp. Dit is dan ook geen methode om met onzekerheid in de levensduur om te gaan.

Hydraulische randvoorwaarden

De basis voor de ontwerpbelastingen zijn de huidige vastgestelde hydraulische randvoorwaarden (HR 2006). Ook bij het vaststellen van de hydraulische randvoorwaarden werd rekening gehouden met onzekerheden (ENW, 2007b). Er werd voor 1992 nog rekening gehouden met:

- Zijdelingse toestroming;
- Stromingsweerstand;
- Onzekerheid in afvoerverdeling door morfologische processen rond splitsingpunten;
- Onzekere topvervlakking;
- Het mogelijk maken van bouw in uiterwaarden.

In 1992 werden de waterstanden gepubliceerd die horen bij de maatgevende afvoer van 15.000 m³/s. Onzekerheden werden toen niet meer in beeld gebracht. Wel werd enige reserve in de maatgevende waterstanden aangehouden voor natuurontwikkeling in de uiterwaarden. Vanaf

dat moment is bij de vaststelling van de hydraulische randvoorwaarden geen rekening meer gehouden met onzekerheden en wordt verondersteld dat de waakhoopte voldoende is om de onzekerheden op te vangen.

Silva (2001) verklaart:

“Opmerkelijk is echter dat naarmate het technisch-wetenschappelijk inzicht in de (gevolgen van de) verschillende onzekerheidsbronnen toenam, de doorvertaling hiervan naar de maatgevende waterstanden steeds meer achterwege bleef. De weerstand in de Nederlandse samenleving en politieke druk tegen dijkversterking waren hier debet aan.”

De veronderstelling dat de waakhoopte onzekerheden kan opvangen i.p.v. deze als opslag in de maatgevende waterstand mee te nemen is geen afname van robuustheid. Als de werkwijze die gebruikt wordt voor de toetsing en het ontwerp van een dijk gelijk is, geeft dit geen marge voor onzekerheden. Het gebrek aan toeslagen in de hydraulische randvoorwaarden zorgt voor minder veiligheid maar niet minder robuustheid.

Samengevat geven partiële veiligheidsfactoren, planning en ramingsmethoden en de hydraulische randvoorwaarden dus geen robuustheid ten behoeve van de levensduur. Het omgaan met onzekerheden in de levensduur bestaat dan ook uit drie onderdelen:

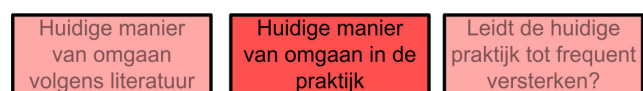
1. Het meenemen van verwachte ontwikkelingen (incl. een klimaatscenario) bij het vaststellen van de aanleghoogte;
2. Het gebruik van robuustheidstoelagen;
3. Het gemakkelijker realiseren van de volgende versterking dankzij uitbreidbaarheid en het reserveren van toekomstig ruimtebeslag.

Deze manier van omgaan met onzekerheden komt voort uit de literatuur: technische rapporten, leidraden en subsidiekaders. In hoeverre dit in de praktijk ook zo uitgevoerd wordt is in de volgende paragraaf beschreven.

6.2. Omgaan met onzekerheden in de praktijk

De huidige manier van omgaan met onzekerheden in de praktijk wordt in drie stappen beschreven. Eerst wordt weergegeven of het omgaan met onzekerheden zoals dit in de literatuur is vastgelegd ook uitgevoerd wordt. Daarna wordt aangegeven wat voor andere methoden er nog gebruikt worden.

Als laatste wordt de toepassing van het stappenplan besproken.

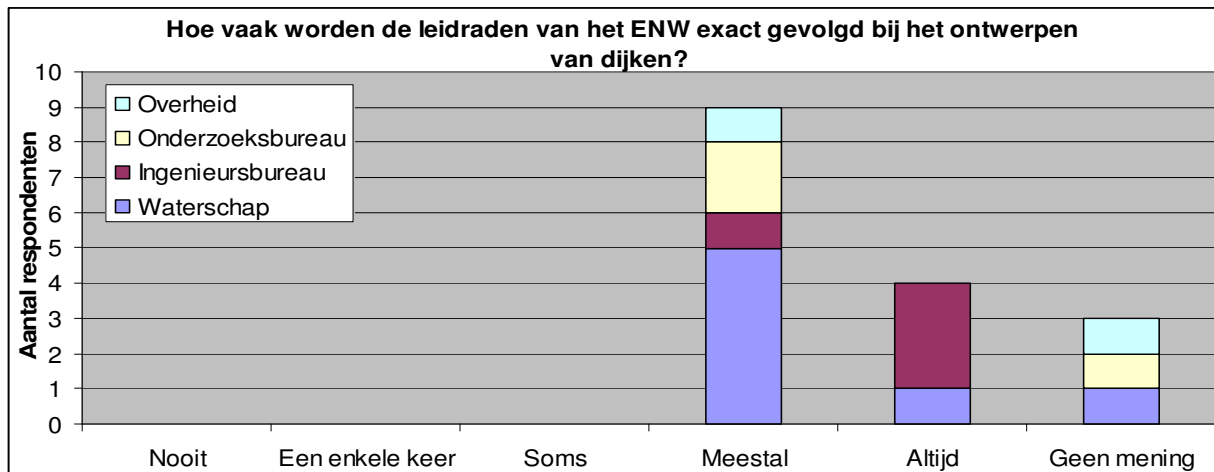


Figuur 26: Deel van het onderzoeksmodel, deze paragraaf is het tweede deel van centrale vraag A.

6.2.1. Uitvoeren van aanbevelingen uit de literatuur

In de praktijk worden eigenlijk altijd de leidraden van het ENW gevolgd (Figuur 27). Eén geïnterviewde stelt zelfs dat de leidraad in de praktijk heilig is. Hoewel de leidraden in principe tot aanbeveling strekken worden ze als voorschrift behandeld.

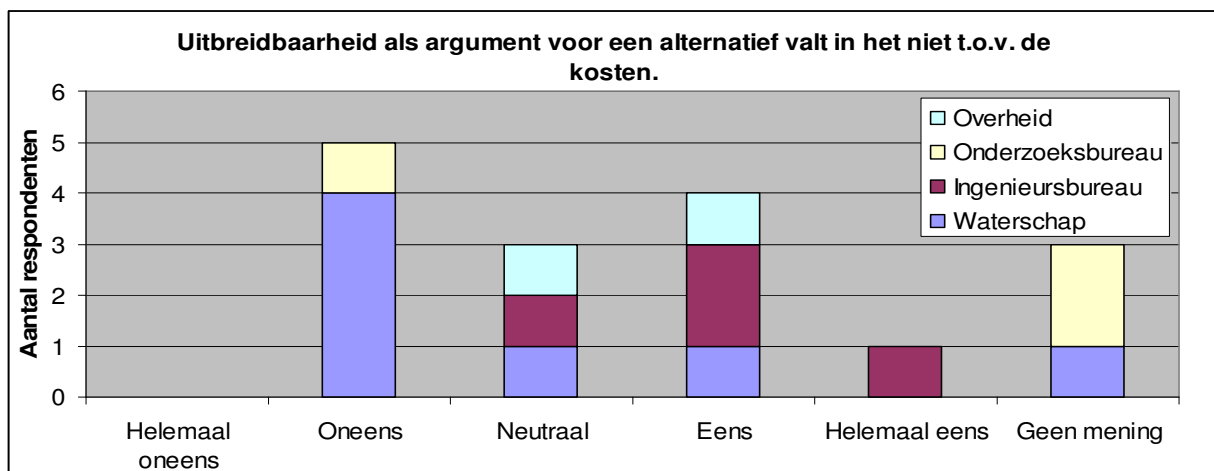
De reden waarom de leidraden gevolgd worden is dat de subsidie vanuit het HWBP een ontwerp volgens de leidraden vereist. De beheerders (waterschappen) stellen aan de ingenieursbureaus vervolgens ook de eis voor een subsidiabel ontwerp. Hierdoor is de ontwerper praktisch verplicht de leidraden te volgen.



Figuur 27: De respondenten geven aan dat de leidraden gevolgd worden.

Een tweede argument om de leidraden aan te houden is juridisch. Mocht een dijkversterking tot een rechtszaak leiden (bijvoorbeeld vanwege onteigeningskwesties) zal de rechter ook terugvallen op de leidraden. Er is immers geen alternatief waaraan hij het ontwerp kan toetsen.

De toeslagen voor robuustheid zijn te herleiden in een ontwerp en uit de interviews blijkt dan ook dat deze altijd toegepast worden. Uitbreidbaarheid kan omdat het geen veiligheid bewerkstelligt tegenstrijdig zijn met een sober en doelmatig ontwerp. Men blijkt over het algemeen veel waarde aan uitbreidbaarheid toe kennen en het blijkt ook een doorslaggevend argument bij de keuze tussen alternatieven. Echter zoals in Figuur 28 is weergegeven raken de meningen verdeeld als uitbreidbaarheid tegenover de kosten wordt gezet.



Figuur 28: Overzicht van het belang van uitbreidbaarheid ten opzichte van de kosten

Een opvallend verschil is dat de waterschappen ook vergeleken met de kosten voor uitbreidbaarheid kiezen, terwijl de ingenieursbureaus (en overheid) meer waarde hechten aan de kosten. In de toelichtingen is aangegeven dat het belang kan verschillen per locatie, bijvoorbeeld tussen landelijk en stedelijk gebied. In landelijk gebied kan een ruimtereservering eenvoudiger gedaan worden, in stedelijk gebied zal deze ruimte intensiever in gebruik zijn. Ook zijn de kosten van een dijkversterking in stedelijk gebied hoger omdat de benodigde ruimte vaker al in gebruik is en er door dit gebrek aan ruimte relatief snel constructies nodig zijn.

6.2.2. Afwijkingen van de leidraden

Hoewel de leidraden dus bijna altijd gevolgd worden (Figuur 27) zijn er dus wel afwijkingen. Er zijn daarvan verschillende voorbeelden gevonden. Deze zijn meestal niet bedoeld als methode om met onzekerheden om te gaan, maar hebben er wel invloed op. De gevonden afwijkingen zijn: extra robuustheid, no-regret maatregelen, een afwijkende planperiode, uitstellen en beheersmaatregelen.

Extra robuustheid

De eerste gevonden afwijking is extra robuustheid. In enkele dichtbevolkte dijkringen wordt bijvoorbeeld ontworpen op een norm van 1:10.000 jaar en getoetst met 1:4000 jaar, dit gebeurt in overeenstemming met Rijkswaterstaat en het waterschap betaalt voor de extra aanlegkosten. Deze extra robuustheid is aanwezig omdat het waterschap van mening is dat de norm te laag is. In Rivierenland is er wel extra robuustheid aangelegd om te voorkomen dat men in druk bebouwd gebied terug moest komen. Ook dit is door het waterschap zelf gefinancierd. Ook is er aangegeven dat er extra toeslagen worden gebruikt in zettingsgevoelig gebied.

Een andere vorm van extra robuustheid is het gebruik van conservatieve aannames. Binnen de ontwerpleidraden is er ruimte om met conservatieve aannames het ontwerp te verzwaren. Ook voordat robuust ontwerpen een officiële term in de leidraden werd, gebeurde dit om voor een robuust ontwerp te zorgen. Zoals in de vorige paragraaf beschreven geven toeslagen die en in de toetsing en in het ontwerp terugkomen geen robuustheid, alleen veiligheid. Als de conservatieve aannames ook in de toetsing voorkomen geeft dit geen robuustheid. Worden voor de toetsing nieuwe (gunstigere) parameters vastgesteld dan kan het wel een vorm van robuustheid zijn.

Deze conservatieve aannames staan wel onder druk van de kosten. De beheerder zou hierbij een voorkeur hebben voor overdimensionering dankzij conservatieve aannames. Vanuit het hoogwaterbeschermingsprogramma is er een voorkeur voor een goedkoper ontwerp: sober en doelmatig.

In de leidraden is de mogelijkheid gegeven om een dijkkringbenadering toe te passen. Vooral in de provincie Zuid-Holland wordt dit toegepast. De dijkkringbenadering gaat gepaard met een toeslag die in plaats van de robuustheidstoeslag komt. De geïnterviewden geven aan dat er discussie is over het gebruik van beide toeslagen.

In enkele gevallen wordt er wel een extra toeslag gebruikt om rekening te houden met expliciete onzekerheden. Voor de onzekerheid in de waterstand van het IJsselmeer wordt bijvoorbeeld een toeslag van 7 cm gebruikt (naast de gebruikelijke toeslagen).

No-regret maatregelen

Een tweede methode is het gebruiken van no-regret maatregelen. De literatuur geeft aan dat no-regret maatregelen in alle mogelijke scenario's een gunstige maatregel zijn. No-regret maatregelen kunnen dus ook zonder spijt direct doorgevoerd worden. Als voorbeeld van no-regret wordt een ontwerp genoemd dat voor één faalmechanisme normconform is, maar ook een diepwand plaatsen wordt genoemd als no-regret. Het is duidelijk dat er realistische scenario's zijn waarin men toch spijt heeft van deze maatregelen, dit zijn volgens deze definitie dan ook geen no-regret maatregelen. Een voorbeeld van een no-regret oplossing is een dijk die zonder kosten met de weg meeverhoogd kon worden, waardoor een zeer robuust ontwerp bereikt werd.

Afwijkende planperiode

De derde afwijking is de gebruikte planperiode. Het gebruik van een kortere planperiode geeft minder onzekerheid omdat de onzekerheden groeien met de tijd (zie figuur op voorpagina). Een langere planperiode geeft meer onzekerheid, maar ook minder frequent maatschappelijk overlast. In enkele situaties is er een afwijkende planperiode gebruikt. Zo wordt het voorbeeld gegeven van een maximaal mogelijke verhoging van een kade, gelijk aan een planperiode van 30 jaar. Na deze periode zal een demontabele wand toegepast moeten worden. Ook worden kortere planperiodes overwogen vanwege zettingen, deze zijn vanwege maatschappelijke overlast echter niet uitgevoerd.

Uitstellen van versterkingen

De onzekerheden kunnen verkleind worden door bijvoorbeeld te wachten op een politiek besluit of op onderzoeksresultaten. Hoewel er over gesproken wordt heeft geen van de geïnterviewden een dijkversterking vanwege onzekerheden uitgesteld. Een dijk moet namelijk voldoen aan de wettelijke normen, voor een afgekeurde dijk moeten er maatregelen genomen worden. Er staat in de wetgeving echter geen periode waarbinnen een versterking afgerond moet zijn. De beleving blijkt te zijn dat er binnen de toetsperiode (6 jaar) versterkt moet worden. Het termijn van één toetsperiode is logisch te verklaren omdat de hydraulische randvoorwaarden (waarmee de dijken getoetst worden) ook één toetsperiode vooruit berekend zijn.

In de praktijk is de periode van 6 jaar te kort om te toetsen en te versterken. Atsma (2012) gaf bijvoorbeeld aan dat het nog wel tot 2035 kan duren voordat de huidige afgekeurde dijken weer voldoen. In de praktijk komt het dus veelvuldig voor dat dijken nog niet versterkt zijn na 6 jaar.

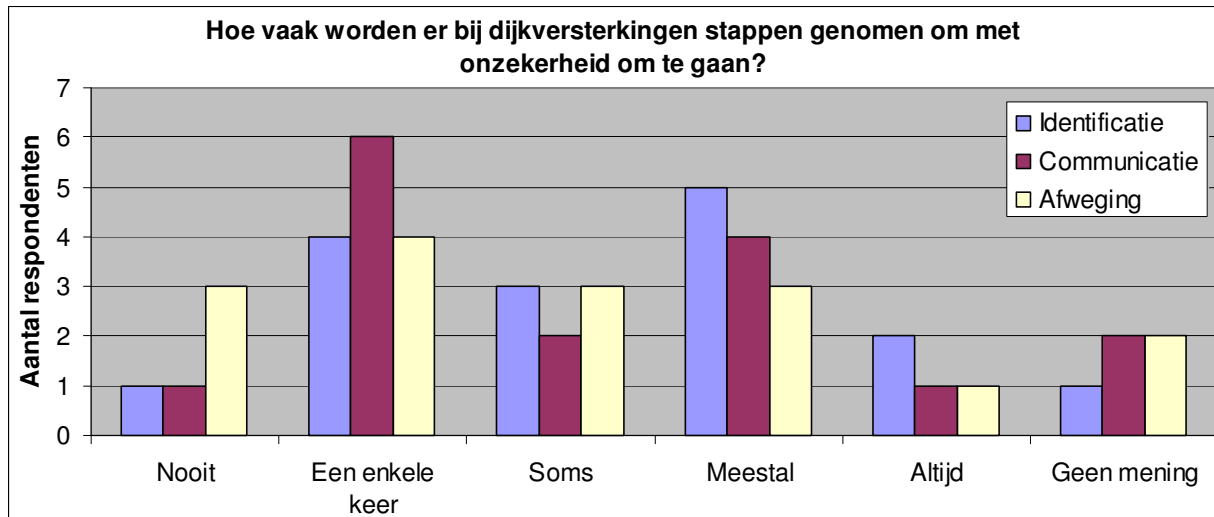
Juridisch gezien is het van belang dat de verantwoordelijke beheerder er binnen zijn mogelijkheden alles aan gedaan heeft om zo snel mogelijk aan de normen te voldoen, of op een andere manier de veiligheid bewerkstelligt. Een mogelijkheid om de veiligheid te borgen is het gebruik van beheersmaatregelen.

Toepassen van beheersmaatregelen

De vijfde en laatste afwijking is het toepassen van beheersmaatregelen. In plaats van versterkingen of om versterkingen uit te stellen kan ook het beheer aangepast worden. Er zijn verschillende voorbeelden van gebruikte beheersmaatregelen: van het opsporen en opkisten van zandmeevoerende wellen en tijdelijke wanden tot het inbrengen van de vooroever in de legger en het aanpassen van het beheer van de grasmat. Door beheersmaatregelen toe te passen hoeft er geen grote investering gedaan te worden en kan de overlast voor de omgeving beperkt worden. Hoewel de leidraden dus meestal gevolgd worden zijn er verschillende afwijkingen. Deze afwijkingen zijn niet bedoeld als methode om met onzekerheden om te gaan maar bieden wel mogelijkheden hiertoe. In de volgende subparagraaf wordt aan de hand van het stappenplan uiteengezet hoe het proces van omgaan met onzekerheden verloopt.

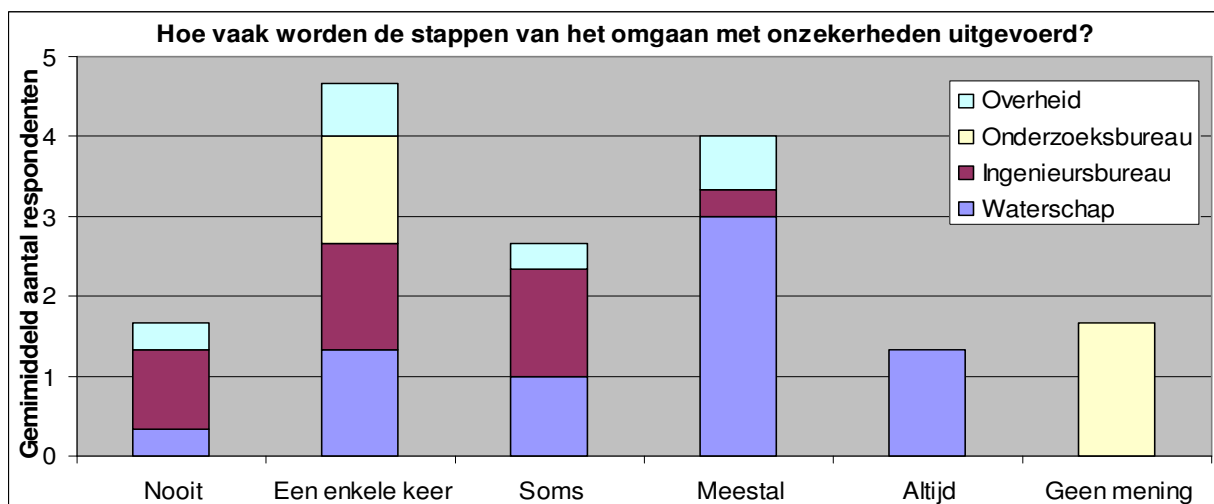
6.2.3. Huidige toepassing van het stappenplan

In dit onderzoek wordt het stappenplan van Funtowicz en Ravetz gebruikt om de omgang met onzekerheden te structureren. Of de respondent de beleving heeft dat deze stappen in de praktijk ook al uitgevoerd worden is weergegeven in Figuur 29. In een groot deel van de gevallen is het omgaan met onzekerheden niet volgens het stappenplan. Slechts een enkeling geeft aan dat de stappen altijd uitgevoerd worden en een groot deel van de respondenten geeft aan dat dit regelmatig niet gebeurt.



Figuur 29: Het uitvoeren van de stappen die Funtowicz en Ravetz(2003) associëren met goed omgaan met onzekerheden per stap.

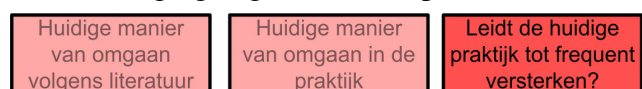
Het uitvoeren van deze stappen verschilt echter per type deskundige. Hierbij blijken de waterschappen deze stappen vaker te herkennen dan ingenieurs- en onderzoeksbureaus. Alle beheerders geven aan dat onzekerheden geïdentificeerd en gecommuniceerd worden. Eén beheerder geeft aan dat er nooit rekening gehouden wordt met onzekerheden bij een besluit.



Figuur 30: Het uitvoeren van de stappen die Funtowicz en Ravetz (2003) associëren met goed omgaan met onzekerheden per type deskundige.

6.3. Structureel frequent versterken?

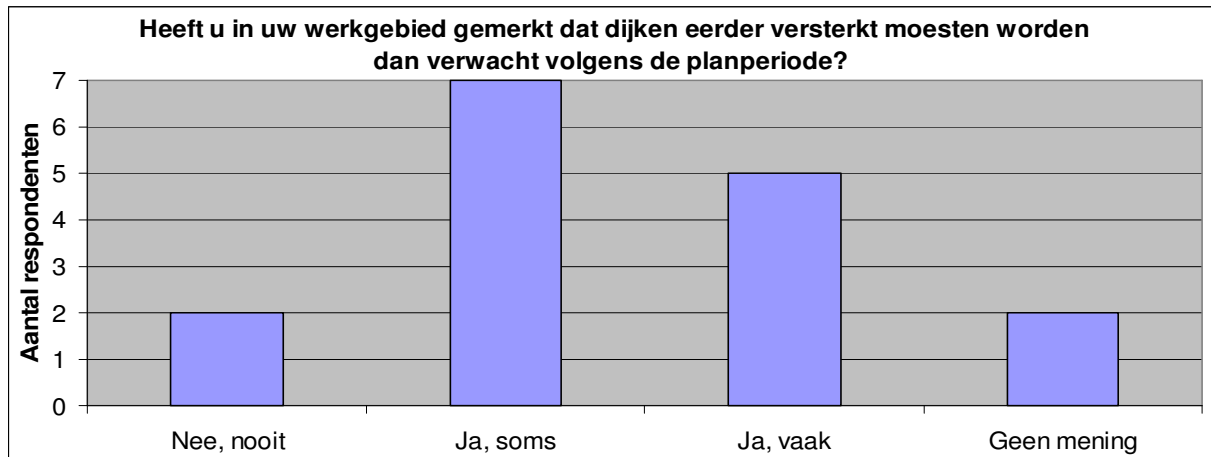
In de vorige twee paragrafen is de huidige werkwijze van omgaan met onzekerheden beschreven. Voordat de verbeteringen onderzocht worden is het eerst van belang om te bepalen in hoeverre dit noodzakelijk is. Leidt de huidige manier van omgaan met onzekerheden structureel tot ongewenste frequente versterkingen? Om te beoordelen of er aanleiding is om anders met onzekerheden om te gaan worden er drie afwegingen gemaakt: het probleem moet voldoende herkend worden, het probleem moet blijven bestaan (ondanks robuust ontwerpen) en er moeten consequenties uit volgen.



Figuur 31: Deel van het onderzoeksmodel, deze paragraaf is het derde deel van centrale vraag A.

Geografisch structureel probleem

De eerste indicatie dat dit probleem door heel Nederland speelt, is dat de verschillende deskundigen in hun eigen werkgebied dit probleem ervaren hebben. Alle partijen herkennen het probleem door eigen ervaring of van verhalen van collega's. In Figuur 32 is te zien dat twee deskundigen (beheerders) geen voorbeelden kennen in hun eigen werkgebied.



Figuur 32: Overzicht van de ervaringen van de deskundigen met het probleem in hun eigen werkgebied.

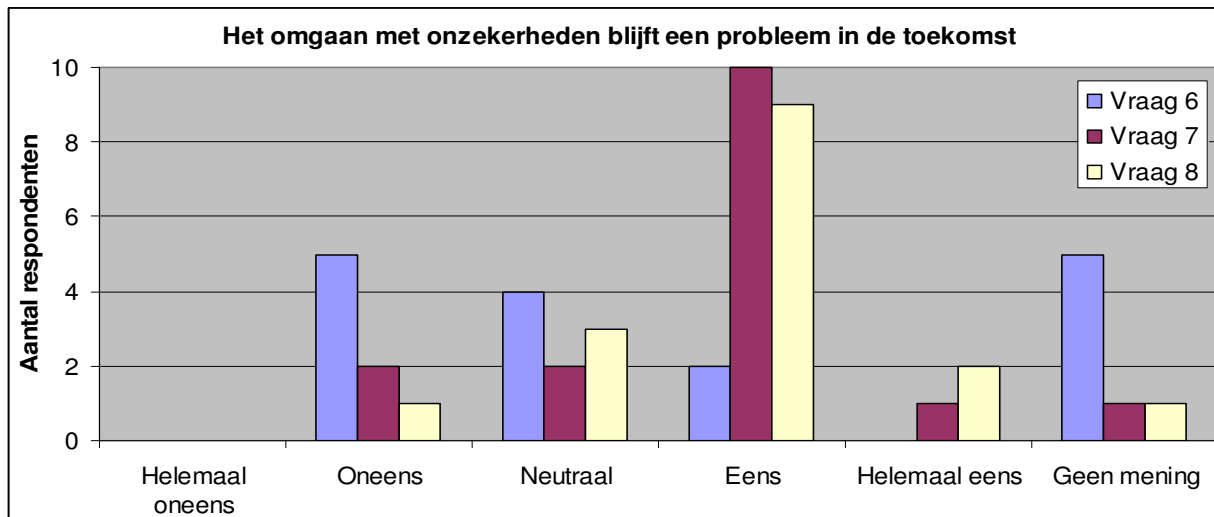
In de introductie (paragraaf 1.3) was al een overzicht gegeven van verschillende dijken die eerder versterkt zijn dan verwacht volgens de planperiode. Op basis van de interviews met deskundigen kunnen daar nog verschillende dijken aan toegevoegd worden. Bijvoorbeeld: Zwartemeerdijk, Arnhem, Alblasserwaard, Krimpenerwaard, Texel, dijken achter de Ramspolkering en de Hondsbossche zeewering. Een drietal beheerders geeft aan dat alles dat ze tijdens hun carrière versterkt hebben nu weer opnieuw versterkt moet worden. Een aantal deskundigen noemen als voorbeeld het hele (beneden) rivierengebied. Anderen komen op een gemiddelde terugkeertijd van 35 jaar of geven aan dat de levensduur varieert tussen de 25 en 80 jaar.

Blijft het probleem bestaan (ondanks robuust ontwerpen)

De ontwerpprocedure is niet altijd gelijk gebleven, de voorbeelden die in de vorige paragraaf zijn genoemd zijn grotendeels ontworpen voor de invoering van robuust ontwerpen. Bij dijken die sinds 2007 zijn versterkt is de robuustheidstoeslag toegepast zoals in paragraaf 6.1 beschreven. De levensduur van dijken zou daardoor langer moeten zijn, de toeslag kan kleine veranderingen opvangen. De vraag is daarom of het probleem in de toekomst blijft bestaan of bijvoorbeeld verholpen wordt door de toeslag. In Figuur 33 zijn de verwachtingen van de deskundigen weergegeven aan de hand van een drietal gesloten vragen:

- Vraag 6: *Het gaat in de toekomst vaker voorkomen dat dijken eerder versterkt moeten worden dan verwacht volgens de planperiode.*
- Vraag 7: *De huidige toepassing van robuust ontwerpen is voldoende om eerder versterken dan de planperiode in de toekomst te voorkomen.*³
- Vraag 8: *Ik zie het eerder dan verwacht versterken van dijken als een probleem waarmee we in de toekomst geconfronteerd mee (blijven) worden.*

³ Vraag 7 is negatief geformuleerd in Figuur 33 gepresenteerd



Figuur 33: Overzicht van de verwachtingen van robuust ontwerpen

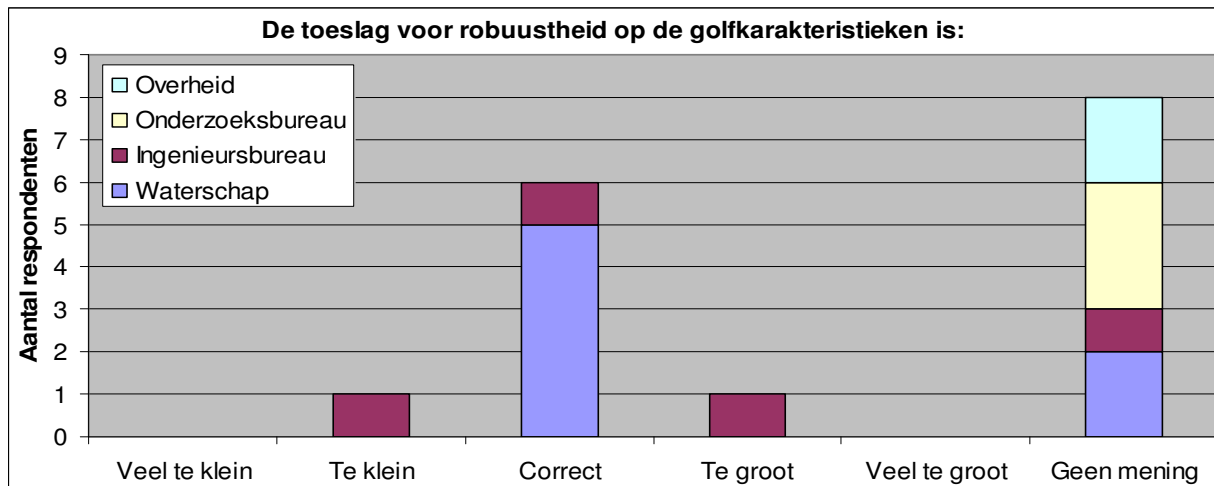
Over het algemeen is de verwachting dat de korte levensduur dus blijft bestaan. Uit vraag 6 blijkt wel dat de verwachting is dat de problemen kleiner worden dan nu. Dit zou volgens de toelichtingen komen doordat de rekenmodellen nauwkeuriger zijn geworden en er al meer kennis is verworven.

De beheerders geven ook aan dat er voor 2007 ook al robuust werd ontworpen, alleen was het niet geformaliseerd. Met de komst van uitgekiend ontwerpen in de jaren '80 en '90 werd de marge in het ontwerp kleiner, door de toeslagen nu te formaliseren komt de marge weer terug. Uitgekiend ontwerpen wordt als één van de oorzaken gezien van de korte levensduur en is daarmee volgens sommigen ook een vloekwoord geworden.

Hoewel robuust ontwerpen positief ervaren wordt, blijkt uit de gesprekken dat het nog niet de oplossing is. De toeslag wordt gezien als een noodoplossing en een container voor een onduidelijke verzameling onzekerheden. Daarbij ontbreekt een onderbouwing van de hoogte van de toeslag. Ook zou de toeslag op verschillende locaties een andere hoogte moeten hebben omdat de onzekerheden niet overal gelijk zijn.

In de leidraad (ENW, 2007b) staat dat de toeslag gebaseerd is op de spreiding in de maatgevende waterstand, in de interviews is hier een toelichting op gegeven. De reden om een toeslag in te voeren was om ruimtelijke ontwikkelingen in de omgeving van de dijk mogelijk te maken. Tijdens een bijeenkomst is men tot de mondelinge overeenkomst gekomen om 0,3m voor rivierdijken te hanteren. Deze waarde was gebaseerd op de ervaring van de aanwezigen. Door de manier waarop dit in de leidraden vermeld is wordt de toeslag vooral geassocieerd met de hydraulische randvoorwaarden. In de beleving blijkt dit niet duidelijk te zijn en worden er meer onzekerheden aan deze robuustheidstoeslag toegekend.

De toeslag is echter niet geschikt om alle onzekerheden af te dekken. Om bijvoorbeeld een normverandering af te dekken zou een veel hogere toeslag nodig zijn. De toeslag verhogen om alle onzekerheden af te dekken is niet mogelijk omdat dit volgens de deskundigen tot te hoge dijken leidt. Daarnaast zijn er altijd nog onvoorziene zaken en nieuwe kennis. Ook voor veranderingen op onderdelenniveau hoeft de toeslag niet te helpen.

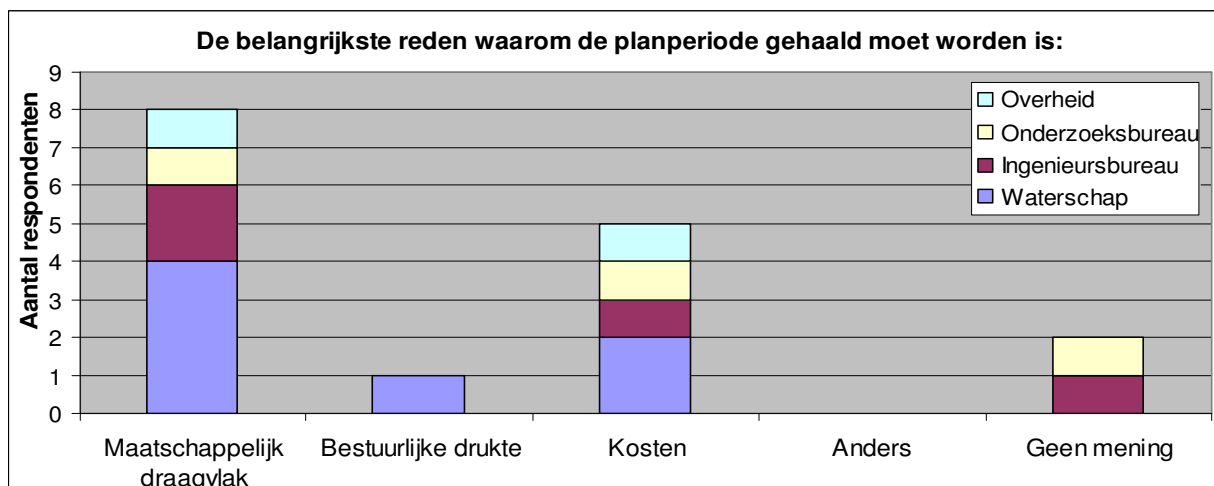


Figuur 34: Overzicht oordeel over robuustheidstoeslag

In Figuur 34 is weergegeven dat over het algemeen de beheerders meer vertrouwen hebben in de toeslag voor de golfkarakteristieken, de ingenieursbureaus zijn verdeeld en de andere partijen hebben vooral geen mening. De toeslag voor de maatgevende hoogwaterstand bevestigt dit beeld. De toeslag voor de maatgevende hoogwaterstand (niet weergegeven) wordt ook wel als correct aangegeven omdat deze is gebaseerd op een afspraak en dus per definitie correct is.

Ongewenstheid van frequente versterkingen

Het probleem komt dus door heel Nederland voor en dat de verwachting is dat het ook blijft voorkomen. Als laatste is het belangrijk om te bepalen waarom de frequente versterkingen ongewenst zijn. In Figuur 35 is weergegeven wat de belangrijkste reden is om de planperiode te halen.



Figuur 35: Belangrijkste consequenties van het niet halen van de planperiode

Er wordt dus veel waarde gehecht aan de kosten en maatschappelijk draagvlak. Bestuurlijke drukte wordt gezien als een gevolg van problemen met draagvlak en kosten. Ook de mogelijkheid om maatschappelijk draagvlak mee te nemen als integrale kosten is benoemd.

Door het gebrek aan gegevens over hoe vaak er een korte levensduur voorkomt (of zal voorkomen) is het niet mogelijk om te bepalen hoeveel schade deze onzekerheden hebben opgeleverd (of zullen opleveren). Daardoor is er ook geen inzicht in welke kosten er eventueel

gemaakt mogen worden om rekening te houden met onzekerheden. Maar het is wel duidelijk dat het niet alleen om de kosten draait, maatschappelijk draagvlak is ook een belangrijke reden om de geplande levensduur waar te maken.

6.4. Tussenconclusie van centrale vraag A

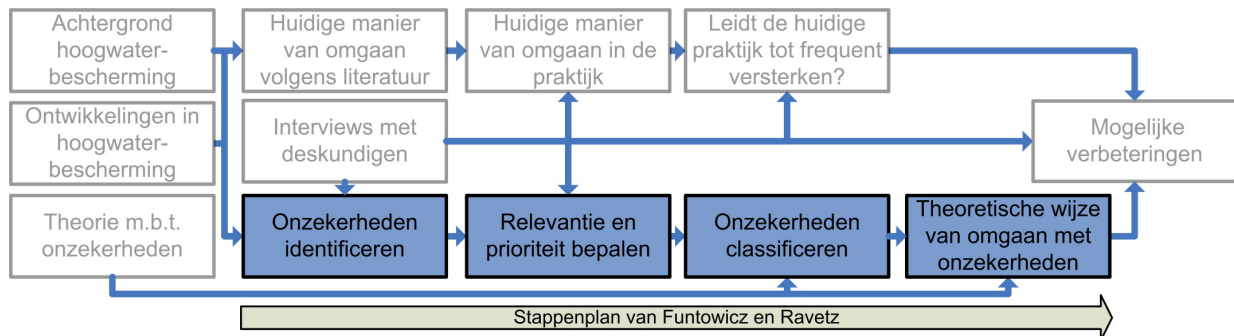
De huidige methode van omgaan met onzekerheden bestaat uit het voorspellen van een aantal ontwikkelingen, een robuustheidstoeslag en het gemakkelijk maken van een volgende versterking door uitbreidbaarheid en het reserveren van toekomstig ruimtebeslag. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van conservatieve aannames van parameters. Omdat dezelfde parameters ook in de toetsing voor komen levert dit geen extra robuustheid voor de levensduur op, wel extra veiligheid. Incidentele afwijkingen van deze werkwijze zijn bijvoorbeeld een extra toeslag, andere planperiode, beheersmaatregel of no-regret maatregel. De leidraden worden praktisch altijd aangehouden om aan de subsidievoorwaarden te voldoen. Doordat uitbreidbaarheid conflicteert met sober en doelmatig, zijn ontwerpen niet altijd eenvoudig uitbreidbaar.

De huidige manier van omgaan met onzekerheden is aanleiding om andere mogelijkheden toe te passen. De huidige methode is niet in staat om met onzekerheden in de norm, onverwachte ontwikkelingen, ontwikkelingen op onderdelenniveau en nieuwe kennis om te gaan. Daarnaast mist een kwantitatieve onderbouwing van de hoogte van de toeslag. Dit zal naar verwachting ook in de toekomst tot frequente versterkingen leiden. Deze versterkingen zijn vooral ongewenst vanwege de extra kosten en de invloed op maatschappelijk draagvlak. Hoeveel extra kosten en overlast er is (en zal) ontstaan is niet op basis van dit onderzoek te kwantificeren. Wel geven de deskundigen aan dat frequent versterken af zal nemen naarmate er meer kennis en nauwkeurigere modellen zijn. De stappen uit het stappenplan van Funtowicz en Ravetz worden in de praktijk nauwelijks toegepast.

De huidige methode van omgaan met onzekerheden zal naar verwachting leiden tot ongewenste frequente versterkingen. In het volgende hoofdstuk worden de mogelijkheden die de literatuur aangeeft om met onzekerheden om te gaan toegepast aan de hand van een stappenplan.

7. Omgaan met onzekerheden volgens het stappenplan

De tweede centrale vraag is gericht op het omgaan met onzekerheden met behulp van de inzichten vanuit de literatuur. Om deze inzichten toe te kunnen passen is ook de kennis van de deskundigen benodigd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de vier deelvragen die bij de tweede centrale vraag horen.



Figuur 36: Onderzoeksmodel, in dit hoofdstuk wordt de tweede centrale vraag (blauw) beantwoord

Deze deelvragen zijn gebaseerd op het stappenplan van Funtowicz en Ravetz: identificeren, relevantie en prioriteit bepalen, classificeren en daaruit een manier van omgaan met onzekerheden afleiden. De identificatie, relevantie en prioriteit zijn vastgesteld met behulp van de interviews, de laatste twee stappen (classificatie en manier van omgaan met onzekerheden) aan de hand van de literatuur (Figuur 36).

7.1. Identificatie van onzekerheden

Met behulp van de literatuur en respondenten zijn er zoveel mogelijk onzekerheden in kaart gebracht. Hoewel per dijkversterking andere onzekerheden mee kunnen spelen wordt hier een zo compleet mogelijk overzicht gegeven. Om de verschillende onzekerheden weer te geven is een indeling gebruikt naar de bronlocatie van de onzekerheden (Figuur 37).



Figuur 37: Verschillende bronnen van onzekerheid in de levensduur.

7.1.1. Onzekerheden in de sterkte van de dijk

De eerste bron van onzekerheden is de bepaling van de (toekomstige) sterkte van dijk. Hierbij spelen een groot aantal onzekerheden: zetting en inklinking, grondgedrag, variatie in ondergrond, NAP en lokale daling, afkalving vooroever, NWO's, afwijkingen van het ontwerp, aansluitconstructies, innovatieve oplossingen en de interactie tussen grond en constructies.

Zettingen en inklinking

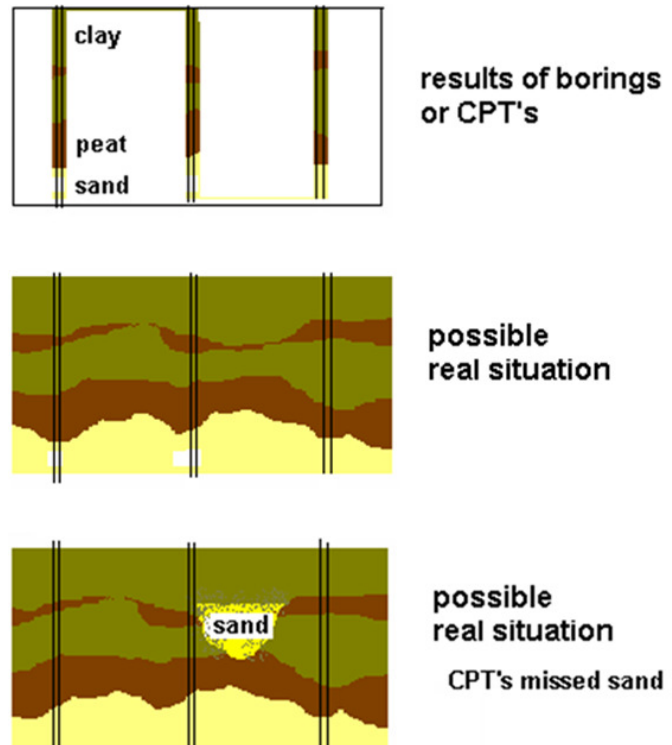
Zettingen zijn vervormingen van de grond onder gewicht. De dijk zelf vervormt daardoor na aanleg, maar ook de grond eronder kan verder samengedrukt worden. Inklinking is het gevolg van het onttrekken van water aan de grond. Een bekend voorbeeld is de oxidatie van veen. Dit resulteert ook in een volumeverlaging en zakkingen. Oxidatie van veen is gevoelig voor klimaatverandering omdat het sneller gaat bij een hogere temperatuur. Aangezien de zettingen vooruit voorspeld worden, geeft dit een onzekerheid.

Grondgedrag

Grondgedrag is de manier waarop belastingen, vervormingen en eigenschappen van grond met elkaar samenhangen. Doordat grond een heterogeen materiaal is en opgebouwd is uit een mengsel van korrels, water en lucht is het gedrag complex. Een belangrijke afhankelijkheid voor dijken is de manier waarop de sterkte-eigenschappen reageren op de waterspanning.

Variatie in ondergrond

Grond is een heterogeen bouw materiaal, in de ondergrond is een variatie van grondsoorten aanwezig en dus ook van kenmerkende parameters. De eigenschappen zijn daarbij ook afhankelijk van de geschiedenis van de bodemontwikkeling. Qua eigenschappen zijn er verschillen naar aanleiding van de aard van de korrels, de vorm en de grootte van de korrels, de korrelverdeling, de wijze van afzetting, herkomst en de voorgeschiedenis (voorbelasting). De schematisering in lagen wordt gemaakt op basis van een beperkt aantal metingen (boringen en sonderingen). Tussen de meetpunten kunnen er afwijkende waarden voorkomen (Figuur 38). Nieuwe metingen voor een toetsing kunnen daardoor andere waarden geven.



Figuur 38: Variatie in ondergrond (Calle, 2009)

NAP en lokale daling

Het NAP is het referentiepeil waarop de hoogte gebaseerd is, dit referentiepeil is vastgelegd door peilen in heel Nederland. Het peil verandert door veranderingen in de belasting op de aardkorst (isotatie), inklinking van diepe klei- en veenpakketten (compactie), beweging van aardkorst (tectoniek) en zoutverplaatsingen in de ondergrond. Een lokale daling kan resultaat zijn van gaswinning, mijnbouw, zoutwinning, belasting door bebouwing en ingrepen in de grondwaterstand (Mulder et al. 2003). Deze processen leiden naar verwachting tot een stijging van enkele centimeters in het oosten en zuiden van Nederland en een daling in het noorden en westen. Opvallend zijn delen van Groningen en Flevoland waar de daling tot 2050 wel 60 tot 80 cm kan worden (RWS, 1997).

Afkalving vooroever

Een deel van de waterkerende functie van de dijk wordt gerealiseerd door de vooroever. Er kunnen verschillende oorzaken zijn waardoor de vooroever voor de dijk minder bijdraagt. In het rivierengebied neemt de stabiliteit af door erosie in de bochten. De dijken worden daar ook gevoeliger voor piping door het afgraven van de uiterwaarden, daardoor komt het entreepunt van het water dichterbij de dijk te liggen. In de Oosterschelde is de erosie van zandplaten aanleiding voor hogere golven bij de dijk. Ook voor zeedijken kunnen morfologische effecten tot vooroevererosie leiden, bijvoorbeeld door het vormen van een diepe geul voor de kust.

Niet waterkerende objecten (NWO)

Niet waterkerende objecten zijn allerlei objecten die in, onder of op de dijk aanwezig zijn en invloed hebben op de sterkte van de dijk. Dit kunnen bijvoorbeeld kabels en leidingen zijn maar ook bomen of funderingen van gebouwen.

Niet volgens plan aangelegd

De sterkte van een dijk hoeft in de praktijk niet altijd gelijk te zijn aan de sterkte volgens het ontwerp. De hoogte kan eenvoudiger gecontroleerd worden maar de opbouw van de dijk is moeilijker te controleren. Het gebruik van andere grondsoorten (de klasse klei, fijner zand), andere hellingshoek of verzadigingsgraad kan tot een lagere stabiliteit van de dijk leiden.



Figuur 39: Dijkdoorbraak na foutieve aanleg gasleiding (Rijkswaterstaat beeldbank)

Aansluitconstructies kunstwerken

Op de plekken waar de dijk overgaat in een kunstwerk, duin of dam zijn speciale constructies nodig. Ook op deze grensvlakken moeten de keringen voldoende sterk zijn. Deze aansluitconstructies kunnen technisch complexer zijn dan de dijk zelf.

Innovatieve oplossingen

Traditioneel gezien werden dijken vooral in grond aangelegd. Onder druk van het ruimtebeslag en secundaire belangen worden andere technieken en ontwerpen toegepast. In subparagraaf 3.5 zijn voorbeelden van innovatieve technieken beschreven. Het gebruik van deze technieken, waarvan de levensduur nog niet getest is, vormt een onzekerheid.

Interactie tussen grond en constructies

Bij het gebruik van constructies in de kering, bijvoorbeeld diep- of damwanden wordt er een raakvlak tussen deze wand en de grond gecreëerd. De invloed van deze elementen op elkaars gedrag kan afwijkingen van eigenschappen veroorzaken.

7.1.2. Autonome ontwikkelingen als onzekerheden

Naast de invloed van de sterkte van de dijk zijn er ook ontwikkelingen rond de dijk die leiden tot een andere belasting of eisen die voor de dijk gelden. Deze autonome ontwikkelingen zijn: rivierontwikkeling, klimaatverandering, gebiedsontwikkeling, maatschappelijk risicobesef, politiek klimaat, economische groei en de bevolkingsgroei.

Rivierontwikkeling

Hoewel de rivieren zijn genormaliseerd zijn er nog altijd ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen kunnen consequenties hebben voor de maatgevende waterstand langs de rivieren. Hier zijn verschillende voorbeelden van te noemen.

Dankzij morfologische processen kan de waterstand variëren bij dezelfde afvoer. Ook worden de splitsingpunten beïnvloed door deze variatie in de ligging van de waterbodem. Ruimte voor de Rivierprojecten verlagen lokaal de waterstanden maar ook hier kunnen andere effecten optreden, bijvoorbeeld beïnvloeding van de afvoerverdeling. Als Ruimte voor de Rivierprojecten, bijvoorbeeld de aanleg van retentiegebieden, toch niet door gaan dan wordt dijkversterking ook weer noodzakelijk.

Ijsdammen kunnen de stroming blokkeren waardoor er hoge waterstanden bij relatief lage afvoeren kunnen voorkomen. Na de normalisering van de rivieren zijn ijsdammen nog maar weinig voorgekomen. Voor de normalisering van rivieren waren ijsdammen een belangrijke oorzaak van overstromingen. De mogelijkheid wordt genoemd dat dankzij Ruimte voor de Rivier het risico op ijsdammen weer groter zal worden omdat er meer stilstaand water is.

Klimaatverandering

Klimaatverandering is een mondiaal sterk bediscussieerd onderwerp. Het KNMI heeft scenario's vastgesteld die ook gebruikt worden in de leidraden. Er zijn nog meer aanvullende scenario's bijvoorbeeld het extremere scenario van de Deltacommissie. Het KNMI geeft bij de klimaatscenario's aan dat de onzekerheid van de verschillende gegevens varieert. De basis van de berekening is de temperatuurstijging, afgeleide gegevens zijn daardoor onzekerder:

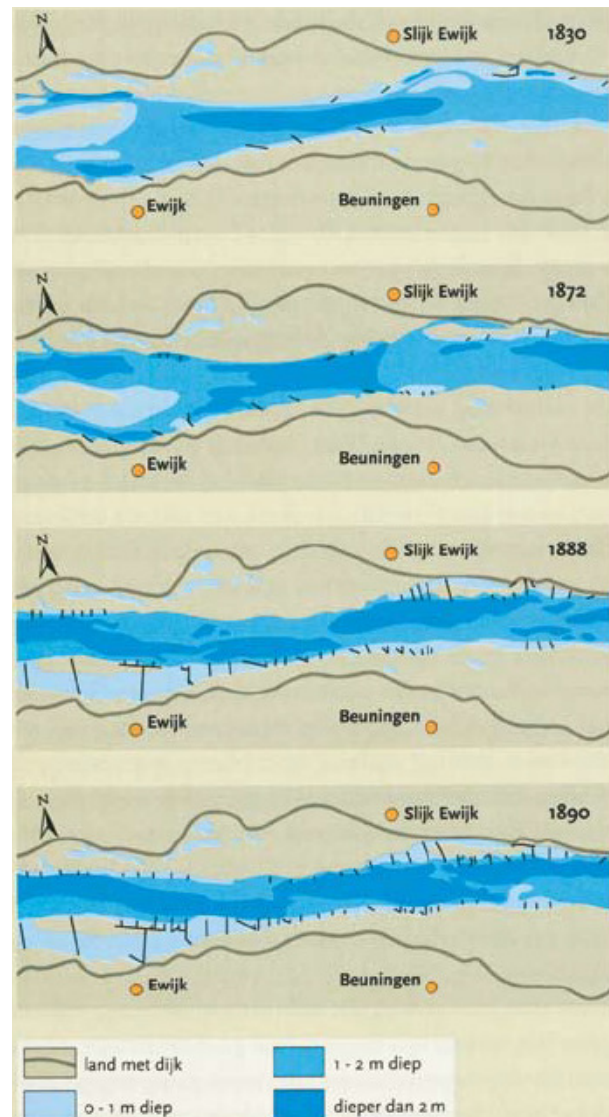
- Temperatuur is relatief zeker t.o.v. zeespiegel, neerslag en wind (relatief onzeker);
- Neerslag in de winter is relatief zeker t.o.v. de neerslag in de zomer;
- Gemiddelden zijn relatief zeker t.o.v. de eens per 10 jaar extremen.

De verwachte klimaatontwikkeling staat ter discussie. Hoewel de scenario's van het KNMI samen een bereik van mogelijkheden afdekken, zijn er deskundigen die sceptisch zijn ten opzichte van klimaatverandering en deskundigen die veel invloed verwachten.

Gebiedsontwikkeling

Er zijn een viertal manieren waarop de gebiedsontwikkeling invloed heeft op de dijken. Ten eerste heeft de gebiedsontwikkeling in het bovenstrooms gebied invloed op de afvoergolf in een rivier. Onder invloed van verstedelijking wordt dankzij meer verhard oppervlak neerslag sneller afgevoerd, dit leidt tot een steilere afvoergolf. Volgens de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's mag dit niet afgewenteld worden. Ook het Nederlandse beleid (waterveiligheid 21^e eeuw) geeft aan dat eerst vastgehouden en geborgen moet worden en daarna pas afgevoerd.

Ten tweede is op dit moment de afvoer die de Rijn in Duitsland kan verwerken beperkt, dit wordt het fysische maximum genoemd. Een hogere afvoer kan dus Lobith niet bereiken omdat er eerder al overstromingen plaats zullen vinden in Duitsland. Overigens kan dit water na een



Figuur 40: Normalisering van de Waal in de 19^e eeuw, via kribben wordt één diepe stroomgeul gecreëerd (Heezik, 2006).

overstroming alsnog Nederland bereiken. Als gevolg van dijkversterkingen langs de verschillende riviertakken in Duitsland wordt dit fysische maximum hoger en kan er een hoger debiet Nederland bereiken. Omdat niet alleen de norm maar ook de bouwmethode in Duitsland anders is zijn de dijken niet één op één te vergelijken. Bij het bepalen van het fysische maximum ($16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) zijn verwachte versterkingen tot 2015 al meegenomen. Bij een gelijk neerslagpatroon, maar een hogere neerslag is een afvoer tot $18.000 \text{ m}^3/\text{s}$ mogelijk. Hierbij wordt verondersteld dat er geen verdere dijkversterkingen in Duitsland plaats vinden. Ook een veranderend neerslagpatroon kan tot nog hogere afvoeren leiden. Onder maatgevende situaties is er nauwelijks reducerend effect te verwachten van de geplande retentiegebieden. Rivierverruiming, dijkverhoging en zandzakken kunnen tot nog hogere waterstanden in Nederland leiden (Silva, 2002).

Ten derde heeft ook de ontwikkeling van het gebied achter en rondom de dijk invloed. Bijvoorbeeld grondwateronttrekkingen en bebouwing kunnen de grondwaterstand beïnvloeden. Ook kunnen gebiedsontwikkelingen invloed hebben op een eventuele norm gebaseerd op risico.

Als laatste wordt een eventuele risicogebaseerde norm deels bepaald door de schadeverwachting. De schadeverwachting is afhankelijk van de aanwezige waardevolle elementen in het gebied. Ook de plek en de grootte van de doorbraak en de waterstand zijn van invloed. Het maakt bijvoorbeeld ook uit of oude en regionale dijken en verhoogde (spoor)wegen waterkerend blijken te zijn.

Maatschappelijk risicobesef

Maatschappelijk risicobesef heeft geen directe invloed op de levensduur van een dijk. Het beïnvloedt wel de politiek die middelen vrijmaakt voor onderzoek, versterking en de aanleg van kunstwerken. De huidige wijze waarop de normen zijn weergegeven (overschrijdingskans) maakt het moeilijk voor de inwoners van een dijkkring om in te schatten hoe groot het overstromingsrisico is.

Politiek klimaat

Zoals in paragraaf 2.2 weergegeven zijn er verschillende wetten en plannen die invloed hebben op de dijken. Ook de normen zoals deze in de Waterwet zijn weergegeven zijn resultaat van een politiek besluit. De minister (van Infrastructuur en Milieu) bepaalt welke nieuwe kennis op welk moment aan het wettelijk toetsinstrumentarium wordt toegevoegd, onder druk van de kosten. Ook de keuze om nieuwe hydraulische randvoorwaarden vast te stellen en welke meetresultaten daarin meegenomen worden is een politieke. De invoering van nieuwe kennis mag immers niet tot een onbeheersbaar versterkingsprogramma leiden.

Economische groei

De economische groei kan op verschillende manieren invloed hebben. Bij een risicogebaseerde norm geeft economische groei een hogere norm dankzij de grotere waarde in het gebied. Ook beïnvloedt de economische groei het investeringsklimaat, als er voldoende middelen zijn om dijkversterkingen te realiseren zal een dijk ook eerder aan de beurt zijn. Meer middelen kan ook meer mogelijkheden geven om onderzoek te doen.

Bevolkingsgroei

Bevolkingsgroei heeft alleen direct invloed op een eventuele risicogebaseerde norm. Meer potentiële slachtoffers zonder betere overlevingskansen betekenen een hoger risico, en dus een kleinere toegestane kans van overstromen. Bij een risicogebaseerde norm wordt de

slachtofferverwachting dus meegenomen. Naast het aantal personen dat in een dijkkring woont, is dan ook de evacuatiefractie van belang.

7.1.3. Beleidskeuzes als onzekerheden

Een aantal aankomende beleidskeuzes zijn in hoofdstuk 3 benoemd, bijvoorbeeld de dijkkringbenadering, meerlaagse veiligheid, normverhoging en een risicogebaseerde norm. Er zijn nog een aantal ontwikkelingen die mogelijke gevolgen voor de dijken kunnen hebben.

Afvoerverdeling riviertakken

Het huidige beleid is dat de toename in de afvoer van de Rijn alleen afgevoerd wordt over de Waal (ENW 2007b). Als dit gewijzigd wordt kan het er toe leiden dat de maatgevende hoogwaterstanden in de andere rivieren verhoogd worden.

Normering individuele dijken

Naast een risico gebaseerde norm of algemene normverhoging kan het ook voorkomen dat de norm van een individuele dijk verhoogd wordt. In het verleden zijn bijvoorbeeld dijken die eerst tot binnenwater gerekend werden tot buitenwater benoemd.

Peilverhoging IJsselmeer

Eén van de voorstellen van de commissie Veerman is om het peil van het IJsselmeer anderhalve meter te verhogen. Dit is onder andere bedoeld om Nederland van voldoende zoet water te voorzien en de mogelijkheid om afvoer naar de zee onder vrij verval te behouden. Een verhoging van het peil zal niet alleen tot dijkversterkingen rond het IJsselmeer leiden maar ook invloed hebben op de dijken langs de IJssel.

Invloed van kunstwerken

Nieuwe kunstwerken kunnen de maatgevende hydraulische randvoorwaarden sterk verlagen, deze onzekerheid heeft dus vooral invloed op het onterecht investeren. Echter keringen bij herbouw vervangen voor beweegbare keringen of verwijderen levert wel weer zwaardere eisen voor de dijken op. Ook is de faalkans van (beweegbare) keringen in het verleden aangepast.

7.1.4. Methodische onzekerheden

De derde bronlocatie van onzekerheden zijn de toegepaste methoden. Dit bestaat uit de statistiek en modellen om de hydraulische randvoorwaarden te bepalen, de metingen en schematisering van de ondergrond en formules om de sterkte en stabiliteit te bepalen.

Statistiek hydraulische randvoorwaarden.

De hydraulische randvoorwaarden zijn gebaseerd op een kortere meetreeks dan de toegestane overschrijdingskans. De gegevens zijn daarom geëxtrapoleerd, bijvoorbeeld van 30 jaar aan metingen naar een waterstand die eens in 4000 jaar voorkomt (IJsselmeer). Door het beperkt aantal meetpunten zijn de maatgevende hydraulische randvoorwaarden gevoelig voor nieuwe extremen. In 1997 kwam er in de Oder (Polen) een afvoer voor die volgens de (oude) statistiek een kans van voorkomen had van 1:25.000 jaar. Ook de methode waarmee de extrapolatie is uitgevoerd is in het verleden aangepast.

Modellen hydraulische randvoorwaarden

Voor het berekenen van de hydraulische randvoorwaarden worden modellen gebruikt. Deze modellen zijn onderhevig aan veranderingen en komen met een bepaalde mate van spreiding. Er zijn verschillende voorbeelden van bronnen van onzekerheid in deze modellen:

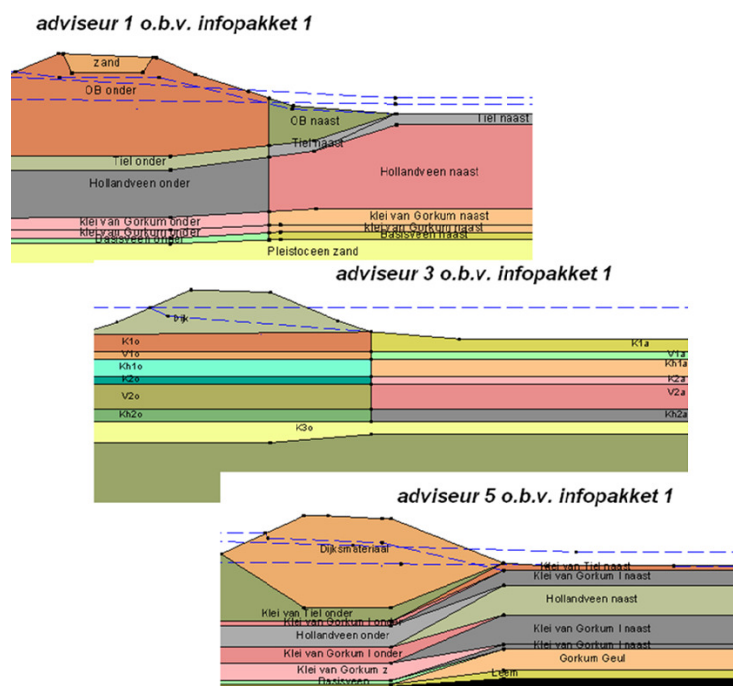
- De klimaatmodellen kunnen wijzigen en uitgebreid worden, zo wordt een verwachte toename van de wind nog niet meegenomen volgens deskundigen leidt dit tot een significant hogere golfoploop (voor zee en meerdijken);
- Lokaal kunnen er hogere waterstanden voorkomen als gevolg van obstakels (bruggen) in de rivier, alles wat binnen het grid (de resolutie) valt wordt niet meegenomen;
- Er is een onzekerheid in de relatie tussen het afvoerdebit en optredende hoogwaterstand. Bijvoorbeeld door morfologie in de rivier en rond de splitsingspunten;
- De afvoerverdeling over de verschillende riviertakken bij extreme afvoeren kan afwijken van verdeling bij normale afvoeren;
- Sommige keringen worden met een bepaalde kans van niet sluiten meegenomen bij het vaststellen van de HR.

Meting parameters

De benodigde parameters voor het maken van een ontwerp of voor een toetsing zijn gebaseerd op metingen. Opnieuw meten kan daarom tot een andere waarde voor de parameters leiden. Ook worden er verschillende procedures gebruikt bij het meten en berekenen van deze parameters. Zo mag bijvoorbeeld een ondergrens van 2% tot 5% rek gebruikt worden voor de schuifsterkte van de grond.

Schematisering

Op basis van boringen, sonderingen en de geschiedenis van een locatie wordt een schematisering van de ondergrond gemaakt. Deze schematisering is de basis voor het verdere ontwerp. In de praktijk komt voor dat verschillende ingenieurs verschillende schematiseringen bij hetzelfde dijkvak maken. Bij de Bergambachtproef zijn vijf adviseurs gevraagd om een schematisering te maken. In Figuur 41 zijn de uiteenlopende resultaten weergegeven.



Figuur 41: Drie verschillende resultaten uit de Bergambachtproef (Calle, 2009).

Formules voor de sterkte en stabiliteit

Formules die gebruikt worden bij de toetsing en het ontwerp zijn onderhevig aan wijzingen als gevolg van onderzoek en nieuwe ontwikkelingen. Dit geldt vooral voor empirische formules. Er zijn een aantal voorbeelden van gebreken in de kennis die nog ingevuld moeten worden.

Bekende onzekerheden zijn de werking van veen en doorontwikkeling van faalmechanismen. Op dit moment zijn er dijken die volgens de berekeningen niet zouden blijven staan, maar al hogere waterstanden gekeerd hebben. Dit geeft aan dat de berekeningen de werkelijkheid nog niet voldoende benaderen. Een complicerende factor is hierbij het verschil tussen hoge waterstanden die in het verleden heel kort zijn voorgekomen naar waterstanden die lager zijn maar langere tijd gekeerd moeten worden.

Een ander voorbeeld van kennisgebrek in de formules is zettingsvloeiing. Zettingsvloeiing houdt in dat het zand zich als een dikke vloeistof gaat gedragen dankzij een plotselinge verhoging van de grondwaterspanning of een trilling (aardbevingen). Er wordt op zettingsvloeiing getoetst maar er is nog geen berekeningsmethode waarin alle relevante parameters meegenomen worden (Groot en Meijers, 2007).

Een ander gebrek is dat het op dit moment nog niet mogelijk is om de reststerkte die in een ontwerp zit mee te nemen. Als een dijk dus veel hoger en breder is dan noodzakelijk, maar bijvoorbeeld de bekleding voldoet niet, is deze alsnog afgekeurd.

Ook bijvoorbeeld nieuwe inzichten vanuit de geotechniek moeten worden doorgevoerd in de berekeningen van de sterkte en stabiliteit. Voor het berekenen van de benodigde dimensies worden naast formules ook modellen gebruikt. Voor deze modellen geldt ook dat deze in ontwikkeling zijn en een bepaalde spreiding kennen.

Toetsing

De toetsing is een combinatie van een technisch oordeel en een beheerdersoordeel. De mate van vertrouwen in het beheerdersoordeel verschilt. Zo zijn in de tweede toetsing de resultaten van de beheerdersoordelen niet meegenomen omdat deze niet voldoende onderbouwd waren. De mogelijkheid wordt ook genoemd dat er andere belangen mee kunnen wegen in de toetsing. Omdat het beheerdersoordeel kwalitatief is kunnen daar relatief gemakkelijk verschillen in ontstaan. Enkele andere kritieke punten in de toetsing zijn het gebrek aan geld voor voldoende metingen en de lokale toepasbaarheid van ontwerpregels.

7.1.5. Onderliggende onderzoeksresultaten

Nieuwe onderzoeksresultaten vormen basis voor veranderingen in bijvoorbeeld de rekenregels of hydraulische randvoorwaarden. Een onderzoek kan tot zwaardere of minder zware dijken leiden. Meer kennis leidt tot minder onzekerheden en daardoor minder benodigde toeslagen en lagere dijken. In het verleden echter zijn er onderzoeken geweest die tot (veel) zwaardere eisen aan de dijken hebben geleid. Wat onderzoek op lange termijn zal brengen is onbekend, maar op korte termijn is wel bekend welke onderzoeken er gedaan worden.

De onderzoeken zijn al eerder in hoofdstuk 3 beschreven. Het betreft onderzoeken met invloed op de norm zoals: Waterveiligheid 21^e eeuw, Deltaprogramma deelprogramma veiligheid, meerlaagse veiligheid en Veiligheid Nederland in Kaart. Onderzoeken naar de sterkte van dijken zoals: Sterkte en Belastingen Waterkeringen, innovatieve dijkversterkingen en het monitoren van dijken. Als laatste zijn er onderzoeken met invloed op het toetsen, zoals het onderzoek naar het wettelijk toets instrumentarium (WTI 2017). Ook zal de overgang naar Eurocode 7 en ongedraineerd rekenen plaats gaan vinden.

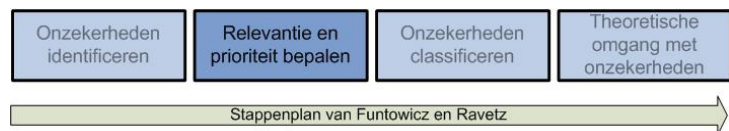
Er zijn dus onzekerheden in de sterkte van dijk, er zijn autonome ontwikkelingen, beleidsbeslissingen en methodische onzekerheden. Deze veranderingen kunnen gevolg zijn van onderzoek, waardoor onderzoeksresultaten ook een onzekerheid vormen. Onderzoek kan dus gekoppeld worden aan een verandering in de normen, hydraulische randvoorwaarden of rekenregels. Deze identificatiefase heeft dus tot een groot aantal onzekerheden geleid. Dat moet teruggebracht worden tot alleen de onzekerheden die relevant zijn en prioriteit hebben.

7.2. Relevantie en prioritering van onzekerheden

In de vorige paragraaf is een opsomming gemaakt van de geïdentificeerde onzekerheden.

Niet alle onzekerheden hoeven relevant te zijn of prioriteit te hebben. Om de onzekerheden die

relevant zijn en prioriteit hebben te achterhalen zijn de respondenten gevraagd om dit in te schatten. Eerst wordt de relevantie weergegeven, daarna de prioriteit.



Figuur 42: Deel van onderzoeksmodel, deze paragraaf geeft deel 2 van het stappenplan weer.

7.2.1. Relevantie van onzekerheden

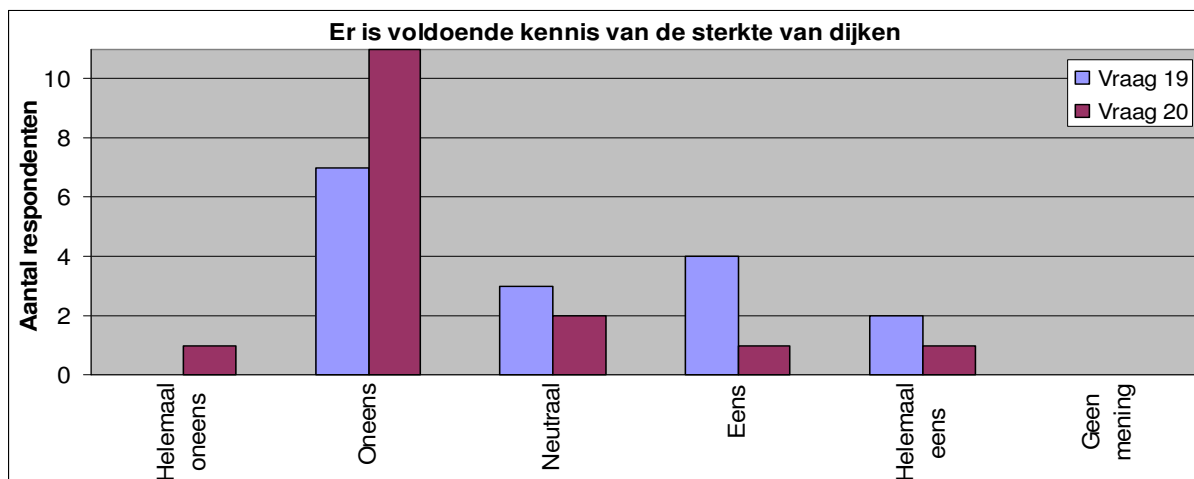
Vanuit praktisch oogpunt is de relevantie van onzekerheden per categorie bepaald, hierbij is de indeling van Brugnach et al. (2008) aangehouden. Per categorie zijn een tweetal gesloten vragen gesteld waaruit de relevantie van een bepaalde onzekerheid afgeleid kon worden. Hiervan wordt één voorbeeld weergegeven om de werkwijze te illustreren, de andere categorieën zijn in bijlage 5 weergegeven. Na het voorbeeld wordt daarom direct het overzicht van relevante categorieën weergegeven.

Voorbeeld: relevantie van gebrek aan kennis in het technische systeem

Het technische systeem is geoperationaliseerd als de sterkte (hoogte en stabiliteit) van de dijk, de gebruikte vragen zijn:

19: *Er is voldoende kennis om de hoogte en stabiliteit van een dijk een planperiode vooruit te kunnen berekenen.*

20: *Omdat de huidige kennis onvoldoende is moeten we onderzoek doen naar de hoogte en stabiliteit van dijken.*



Figuur 43: Overzicht van inschattingen van de hoeveelheid kennis van de sterkte van dijken, hierbij is vraag 20 positief geformuleerd weergegeven.

De veronderstelling was dat als er voldoende kennis is er geen onderzoek meer noodzakelijk zou moeten zijn. De statistische analyse geeft echter weer dat deze vragen niet voldoende overeenkomen. Uit de interviews blijken ook aanwijzingen waarom: een enkeling geeft een principiële reden: 'meer onderzoek is altijd goed', een vaker gehoord antwoord is dat de toeslagen in het ontwerp kleiner zouden kunnen dankzij meer kennis. De controlevraag lijkt dus tot een te hoge waardering van het gebrek aan kennis te leiden omdat men onderzoek ook om andere redenen waardeert. Aangezien de deskundigen ook in vraag 19 aangeven dat er nog niet voldoende kennis van de sterkte van de dijken is, is deze categorie als relevant beoordeeld.

Overzicht van de relevantie van de negen categorieën onzekerheid

Voor elke categorie onzekerheid is in bijlage 5 een vergelijkbare analyse gemaakt als bij het bovenstaande voorbeeld. Per categorie onzekerheid is dus bepaald of deze relevant is. In de sterkte van de dijk is het gebrek aan kennis, een onvoorspelbaarheid en de invloed van verschillende achtergronden herkend. Voor de norm en de hydraulische randvoorwaarden wordt vooral een onvoorspelbaarheid herkend, dit is samengevat in Tabel 9.

Tabel 9: Overzicht van categorieën die wel of niet relevant zijn.

	Gebrek aan kennis	Onvoorspelbaarheid	Verschuivende achtergronden
Technisch systeem	Wel relevant	Wel relevant	Wel relevant
Sociaal systeem	Niet relevant	Wel relevant	Niet relevant
Natuurlijk systeem	Niet relevant	Wel relevant	Niet relevant

7.2.2. Prioritering van onzekerheden

Nu de relevantie van de verschillende categorieën bepaald is volgen de resultaten van de prioritering. Er zijn twee aanpakken gebruikt; eerst is er een inschatting gemaakt van de belangrijkste onzekerheden per categorie. Daarna heeft elke respondent een overzicht gekregen van onzekerheden en daaruit een top drie geselecteerd. Naast de resultaten van de twee methoden worden ook de verschillen tussen de methoden aangegeven.

Methode 1: Belangrijkste onzekerheden per categorie

Elke respondent heeft aangegeven wat de belangrijkste onzekerheden in de verschillende categorieën zijn. Hierbij is de indeling in categorieën van Brugnach et al. (2008) gebruikt. In Tabel 10 zijn alleen onzekerheden weergegeven die meerdere keren genoemd zijn, de onzekerheden die het vaakst genoemd zijn staan bovenaan.

Tabel 10: Prioriteit van onzekerheden bepaald per categorie weergegeven volgens Brugnach et al. (2008)

	Gebrek aan kennis	Onvoorspelbaarheid	Verschuivende achtergronden
Technisch systeem	1. Werking faalmechanismen 2. Opbouw ondergrond 3. Werking veen 4. Reststerkte 5. NWO's 6. Overgangsconstructies	1. Variatie ondergrond 2. Ontwikkeling rekenregels (bijv. Zettingvloeiing) 3. Grondgedrag	1. Schematisering 2. Vertrouwen in ervaringskennis 3. Bepalingsmethode parameters 4. Belangen verschillen goed/afkeuren 5. Waardetoekenning aan tijdsafhankelijke faalmechanismen
Sociaal systeem	1. Schadeverwachting	1. Politieke besluiten	1. Technocratische of maatschappelijke invalshoek
Natuurlijk systeem	1. Voorkomen van extreme golfhoogten 2. Klimaatverandering (zeespiegelstijging)	1. Extrapolatie meetgegevens 2. Model HR 3. Klimaatverandering (modellen) 4. Ontwikkelingen in Duitsland	1. Sceptisch over klimaatverandering of niet

In de tabel zijn de negen categorieën onzekerheden weergegeven, ook de categorieën die niet relevant zijn. Het valt op dat niet relevante categorieën over het algemeen uit minder onzekerheden bestaan dan relevante categorieën. Ook is het opvallend dat er een aantal onzekerheden in meerdere categorieën voorkomen. Klimaatverandering komt in drie en de variatie in de ondergrond en werking van faalmechanismen komen in twee categorieën voor.

Klimaatverandering wordt door een deel van de deskundigen in twijfel getrokken terwijl anderen juist een sterke invloed verwachten. Daarnaast blijkt er niet voldoende kennis van de werking van het klimaat te zijn. De verandering van het klimaat is veranderlijk (in tijd en ruimte) en binnen deze tijdschaal niet op te lossen met onderzoek, hierdoor wordt het ook een onvoorspelbaarheid.

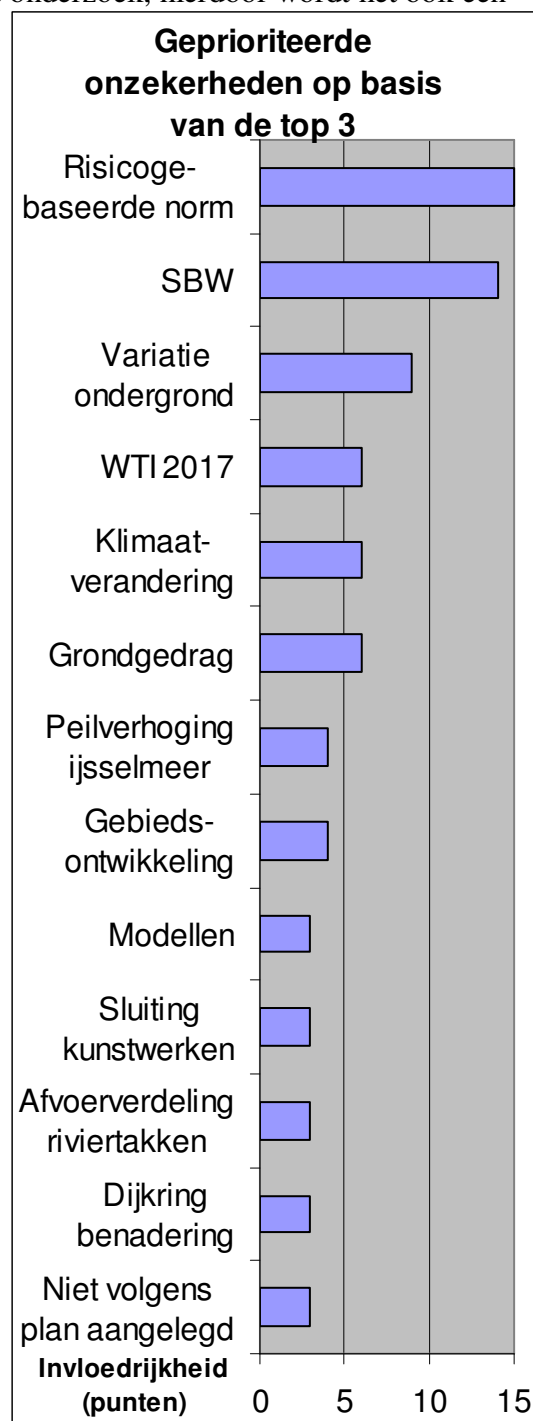
Als er onderzoek gedaan wordt naar de werking van faalmechanismen kunnen de resultaten ervoor zorgen dat er minder gebrek aan kennis is, hierdoor neem de onzekerheid af. Het is ook mogelijk dat de resultaten zorgen voor nieuwe inzichten waardoor de onzekerheid juist sterk toeneemt. Bijvoorbeeld als blijkt dat de veronderstelde werking van een faalmechanisme niet correct is, of er een nieuwe maatgevende situatie toegevoegd moet worden. Hierdoor vormt de ontwikkeling van rekenregels zowel een gebrek aan kennis als een onvoorspelbaarheid.

De reden dat de variatie in de ondergrond zowel een gebrek aan kennis, als een onvoorspelbaarheid kan zijn heeft te maken met het aantal meetpunten. Door meer grondonderzoek te doen wordt de kans op afwijkende grondkarakteristieken steeds kleiner. Het meetinterval tussen boringen/sonderingen kan wel kleiner worden maar niet alle grond kan gemeten worden. Doordat de ontstaansgeschiedenis van de grondlagen complex is blijft er altijd een onvoorspelbaarheid aanwezig in de ondergrond.

Methode 2: Top drie

Elke respondent heeft een overzicht van onzekerheden mogen aanvullen en daarna een top drie gemaakt van onzekerheden met de meeste invloed. Elk keer als een onzekerheid in de top drie is genoemd is een punt toegekend, hoger in de top drie levert meer punten op. Dit geeft aan van welke onzekerheden de meeste invloed verwacht mag worden.

In Figuur 44 zijn de belangrijkste onzekerheden weergegeven, onzekerheden met minder dan drie punten zijn niet in het overzicht opgenomen. Er zijn enkele onzekerheden die vaak genoemd worden:



Figuur 44: Resultaten van de top 3 van onzekerheden

van de risicogebaseerde norm en de resultaten van het SBW onderzoek wordt de meeste invloed verwacht.

Verschillen tussen de twee methoden

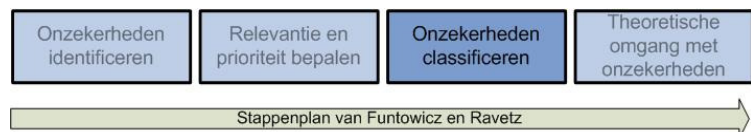
Als beide aanpakken om tot een overzicht te komen worden vergeleken zijn er vier verschillen:

1. In de top 3 zijn politieke besluiten uitgesplitst in risicogebaseerde norm, peilverhoging IJsselmeer, gebiedsontwikkelingen en de dijkkring benadering;
2. In de top 3 wordt de brede term SBW (en WTI 2017) genoemd in plaats van de uitsplitsing naar faalmechanismen, veen, reststerkte, NWO's, overgangsconstructie en zettingsvloeiing;
3. Van de 13 onzekerheden die in de top 3 voorkomen komt er één onzekerheid ("niet volgens plan aangelegd") niet overeen;
4. Ook komen onzekerheden door verschillende achtergronden niet in de top 3 voor, dit komt waarschijnlijk doordat deze niet duidelijk in het overzicht herkenbaar zijn.

Naast deze verschillen valt op dat de onzekerheden uit niet relevante categorieën inderdaad niet in de resultaten van de top 3 voorkomen. Naast de verschillende benamingen komen er dus maar enkele onzekerheden niet overeen, beide methoden geven dus vergelijkbare resultaten. Met dit overzicht van onzekerheden met prioriteit kan begonnen worden aan de volgende stap, de classificatie van onzekerheden.

7.3. Classificering van onzekerheden

Om de geprioriteerde onzekerheden in klassen onder te brengen worden de twee vastgestelde verdelingen uit de literatuur toegepast. Eerst de verdeling in verschillende typen onzekerheid, zoals voorgesteld door Brugnach et al. in 2008. En daarna een verdeling in vier niveaus zoals voorgesteld door Courtney in 1997.



Figuur 45: Deel van het onderzoeksmodel, deze paragraaf geeft stap 3 van het stappenplan weer.

7.3.1. Classificatie in typen onzekerheid

De classificatie van Brugnach et al. (2008) bevat negen categorieën. In Tabel 11 is een overzicht gegeven van de onzekerheden ingedeeld volgens de methode van Brugnach et al. In paragraaf 7.2 is aangegeven dat een aantal typen onzekerheden niet relevant zijn, deze zijn dan ook niet weergegeven.

Een aantal onzekerheden komen in verschillende categorieën voor (paragraaf 7.2.2), om het onderscheid in Tabel 11 duidelijk te maken is er een afwijkende terminologie toegepast. Gebiedsontwikkeling is uitgesplitst in: bovenstroomse ontwikkelingen (bijvoorbeeld in Duitsland) met invloed op de hydraulische randvoorwaarden, lokale ontwikkelingen met invloed op de sterkte van de dijk en de toename van de waarde achter de dijk kan leiden tot hogere normen (als er een risicogebaseerde norm is). Zo is ook onderscheid gemaakt tussen de opbouw van de ondergrond en de overgebleven variatie in de ondergrond. De laatste onzekerheid die twee keer voorkomt is nieuw onderzoek, dit is verdeeld in de werking van de rekenregels en de ontwikkeling daarvan.

Tabel 11: Classificatie van onzekerheden gebruik makend van Brugnach et al. (2008)

	Gebrek aan kennis	Onvoorspelbaarheid	Verskillende achtergronden
Technisch systeem - Sterkte dijk	• Opbouw ondergrond • Werking rekenregels (SBW en WTI 2017; reststerkte, NWO's, overgangsconstructie, veen, zettingvloeiing en faalmechanismen) • Afwijkingen van het ontwerp	• Variatie ondergrond • Ontwikkeling rekenregels • Grondgedrag • Gebiedsontwikkeling	• Schematisering • Vertrouwen in ervaringskennis • Bepaling parameters • Belangenverschillen • Waardetoekenning aan tijdsafhankelijke faalmechanismen
Sociaal systeem - Norm	Niet relevant	Politiek besluiten: • Risico gebaseerde norm • Peilverhoging IJsselmeer • Ontwikkelingen in achtergelegen gebied • Dijkkring benadering	Niet relevant
Natuurlijk systeem - Hydraulische randvoorwaarden	Niet relevant	• Klimaatverandering (modellen) • Statistiek HR • Ontwikkelingen in Duitsland • Modellen: HR	Niet relevant

7.3.2. Classificatie op niveau

De tweede classificatie die gebruikt wordt is de classificatie van Courtney (1997) in een viertal niveaus. De niveaus zijn ingedeeld naar de mogelijke uitkomstenruimte van een onzekerheid, in Tabel 12 is deze indeling weergegeven.

Niveau één bestaat uit onzekerheden die nauwkeurig genoeg voorspeld kunnen worden om een beslissing op te baseren, de overgebleven variatie mag dan niet relevant meer zijn. Opvallend is dat er geen onzekerheden van niveau één prioriteit hebben. Dit kan verklaard worden doordat deze onzekerheden voldoende voorspeld kunnen worden en dus al meegenomen worden in het ontwerp. Voorbeelden van onzekerheden van niveau één die meegenomen worden in het ontwerp zijn zettingen en NAP daling.

Bij onzekerheden van niveau twee zijn er enkele elkaar uitsluitende mogelijkheden. In sommige gevallen is de uitkomstenruimte gelimiteerd tot twee mogelijkheden, de dijkkringbenadering wordt bijvoorbeeld wel of niet toegepast. Gebiedsontwikkeling is in niveau twee geplaatst omdat het hier lokale invloeden op de sterkte van de dijk betreft, bijvoorbeeld het stoppen met een drinkwateronttrekking.

In niveau drie zijn onzekerheden ondergebracht met een afgebakende uitkomstenruimte. Er is een bepaald interval (90% zekerheid) vast te stellen van mogelijke uitkomsten. Zo is bijvoorbeeld de verwachting dat de zeespiegel in Nederland in 2050 tussen de 15cm en 35cm hoger zal zijn dan in 2000 (ENW, 2007b).

Onzekerheden van niveau vier zijn niet gebonden aan een uitkomstenruimte, hier vallen ook onbekende onbekenden onder. Bijvoorbeeld onverwachte resultaten van onderzoek zijn een onzekerheid van niveau vier.

Tabel 12: Classificatie van onzekerheden gebruik makend van Courtney (1997)

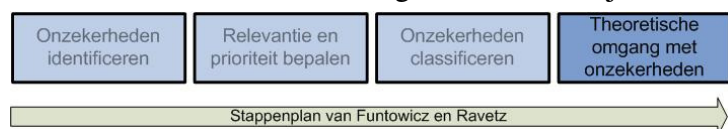
Niveau 1 Eén voorspelbare waarde	Niveau 2 Enkele elkaar uitsluitende mogelijkheden	Niveau 3 Een bereik van mogelijkheden	Niveau 4 Geen grens aan mogelijkheden
	• Vertrouwen in ervaringskennis • Gebiedsontwikkeling • Politiek besluit over risico gebaseerde normen • Politiek besluit over peil IJsselmeer • Toepassen dijkkring benadering	• Opbouw ondergrond • Werking rekenregels • Afwijkingen van ontwerp • Grondgedrag • Waardetoekenning aan tijdsafhankelijke faalmechanismen • Schematisering • Ontwikkeling van achterliggend gebied • Klimaatverandering (modellen) • Modellen HR • Statistiek HR • Bepaling parameters • Ontwikkelingen in Duitsland	• Variatie ondergrond • Ontwikkeling rekenregels • Belangenverschillen

Zoals in hoofdstuk 4 besproken verschuiven onzekerheden naarmate er meer bekend wordt naar lagere niveaus. Ook is de schaal eigenlijk continu van totale zekerheid (nul) tot volledig onzeker (vier). Sommige onzekerheden zijn daarom moeilijk te definiëren: de peilverhoging van het IJsselmeer is een politiek besluit met enkele mogelijkheden (verhogen of niet verhogen). Maar er kan ook beargumenteerd worden dat de uitkomstenruimte van 0 tot 1,5 meter loopt wat tot een onzekerheid van niveau drie zou leiden. Dit geldt voor verschillende onzekerheden.

De manier waarop met onzekerheden omgegaan wordt is bij de methode van Courtney gebaseerd op het totale niveau van alle onzekerheden. Het grootste aantal onzekerheden zijn van niveau drie, maar er zijn enkele onzekerheden van niveau vier. Van de indeling naar niveau en type kan een manier afgeleid worden om onzekerheden mee te nemen in het ontwerp.

7.4. Onzekerheden meenemen in een ontwerp

Nu de relevante onzekerheden zijn geclassificeerd kan vanuit het theoretische kader een passende werkwijze afgeleid worden om met de onzekerheden om te gaan. Ook hierbij is het onderscheid gemaakt tussen de methode van Brugnach et al. (2008) en Courtney (1997). Hierbij wordt ook aangegeven welke mogelijkheden praktische niet uitvoerbaar lijken te zijn.



Figuur 46: Deel van het onderzoeksmodel, deze paragraaf vormt het laatste deel van het stappenplan

7.4.1. Gebaseerd op type (Brugnach et al. 2008)

Uit de prioritering en het bepalen van de relevantie bleken er vijf relevante klassen onzekerheden te zijn. Per type onzekerheid zijn de mogelijkheden om met deze onzekerheden om te gaan weergegeven:

- Gebrek aan kennis in de sterkte van de dijk;
- Verschillende achtergronden bij het bepalen van de sterkte van de dijk;

- Onvoorspelbaarheid in de sterkte, norm en de hydraulische randvoorwaarden.

Gebrek aan kennis in de sterkte van de dijk

Om met een gebrek aan kennis om te gaan zijn er vijf mogelijkheden weergegeven in het theoretisch kader. Het gebrek aan kennis van de sterkte van de dijk bestaat uit drie onzekerheden. Deze mogelijkheden en onzekerheden zijn weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13: Gebrek aan kennis en mogelijkheden om daar mee om te gaan

Onzekerheden	Mogelijkheden
Opbouw ondergrond	Schatten van intervallen
Werking rekenregels	Data verzamelen en onderzoek
Niet volgens plan aangelegd	Onzekerheidsanalyse in modellen
	Models simulaties draaien om de consequenties van het kennisgebrek te ervaren
	Meningen van experts raadplegen

De eerste onzekerheid is het gebrek van kennis van de opbouw van de ondergrond. Hierbij liggen meer data verzamelen en onderzoek doen voor de hand. Er kunnen eventueel ook andere experts geraadpleegd worden. Het overgebleven gebrek aan kennis van de ondergrond zou via het schatten van een interval in modelsimulaties of onzekerheidsanalyse meegenomen kunnen worden.

Afwijkingen van het ontwerp zouden door data te verzamelen en onderzoek doen tijdens de aanleg vastgesteld en voorkomen kunnen worden. Voor het meenemen van afwijkingen in onzekerheidsanalyses zou er eerst een overzicht van mogelijke afwijkingen gemaakt moeten worden.

Het zal niet altijd mogelijk zijn om de werking van de rekenregels binnen het beoogde termijn van een dijkversterking te onderzoeken. Zoals beschreven in hoofdstuk 2 zijn dijkversterkingen nu al niet in de daarvoor bestemde periode afgerond. De andere mogelijkheden om het gebrek aan kennis van de werking van rekenregels om te gaan lijken toepasbaar.

Verschillende achtergronden bij het bepalen van de sterkte van de dijk

Om met verschillende achtergronden om te gaan zijn er vijf verschillende mogelijkheden weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14: De onzekerheden en mogelijkheden bij verschillende achtergronden van de sterkte van de dijk

Onzekerheden	Mogelijkheden
Schematisering	Overtuigen (positieve kanten eigen visie laten zien)
Vertrouwen in ervaringskennis	Dialoogleren (via een open dialoog leren)
Bepaling parameters	Onderhandelen (win-win situaties zoeken)
Belangenverschillen	Conflict koud oplossen (conflict ontwijken)
Waardetoekenning aan tijdsafhankelijke faalmechanismen	Conflict heet oplossen (opleggen visie)

De mogelijkheden om met verschillende achtergronden om te gaan zijn gericht op meerdere conflicterende achtergronden. De schematisering zou vergeleken kunnen worden met een schematisering die eerder gebruikt is of door een tweede schematisering te laten maken.

Belangenverschillen, vertrouwen in ervaringskennis en waardetoekenning aan tijdsafhankelijke faalmechanismen worden genoemd als invloed op het goed- of afkeuren tijdens de toetsing. Deze onzekerheden zouden dan vooral invloed moeten hebben op het beheerdersoordeel. In een ontwerp is er geen beheerdersoordeel waar deze invloeden een plek kunnen krijgen.

De bepaling van parameters, bijvoorbeeld de schuifspanning van de ondergrond, wordt niet altijd gelijk uitgevoerd. Dit kan voorkomen worden door in de leidraad een visie op te leggen (Conflict heet oplossen door het ENW). Het is ook mogelijk om de wijze van bepaling bij het ontwerp en de toetsing gelijk te houden per dijk.

Onvoorspelbaarheid

Om met onvoorspelbaarheid om te gaan zijn er zes verschillende mogelijkheden, deze mogelijkheden zijn toegepast op de onvoorspelbaarheden in de sterkte van de dijk, de norm en de hydraulische randvoorwaarden. In Tabel 15 zijn de mogelijkheden en de onvoorspelbaarheden weergegeven. De manier van omgaan met onzekerheden is niet per onzekerheid beschreven, maar per mogelijkheid om met onzekerheden om te gaan.

Tabel 15: Onvoorspelbaarheden en de bijbehorende mogelijkheden.

Onzekerheden	Mogelijkheden
Sterkte:	Oplossingen die in alle scenario's werken
Ontwikkeling rekenregels	Diversificatie
Grondgedrag	Verminder de gevolgen en consequenties
Gebiedsontwikkeling	Combineer strategieën
Variatie ondergrond	Gebruik tijdelijke adaptatie strategieën
Norm:	Improviseren
Risico gebaseerde norm	
Peilverhoging IJsselmeer	
Ontwikkeling achtergelegen gebied	
Dijkkring benadering	
Hydraulische randvoorwaarden:	
Klimaatverandering (modellen)	
Statistiek HR	
Ontwikkelingen in Duitsland	
Modellen HR	

Het gebruik van oplossingen die in alle scenario's werken (robuust) of een combinatie van maatregelen die samen in alle scenario's werken (diversificatie) vereist een set scenario's die alle mogelijkheden afdekken. Voor plotselinge ontwikkelingen in de rekenregels is het niet mogelijk om vooraf dit scenario vast te stellen. Voor gebiedsontwikkeling kan dit wel mogelijk zijn, afhankelijk van wat voor processen er rond de dijk aanwezig zijn. Bijvoorbeeld voor het wel of niet stoppen van een drinkwateronttrekking is het opstellen van scenario's wel mogelijk.

Politieke besluiten die de norm beïnvloeden zijn wel met scenario's te beschrijven en ook de waardetoeename van het achterliggende gebied zou op deze manier beschreven kunnen worden. Ook voor de onvoorspelbaarheden in de hydraulische randvoorwaarden zijn scenario's vast te stellen. Voor klimaatverandering zijn de scenario's bekend, voor statistiek en modellen zijn in het onderzoek van Nicolai et al. 2011 zelfs al kansverdelingen vastgesteld.

Schade en consequenties verminderen kan door de dijk eenvoudig aanpasbaar te maken en zoveel mogelijk de maatschappelijke overlast te verminderen. Dit betekent dat de vaste kosten van de dijkversterking zoveel mogelijk verlaagd moeten worden.

Tijdelijke adaptatiestrategieën zijn maatregelen die toegepast kunnen worden binnen de tijdschaal van een verandering. Het integraal versterken van alle dijken om aan nieuwe rekenregels te voldoen zal een behoorlijke hoeveelheid tijd kosten (de huidige planperiode is 50 jaar). Door na een verandering geen integrale versterking toe te passen maar gebruik te maken van een tijdelijke maatregel kunnen de dijken weer voldoen op een kortere tijdschaal. Het ontwerp van de dijk moet dan dusdanig zijn dat daar mogelijkheden voor zijn.

Improviseren kan door gebruik maken van ter plekke bedachte maatregelen. Maatregelen om onverwachte ontwikkelingen snel in te kunnen voeren en zo weer te voldoen aan de norm. Om dit mogelijk te maken is monitoring, communicatie en coördinatiecapaciteit in deze situaties van belang.

De classificatie in verschillende typen onzekerheden leidt tot meerdere mogelijkheden. Al deze mogelijkheden staan niet op zichzelf maar er kan een combinatie van maatregelen gebruikt worden. Vanuit de classificatie op niveau kunnen er nog meer maatregelen toegevoegd worden.

7.4.2. Gebaseerd op niveau (Courtney 1997)

De tweede classificatie die gebruikt is op het niveau van de onzekerheden. De onzekerheden bij dijkversterkingen bestaan voor een groot deel uit onzekerheden van niveau drie en enkele van twee en vier. De methode van Courtney is gericht op de overgebleven gecombineerde niveau van onzekerheid als het best mogelijke onderzoek wat binnen de tijdsperiode mogelijk was al is uitgevoerd. Op basis van de overgebleven onzekerheden moeten er een viertal keuzes gemaakt worden. Ten eerste: kan er gevormd worden of moet er adaptief gewerkt worden? Ten tweede: moet er nu geïnvesteerd worden of later? Ten derde: moet er gefocust worden of gedifferentieerd? En als laatste: welke beslissingmethode moet er gehanteerd worden?

Vormen of reageren

Het vormen van onzekerheden betekent dat de omgeving en daarmee de onzekerheden worden beïnvloed. De beheerder heeft bijvoorbeeld invloed op de methode waarmee de parameters bepaald worden en op ontwikkelingen in de directe omgeving rond de dijk. De rijksoverheid stelt de normering, rekenregels en hydraulische randvoorwaarden vast.

Van de 13 belangrijkste onzekerheden (Figuur 44) zijn er twee beïnvloedbaar door de beheerder: niet volgens plan aangelegd en gebiedsontwikkeling rond de dijk. Daarbij zijn bestaande NWO's echter lastig te verwijderen. Om invloed te krijgen op andere onzekerheden kan er worden gelobbyd bij het Rijk, een resultaat daarvan is bijvoorbeeld het bestuursakkoord water, een adviesrol voor de ontwikkeling van het WTI en invloed op de agendavorming voor onderzoeksprogramma's.

De rijksoverheid kan de normen en het WTI bepalen, maar is in de huidige wetgeving wel verplicht om voor elke toetsronde de nieuwe inzichten en ontwikkelingen in te voeren. Het is natuurlijk ook vanwege de veiligheid niet wenselijk om deze ontwikkelingen te negeren. Op de normhoogte hoeft alleen elke 12 jaar gereflecteerd te worden, hierin hoeft dus geen verandering op te treden. De normen zijn ook nauwelijks veranderd sinds de Deltacommissie deze heeft voorgesteld (paragraaf 3.1).

Er zijn ook onzekerheden waar zeker geen invloed op uit te oefenen is, bijvoorbeeld onverwachte nieuwe onderzoeksresultaten, klimaatverandering of de variatie in de ondergrond. Dit zijn drie van de vijf belangrijkste onzekerheden zoals weergegeven in Figuur 44.

Aangezien het vormen van belangrijke onzekerheden niet mogelijk is kan een volledig vormende strategie niet uitgevoerd worden als methode om met onzekerheden om te gaan. Dit betekent dat vanwege deze onzekerheden er een adaptieve strategie nodig is waarbij er gereageerd wordt op veranderingen.

Nu of later

De tweede keuze is tussen nu groot investeren of investeringen uitstellen. Niveau twee, drie en vier onzekerheden leiden tot het uitstellen van investeringen omdat:

- Investerings in dijken onomkeerbaar zijn.
- Er een risico op veranderende eisen is.
- De kans om later alsnog de kostenefficiënte (vaste kosten) investering te doen niet wordt weggenomen door uit te stellen⁴.

Er zijn drie methoden om investeren uit te stellen: flexibel investeren door het verkrijgen van opties, getrapt investeren en investeringen uitstellen.

Uitstellen door beheersmaatregelen toe te passen kan gezien worden als lerende optie. In tussentijd kan bijvoorbeeld een onderzoek afgerond worden of een politiek besluit genomen worden. Andere opties waarin geïnvesteerd kan worden maar die niet tot uitstel leiden zijn bijvoorbeeld de groeiopties: uitbreidbaarheid, de kennis in organisatie behouden, toekomstig ruimtebeslag reserveren, de relatie met de omgeving onderhouden en het archief van grondonderzoek bijhouden. Lerende opties zijn bijvoorbeeld: het communiceren met de gemeente en omgeving om kansen te zoeken of het doen van onderzoek naar nieuwe technologieën. Als een dijkversterking eenmaal is toegepast is er geen manier om het ongedaan te maken en daarmee een significant deel van de investering terug te krijgen. Zover bekend zijn er dus geen verzekeringsopties mogelijk.

Naast beheersmaatregelen is ook getrapt investeren een mogelijkheid om onzekerheden uit te stellen. Dit kan bijvoorbeeld door het toepassen van incrementele versterkingen. Door in plaats van een integrale versterking alleen op het afgekeurde mechanisme te versterken voldoet de dijk weer na een kleine investering.

De derde manier is investeringen uitstellen zonder additionele maatregel. Bij het uitstellen van een dijkversterking zonder additionele maatregelen moet de veiligheid op een andere manier geborgd zijn. Het kan bijvoorbeeld zijn dat de dijk nog niet de zwakste schakel in de dijkring is waardoor uitstel van investeringen tijdelijk geen extra veiligheidsrisico oplevert. No-regret oplossingen kunnen overigens altijd direct toegepast worden.

Focus of differentieer

De derde afweging is of er op één scenario ingezet moet worden of op meerdere scenario's. Er kan gefocust worden door met één scenario te ontwerpen of gedifferentieerd door investeringen te doen die positieve effecten hebben in andere scenario's. Dit kunnen worstcase of tegengestelde scenario's zijn.

Courtney geeft aan dat een gefocuste strategie bij onzekerheid van niveau vier alleen toepasbaar is als de onzekerheden daarbij gevormd kunnen worden, er verzekerd kan worden of omkeerbaar gemaakt kunnen worden. Verzekeren of investeringen omdraaien is niet mogelijk, omdat belangrijke onzekerheden niet gevormd kunnen worden is een gefocuste strategie riskant. Diversificatie is mogelijk voor onzekerheden van niveau drie, er is alleen geen

⁴ Een eventuele veranderende subsidieregeling kan een reden zijn om niet uit te stellen

zekerheid of de opties ook de mogelijke uitkomsten van onzekerheden van niveau vier afdekken.

Er is een sterke relatie tussen de drie bovenstaande beslissingen. Aangezien de vormende strategie in combinatie met nu groot inzetten en focussen op één mogelijkheid riskant is, zou een strategie van uitstellen, differentiëren en reageren de voorkeur hebben.

Beslismethode

De laatste afweging is de te gebruiken beslismethode, ook deze is afhankelijk van het niveau van de onzekerheden. Voor onzekerheden van niveau drie worden scenario- en robuustheidsanalyse voorgesteld. Voor niveau vier is er geen afdoende methode om tot een beslissing te komen. Wel kan kwalitatief bepaald worden welke optiewaarden interessant zijn door terug te redeneren. Hierbij moet de vraag gesteld worden wat er moet gebeuren zodat een optie gebruikt gaat worden.

7.5. Tussenconclusie van centrale vraag B

Om vast te stellen welke aanbevelingen uit literatuur toe te passen zijn is het stappenplan van Funtowicz en Ravetz gevolgd. De basis voor de aanbevelingen is het overzicht van geprioriteerde en geclassificeerde onzekerheden. Er zijn onzekerheden met prioriteit in vijf van de negen categorieën (van Brugnach et al.) onzekerheid. De meeste prioritaire onzekerheden zijn van niveau drie in de classificering van Courtney, er zijn echter ook enkele prioritaire onzekerheden van niveau vier.

Uit de methode van Courtney blijkt het advies om:

- Te reageren op veranderende omstandigheden en daarom adaptief en flexibel te werk te gaan;
- Drie mogelijkheden te gebruiken om investeringen uit te stellen: beheersmaatregelen, getrapte investeringen en uitstellen zonder ingreep;
- Gebruik te maken van optiewaarden;
- Diversificatie toe te passen;
- Het ontwerp te baseren op een scenarioanalyse (zonder kansen) hoewel daarin onzekerheden van niveau vier niet goed meegenomen kunnen worden;

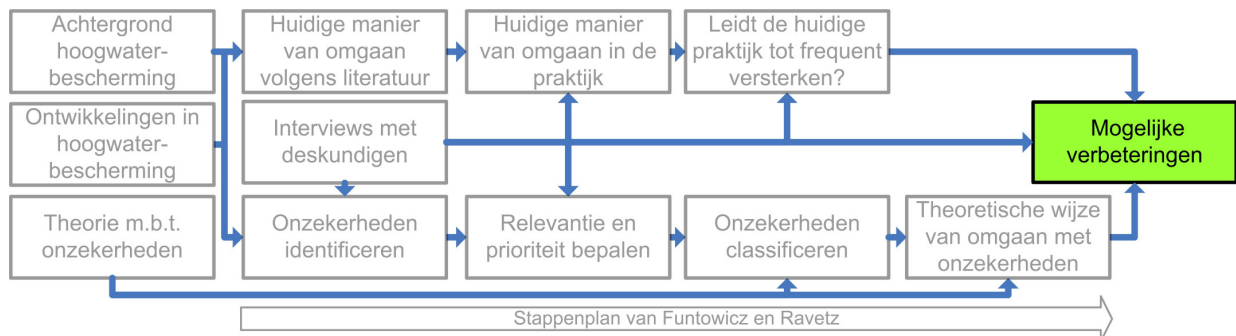
De methode van Brugnach et al. geeft per prioritaire onzekerheid vijf of zes mogelijkheden om met de onzekerheid om te gaan. De methode van Courtney gaat er van uit dat al het mogelijke al gedaan is om onzekerheden weg te nemen. De methode van Brugnach geeft wel mogelijkheden om onzekerheden te verkleinen of weg te nemen door:

- Data verzamelen en onderzoek doen;
- Experts raadplegen;
- Overtuigen, leren, onderhandelen en conflicten heet of koud oplossen.

Als methode om met onvoorspelbaarheden om te gaan wordt door Brugnach et al. ook het verminderen van de gevolgen, robuuste oplossingen en combineren van maatregelen genoemd. Nu de mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan bekend zijn, kunnen deze vergeleken worden met de huidige manier van omgaan met onzekerheden.

8. Mogelijke verbeteringen voor het omgaan met onzekerheden

De derde centrale vraag is welke aanpassingen er gemaakt kunnen worden om beter met onzekerheden om te gaan bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen. Nu de huidige werkwijze en de mogelijkheden die voortkomen uit de literatuur zijn beschreven kan de huidige manier van omgaan vergeleken worden met de theorie. In de tweede paragraaf worden de mogelijkheden die voortkomen vanuit de gesprekken met deskundigen beschreven. Als laatste wordt een overzicht gegeven van de mogelijke verbeteringen en de toepassing daarvan.



Figuur 47: Onderzoeksmodel, in dit hoofdstuk wordt de derde centrale vraag beantwoord

8.1. De huidige praktijk en theoretische inzichten

De huidige praktijk wordt in deze paragraaf vergeleken met de gebruikte theoretische kaders; Brugnach et al. (2008) en Courtney (1997). De huidige methode bestaat uit een robuustheidstoeslag, voorspellingen van ontwikkelingen, uitbreidbaarheid en de reservering van toekomstig ruimtebeslag.

De robuustheidstoeslag (en eventuele extra toeslagen) zorgt ervoor dat als er kleine wijzigingen optreden de dijk niet meteen is afgekeurd. In alle scenario's waarbij de benodigde versterking kleiner is dan de robuustheidstoeslag blijft de dijk voldoen. Brugnach et al. geven de mogelijkheid voor het gebruik van robuuste oplossingen, deze oplossing zou dan echter in alle vastgestelde scenario's moeten voldoen. Deze scenarioanalyse wordt in de praktijk niet gemaakt aangezien de robuustheidstoeslag vast ligt. Daarbij is de robuustheidstoeslag kleiner dan de benodigde versterking als bijvoorbeeld de norm aangepast wordt (Zie bijv. Figuur 13).

De voorspellingen van ontwikkelingen komen overeen met de manier van omgaan met onzekerheden van niveau één in de methode van Courtney (traditionele voorspelling). Dit is waarschijnlijk ook de reden dat er geen onzekerheden van niveau één prioriteit hebben. Klimaatverandering wordt ook op deze manier meegenomen, dit is echter in de methode van Courtney een onzekerheid van niveau drie. Er zou dus rekening gehouden moeten worden met meerdere klimaatscenario's.

Via uitbreidbaarheid en toekomstig ruimtebeslag wordt een volgende versterking van een dijk gemakkelijker gemaakt. In de theorie van Courtney kan dit als optiewaarde gezien worden, een mogelijkheid om goedkoop te herinvesteren (groeioptie). In de theorie van Brugnach et al. vallen uitbreidbaarheid en de reservering van toekomstig ruimtebeslag onder het voorkomen van de gevolgen (van frequente versterkingen).

8.2. Verbeteringsvoorstellen vanuit de deskundigen

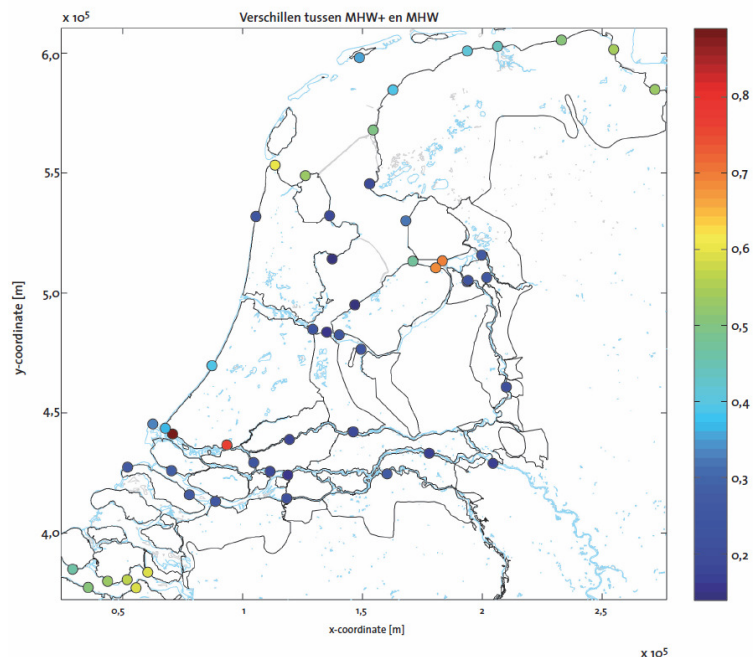
Onder de huidige richtlijnen zijn er weinig mogelijkheden om anders met onzekerheden om te gaan dan zoals de leidraden voorschrijven. De deskundigen geven aan dat de leidraden gevolgd moeten worden vanwege de subsidie. Daarom vragen zij om flexibiliteit en de invloed van ingenieurs weer terug te brengen. Een aantal deskundigen geven aan dat het niet mogelijk is om meer onzekerheden mee te nemen. De ontwikkelingen zijn niet te voorkomen en er zou geaccepteerd moeten worden dat de korte levensduur voor kan komen, ondanks de ongewenste gevolgen. Een aantal mogelijkheden worden besproken: de toeslag, afwijkende planperiode en beheersmaatregelen.

De hoogte van de robuustheidstoeslag

De meest voor de hand liggende oplossing is een hogere toeslag om de robuustheid te vergroten. Een nadeel van meer robuustheid is dat er ook meer kosten mee verbonden zijn. Ook moeten er wel argumenten zijn om de hogere toeslag te onderbouwen. Er wordt aangegeven dat om de robuustheidstoeslag vast te stellen er een locale analyse gemaakt moet worden. De analysemethode die daarvoor gebruikt kan worden kan in de leidraden vastgelegd worden. Alle onzekerheden meenemen als toeslag leidt tot te zware ontwerpen.

Omdat de onzekerheden niet overal gelijk zijn zal de locale analyse tot de hoogte van de toeslag moeten leiden. In het onderzoek van Nicolai et al. (2011) is dit voor een beperkt aantal onzekerheden gedaan, namelijk: statistische en model onzekerheden, bodemligging, strijklengte en de fout in de golfparameters. Voor deze onzekerheden zijn door deskundigen schattingen gemaakt van de kansverdelingen. Dit maakt een probabilistische benadering mogelijk.

Uit Figuur 48 blijkt dat op een deel van de locaties de spreiding groter is dan de huidige toeslag. Een dusdanige aanpak zou dus uitgevoerd kunnen worden om de hoogte van de toeslag beter te kunnen bepalen.



Figuur 48: De invloed van een aantal onzekerheden op maatgevende hoogwaterstand varieert tussen 0,1 tot 0,9m (Nicolai et al. 2011).

Beoogde levensduur

Een tweede discussiepunt is de beoogde levensduur. Een lange levensduur heeft bij een hoog aandeel vaste kosten als voordeel dat deze over veel jaren gespreid kunnen worden. Dit zorgt ervoor dat er bij dijkversterkingen relatief lange planperioden gebruikt worden. Dankzij de disconteringsvoet in de berekeningen wegen de baten in de toekomst minder zwaar mee waardoor er een optimum berekend kan worden. Uit berekeningen van Eijgenraam (2005) blijkt dat afhankelijk van de dijk een periode van 40 tot 70 jaar kosteneffectief is. Dit verandert door onzekerheden te betrekken.

Fiseller et al. (2007) hebben bijvoorbeeld rekening gehouden met onzekerheid in de (risicogebaseerde) norm en toename van de piekafvoer. Afhankelijk van de gebruikte disconteringsvoet zijn er dan verschillende planperiodes mogelijk. Uit hun analyse blijkt dat door het rekening houden met deze twee onzekerheden een planperiode van 80 tot 120 jaar een verstandige keuze zou zijn. In het rapport zijn geen andere onzekerheden geanalyseerd. Daarbij wordt aangegeven dat door de grote invloed van onzekerheden er een uitgebreidere analyse uitgevoerd zou moeten worden.

Vanwege zettingen is een lange planperiode niet overal gunstig, een zwaarder ontwerp leidt in slappe ondergrond tot snellere zetting. Deskundigen geven aan om die reden geprobeerd te hebben om een veel kortere planperiode toe te passen. Dit bleek echter vanuit maatschappelijke overlast niet wenselijk. Een genoemd voordeel van een lange planperiode is dat het zware ontwerp ook extra veiligheid geeft. Dit is echter niet altijd het geval aangezien de zwakste schakel in de dijkkring bepalend is.

Bij het bepalen van de frequentie van investeren zijn ook de kosten van toekomstige versterkingen van invloed. De kosten van een dijkversterking stijgen sneller naarmate de dijk al hoger is. Dit komt omdat er steeds meer breedte bij moet komen voor dezelfde verhoging, dit is meegenomen in de optimalisatie van Eijgenraam. Op het moment dat er duurdere constructies zoals damwanden gebruikt moeten worden kunnen de kosten relatief snel toenemen. Door deze kostensprong kan het interessant zijn om verschillende alternatieven te gebruiken. Bijvoorbeeld door het zwaarst mogelijk ontwerp in grond te vergelijken met een ontwerp met damwanden.

Beheersmaatregelen

Over de toepassing van beheersmaatregelen zijn de deskundigen kritisch, er zijn verschillende redenen waarom men behoudend is met de toepassing:

- Beheersoplossingen zijn lang niet altijd mogelijk;
- Beheersoplossingen worden gezien als uitstelgedrag en onbetrouwbaar;
- Onder de maatgevende situatie (storm) zijn beheersmaatregelen aan de kust niet uitvoerbaar;
- Er is geen toetscriterium voor alle beheersmaatregelen;
- Als beheersmaatregelen mogelijk zijn is er niet slim genoeg getoetst;
- Het moment van inzetten is lastig te bepalen.

Enkele waterschappen zetten echter wel beheersmaatregelen in. Hierbij wordt aangegeven dat beheersoplossingen noodzakelijk zijn om te voldoen aan de norm in de periode tussen de toetsing en versterking. Naast de mogelijkheden om in het ontwerp onzekerheden mee te nemen, zijn er ook veranderingen in de manier waarop de ontwerpen gemaakt worden.

8.3. *Bespreking manieren om met onzekerheden om te gaan*

Uit de theorie en de interviews met deskundigen komen een groot aantal mogelijke manieren naar voren om met onzekerheden om te gaan. Deze mogelijkheden zullen niet overal toepasbaar zijn maar per situatie overwogen moeten worden. In deze paragraaf wordt eerst de afwegingsmethode toegelicht, daarna worden de mogelijkheden om onzekerheden te verkleinen besproken en als laatste de mogelijkheden om met de overgebleven onzekerheden om te gaan.

8.3.1. Afwegingsmethode

In de huidige aanpak wordt er geen afwegingsmethode toegepast. De dijkversterking is immers (in de praktijk) voorgeschreven integraal voor 50 jaar, met een toeslag en uitbreidbaarheid. De alternatieven die vergeleken worden zijn vergelijkbare uitwerkingen van dit uitgangspunt. Bijvoorbeeld een binnendijkse of buitendijkse versterking of in welke mate er damwanden gebruikt worden. Omdat er een keuze gemaakt moet worden waarbij alle maatregelen (bijvoorbeeld getrapte investeringen en robuustheid) overwogen worden kan de planperiode, toeslag en uitbreidbaarheid niet van te voren vast staan. Dit vraagt om een methode om tot het ontwerp te komen.

Vanuit de toepassing van het model van Courtney (1997) blijkt dat onzekerheden van niveau één door middel van traditionele voorspelling meegenomen kunnen worden. Courtney geeft aan dat als afwegingsmethode voor onzekerheid van niveau twee en drie een scenarioanalyse gebruikt kan worden. Bij onzekerheid van niveau vier is er geen methode om tot een keuze te komen. Om met onzekerheden van niveau vier om te kunnen gaan (bijvoorbeeld ingrijpende wijzigingen van de werking van faalmechanismen) is alleen een adaptieve strategie toepasbaar. Door middel van een geloofwaardigheidsbenadering kan dan wel de potentie van optiewaarden geschat worden. Hierbij wordt er bepaald wat moet er gebeuren voordat een optie gebruikt gaat worden. Uit de analyse van onzekerheden blijkt een verwachting dat er rekening gehouden moet worden met onzekerheden van niveau drie, er zal een dus een scenarioanalyse toegepast moeten worden.

Naast de scenarioanalyse is ook een robuustheidsanalyse in de literatuur (Courtney) genoemd. Dit zijn twee vergelijkbare analyses: een robuustheidsanalyse is een scenarioanalyse die vanuit een ontwerp of maatregelen benaderd wordt. In een robuustheidsanalyse kunnen kansrijke alternatieven vergeleken worden bijvoorbeeld: geen versterking, minimale versterking, beheersoplossing, maximale versterking in grond, zachte versterkingen, overstroombare dijk, getrapte versterking, versterking met adaptieve mogelijkheden of een zware versterking voor een lange periode etc. Om de scenario- of robuustheidsanalyse toe te passen moeten dus alle prioritaire onzekerheden bekend zijn.

De in dit onderzoek gebruikte methode is gericht op de onzekerheden die voor heel Nederland prioriteit hebben. Per dijkversterking kunnen echter andere onzekerheden prioriteit hebben. Een oplossing is om per dijkversterking het stappenplan van Funtowicz en Ravetz toe te passen en daaruit een afgewogen methode om met de onzekerheden om te gaan van af te leiden. In de huidige praktijk worden deze stappen niet of nauwelijks toegepast (subparagraaf 6.2.3). Vanuit het stappenplan volgt een combinatie van maatregelen om met onzekerheden om te gaan.

Welke maatregelen toepasbaar zijn voor een dijkversterking is afhankelijk van de lokale situatie: bijvoorbeeld de ruimte rond de dijk, het type dijk en de relevante onzekerheden. Hierbij kan met een combinatie van maatregelen gewerkt worden, bijvoorbeeld no-regret maatregelen uitvoeren en uitstellen. Courtney geeft aan dat diversificatie, uitstellen en een adaptief ontwerp een sterke samenhang kennen. De combinatie van maatregelen zal per dijkversterking anders zijn en bestaan uit maatregelen om onzekerheden te verkleinen en maatregelen om met de overgebleven onzekerheden om te gaan.

8.3.2. Wegnemen of verkleinen van onzekerheden

Er zijn een aantal mogelijkheden gevonden om onzekerheden te verkleinen of weg te nemen namelijk: Traditionele voorspelling, onderzoek doen en dataverzameling, het gebruik van meerdere schematiseringen, de leidraad verduidelijken en meningen van experts raadplegen.

Traditionele voorspelling

De theorie geeft aan dat traditionele voorspellingen alleen voor onzekerheden gebruikt mogen worden die voldoende nauwkeurig kunnen worden voorspeld. Voor de gebruikelijk voorspelde waarden moet nog eens zorgvuldig afgewogen worden of de voorspellingen nauwkeurig genoeg zijn. In het verleden zijn bijvoorbeeld zettingen in bepaalde gebieden tegen gevallen (Waterschap Rivierenland, z.d.) waardoor er toch eerder versterkt moest worden. Onzekerheden waarvoor een traditionele voorspelling mogelijk is hoeven niet meer in de verdere analyse terug te komen.

Meer onderzoek voor een versterking

Onzekerheden kunnen worden verkleind door onderzoek te doen voor de versterking. Meer onderzoek doen na de versterking kan juist meer onzekerheid opleveren. Er zijn drie soorten onzekerheden die volgens de analyse met meer onderzoek verminderd kunnen worden: afwijkingen van het ontwerp, kennis van de ondergrond en de kennis van rekenregels.

Als de aannemer de dijk niet volgens het ontwerp aanlegt kan dit tot een mindere sterke en daardoor eerder afgekeurde dijk leiden. Tijdens de uitvoering is er meer zichtbaar en kan er dankzij geotechnisch toezicht nog ingegrepen worden. Als het ontwerp eenmaal aangelegd is moet er geboord of gesondeerd worden om de opbouw te kunnen controleren. Een aantal deskundigen geven aan dat het in de huidige praktijk ontbreekt aan toezicht op de uitvoering.

Ook het gebrek aan kennis van de ondergrond kan met onderzoek verholpen worden. In de huidige praktijk wordt het grondonderzoek al uitgevoerd, het vormt immers noodzakelijke kennis voor het maken van een ontwerp. Verschillende deskundigen geven het belang aan van meer dan voldoende grondonderzoek doen. Dit betreft zowel het bepalen van actuele grondwaterspanningen als de karakteristieken van de ondergrond. Onder druk van de kosten zou in de huidige praktijk teveel op dit onderzoek bespaard worden.

Het gebrek aan kennis van rekenregels met meer onderzoek tijdens de ontwerpfase verkleinen zal tot vertragingen leiden. Het huidige doel is de versterking af te ronden voor de start volgende toetstronde (6 jaar). Dit doel wordt nu al niet gehaald waardoor onderzoek doen voor een versterking zeer beperkt mogelijk is. Ondertussen wordt er wel veel onderzoek naar de rekenregels gedaan (bijvoorbeeld: SBW, WTI2017, INSIDE). Deze onderzoeken vormen echter juist onzekerheden voor de bestaande dijken. Meer onderzoek doen als methode om met onzekerheden om te gaan is daardoor beperkt tot de controle op de uitvoering en de opbouw van de ondergrond.

Meerdere schematiseringen

Voordat het ontwerp gemaakt wordt worden de metingen van de opbouw van de ondergrond omgezet in een schematisering. De resultaten van Berg-Ambachtproef wijzen erop dat de schematisering afhankelijk is van degene die hem maakt. Deze invloed van verschillende personen kan verholpen worden door meerdere schematiseringen te laten maken of een oudere schematisering kan gebruikt worden (mits de ondergrond niet veranderd). Er kan dan via dialoogleren en overtuigen tot één schematisering gekomen worden. Als de schematisering tijdens een toetsing en versterking voldoende gelijk zijn is dit niet langer een relevante onzekerheid.

Leidraden verduidelijken

Eén van de maatregelen die wel landelijk is in te voeren is de aanpassing van de leidraden. Veranderingen in de manier waarop de parameters vastgesteld worden zijn een onzekerheid. Deskundigen gebruiken verschillende methoden om de parameters vast te stellen. Door in de leidraden aan te geven hoe de parameters (en schematisering) exact vastgesteld moeten worden kan een onzekerheid weggenomen worden. Vanuit de interviews wordt deze mogelijkheid voor de parameters bevestigd.

Mening van experts raadplegen

Het raadplegen van experts is een methode die alleen geschikt is voor het omgaan met gebrek aan kennis. In de huidige praktijk wordt dit al toegepast door onderzoek- en ingenieursbureaus of de Helpdeskwater te raadplegen. De overgebleven onzekerheden (als de best mogelijke maatregelen toegepast zijn om deze te verkleinen) moeten meegenomen worden in het tweede deel van de strategie.

8.3.3. Omgaan met overgebleven onzekerheid

Om met de overgebleven onzekerheid om te gaan zijn er verschillende maatregelen mogelijk: robuuste oplossingen, diversificatie, gevolgen verminderen, tijdelijke adaptatie strategieën, improvisatie, uitstellen en getrapte investeringen, intervallen, no-regret maatregelen of een adaptief ontwerp. In deze subparagraaf worden deze mogelijkheden besproken.

Robuuste oplossingen

Robuuste oplossingen zijn oplossingen die voldoen in alle realistische scenario's. De huidige robuustheidstoets voldoet bijvoorbeeld alleen voor kleine afwijkingen en geeft dus geen robuuste oplossing. Deskundigen geven aan dat om met een toeslag een robuust ontwerp te krijgen er een te ("belachelijk") zware dijk ontworpen moet worden.

Diversificatie

Diversificatie is een combinatie van maatregelen die samen in alle scenario's voldoen. Bijvoorbeeld de toepassing van een maximale dijkversterking in grond, die bij een gematigd scenario een lange tijd zal voldoen aan de eisen. In een ongunstig scenario zal alleen het ontwerp in grond niet voldoen maar met een kleine ingreep kunnen de zwaardere belastingen nog gekeerd worden (Bijvoorbeeld: aanpassen bekleding, tijdelijke wand).

Verminder de gevolgen van (frequente) dijkversterkingen

Er worden al methoden om de gevolgen te verminderen toegepast: uitbreidbaarheid en ruimtereservering. Beheerders geven ook aan dat er zoveel mogelijk NWO's geweerd worden van de dijk. Kabels en leidingen blijven lang liggen en zijn moeilijk te verwijderen. Elke dijkversterking moet er dus rekening mee gehouden worden. Maatschappelijke overlast kan vooral in de organisatie van een dijkversterking verminderd worden. De mogelijkheden kunnen verder uitgebreid worden met meer lerende- en groeiopties. Om de gevolgen verder te verminderen kunnen zouden de vaste kosten van een dijkversterking zoveel mogelijk vermeden moeten worden. Bijvoorbeeld door gewone grasbedekking in plaats van een soortenrijke, of de weg niet op de dijk maar daarachter aan te leggen. Ook kan een volgende versterking eenvoudiger aangelegd worden door de relatie met de omgeving te onderhouden, kennis in de organisatie te behouden en het archief van grondonderzoek te beheren

Improvisatie en tijdelijke adaptatie

Improvisatie en tijdelijke adaptatie worden vormgegeven door beheersmaatregelen. Bij improvisatie worden de beheersmaatregelen niet van te voren gepland, na het afkeuren blijken

deze mogelijk te zijn. Bij tijdelijke adaptatie wordt het ontwerp zo gemaakt dat het mogelijk is om later beheersmaatregelen te gebruiken.

Er zijn verschillende beheersmaatregelen, er kan bijvoorbeeld gedacht worden aan: opkisten van wellen, zandzakken, tijdelijke wanden, afdekken met plastic, drainage, bigbags, bijstorten stenen, suppleren, opzetten peilen, schotbalken, kabels en leidingen afsluiten en filterlagen aanbrengen. Ook zijn er een aantal administratieve mogelijkheden toegepast zoals het beheer van de grasbekleding aanpassen, een voorland in de legger brengen of het verlegging van de dijk kruin.

Om verschillende redenen (paragraaf 8.2) zijn sommige deskundigen kritisch ten opzichte van het gebruik van beheersmaatregelen. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen administratieve, permanente, reactief gestructureerde en reactief ongestructureerde beheersmaatregelen.

- Administratieve versterkingen zijn wijzigingen in het beheer of de legger waarbij de vraag is of dit een gevolg is van niet voldoende slim toetsen.
- Permanente beheersmaatregelen zijn bijvoorbeeld het bijstorten van stenen op de vooroever, drainage verbeteren, suppleren of filterlagen aanleggen. Op dit soort maatregelen kan vertrouwd worden zolang er gemonitord wordt en de maatregel getroffen is voordat de maatgevende situatie optreedt.
- Gestructureerde beheersmaatregelen die wel op het moment zelf uitgevoerd moeten worden zijn bijvoorbeeld het afsluiten van leidingen of opzetten van het waterpeil achter de dijk. De veiligheid die gerealiseerd wordt met behulp van deze maatregelen is vergelijkbaar met het sluiten van een kering.
- Op beheersmaatregelen die reactief en ongestructureerd zijn, bijvoorbeeld het opkisten van zandmeevoerende wellen of afdekken met plastic, zijn de wel van toepassing. Het is de vraag in hoeverre deze maatregelen de veiligheid met voldoende zekerheid kunnen bieden.

In de theorie van Brugnach et al. zijn beheersmaatregelen mogelijkheden om te improviseren en te gebruiken als tijdelijke adaptatiestrategie. In de methode van Courtney zijn beheersmaatregelen te gebruiken om versterkingen uit te stellen.

Later of getrapt investeren

Een praktijkvoorbeeld van getrapt investeren is het plaatsen van de damwand (voor 100 jaar) en daarbij de verhoging van de dijk uit te stellen tot het moment dat de weg toch al onderhouden had moeten worden. Op deze manier kunnen eventuele ontwikkelingen in de tussentijdse periode wel meegenomen worden bij het verhogen van de dijk en de veiligheid is geborgd (in dit praktijkvoorbeeld voldeed de hoogte voorlopig nog wel). Ten Heuvelhof stelt voor om normconform te ontwerpen, dus een versterking toe te passen voor één toetsperiode. Trapsgewijs een uiteindelijk grote versterking bewerkstelligen zal niet gunstig zijn in het geval dat er relatief veel vaste kosten zijn.

Investerings uitstellen kan als het risico geborgd is door een beheersmaatregel of überhaupt al acceptabel is (bijvoorbeeld door systeemeffecten). Het verkleinen van onzekerheden door meer onderzoek kan aansluiten op het uitstellen van investeringen. In het huidige tijdschema van toetsen en ontwerpen is er geen ruimte om onderzoek te doen. Door uitstel mogelijk te maken zijn daar meer mogelijkheden voor.

Intervallen, modelsimulaties en onzekerheidsanalyse

Als een onzekerheid beschreven kan worden met intervallen kan die meegenomen worden in de al beschreven scenarioanalyse. Modelsimulaties en onzekerheidsanalyse zijn methoden om de grootte van de onzekerheden te bepalen. Deze methode kunnen dus gebruikt worden voor de prioritering of het maken van de scenario's.

No-regret maatregelen

Er zijn in de praktijk maar enkele voorbeelden gevonden van een no-regret maatregel. Er zijn daarbij verschillende interpretaties van no-regret gebruikt zoals beschreven in paragraaf 5.2. Oplossingen die in geen enkel realistisch scenario ongunstig uit vallen zullen niet overal aanwezig zijn. Daar waar ze wel mogelijk zijn kunnen ze onmiddellijk uitgevoerd worden.

Volledig adaptief

De enige manier om met niet-vormbare onzekerheden van niveau vier (niet beïnvloedbare onzekerheden vanuit de methode Courtney, zie 7.4.2) om te gaan is door een volledig adaptief ontwerp te gebruiken. Volledig adaptief werken zou bijvoorbeeld betekenen dat er niet langer wegen over de dijken aangelegd mogen worden en er alleen gebruik gemaakt mag worden van gras als bekleding. De inschatting is dat dit soort ingrijpende maatregelen voor veel dijken hun doel voorbij zullen schieten. Aan de kust (zachte versterking) of in het buitengebied (aan rustig water) is het wel een mogelijkheid.

8.4. Tussenconclusie van centrale vraag C

Op basis van de aanbevelingen uit de literatuur kunnen er dus verschillende aanpassingen gemaakt worden in de manier waarop met onzekerheden omgegaan wordt bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen.

Van de huidige methode sluiten uitbreidbaarheid en toekomstig ruimtebeslag goed aan bij de theorie. De voorspelling van onzekerheden sluit ook zover dit inderdaad onzekerheden van niveau één zijn, dit is bijvoorbeeld voor klimaatverandering (en zettingen) niet zo. De robuustheidstoets sluit niet aan omdat deze niet gebaseerd is op een scenarioanalyse.

De deskundigen geven aan dat door de manier waarop de leidraden en subsidievoorwaarden werken er geen mogelijkheden zijn om anders met onzekerheden om te gaan dan de leidraden weergeven. Zowel voor de planperiode als de robuustheidstoets worden in plaats van de vaste waarden analysemogelijkheden gegeven. De meeste deskundigen zijn kritisch in het gebruik van beheersmaatregelen, door enkele waterschappen worden wel beheersmaatregelen toegepast.

Door het lokaal toepassen van het stappenplan van Functowicz en Ravetz kunnen de prioritaire onzekerheden voor een dijkversterking gevonden worden. Uit de classificatie blijken dan mogelijkheden om met deze onzekerheden om te gaan. Er zijn mogelijkheden om de onzekerheden te verkleinen en om met de resterende onzekerheden om te gaan. Er wordt dus een combinatie van maatregelen gebruikt. Om deze combinatie te vinden wordt een scenarioanalyse voorgesteld. In Tabel 16 is weergegeven welke mogelijkheden er zijn, van welke literatuur deze afkomstig zijn en of de mogelijkheden bevestigd zijn door een deskundige.

Tabel 16: Een overzicht van de maatregelen en theorieën

Mogelijkheden	Huidige werkwijze	Brugnach et al. (2008)	Courtney (1997)	Deskundigen
Volgen van stappenplan van Funtowicz en Ravetz (1990, 1993)	Enkele onderdelen soms, maar niet structureel toegepast.	Is onderdeel van het stappenplan.	Is onderdeel van stappenplan.	n.v.t.
Combineer strategieën	Gevolgen vermindering, robuuste versterking en traditionele voorspellingen worden gecombineerd.	Combineren vanwege onvoorspelbaarheden.	Scenarioanalyse op basis van overgebleven onzekerheden na onderzoek.	n.v.t.
Traditionele voorspelling	In rekening brengen voorspelbare onzekerheden (zettingen, NAP daling en een gekozen klimaatscenario).	n.v.t.	Alleen niveau-éénonzekerheden zijn geschikt voor traditionele voorspelling.	n.v.t.
Meer onderzoek	Lange termijn: SBW, WT12017, WINN, INSIDE. Korte termijn: metingen voor versterkingen en toetsingen.	Vanwege gebrek aan kennis: opbouw ondergrond en controle op de aanleg. Werking rekenregels niet onderzoekbaar binnen huidige termijn van dijkversterking.	Al het mogelijke onderzoek om onzekerheden weg te nemen moet gedaan zijn voor het nemen van een besluit.	Meer dan voldoende grondonderzoek doen: lokaal recente metingen van grondwaterspanning en grondkarakteristieken. Er is financiële druk op aantal metingen en gebrek aan controle in de uitvoering.
Meerdere schematiseringen	n.v.t.	Ten behoeve van het mogelijk maken van dialoogleren en overtuigen.	n.v.t.	n.v.t.
Leidraad verbeteren	Herstructurering van leidraden en technische rapporten.	Vastleggen van de methode voor de bepaling van parameters (en schematisering).	n.v.t.	Vastleggen van de methode om parameters te bepalen.
Meningen van experts raadplegen	Ingenieursbureaus, onderzoeksbureaus en de Helpdeskwater kunnen worden geraadpleegd.	Vanwege gebrek aan kennis (van rekenregels en opbouw ondergrond).	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 16: Een overzicht van de maatregelen en theorieën (vervolg)

Mogelijkheden	Huidige werkwijze	Brugnach et al. (2008)	Courtney (1997)	Deskundige
Robuuste oplossingen	Vaste robuustheidstoetslag.	Oplossing zoeken die in alle scenario's werkt.	n.v.t.	Robuustheidstoetslag niet verhogen voor alle onzekerheden, wel aanpassen aan lokale situatie.
Diversificatie	n.v.t.	Diversificatie toepassen vanwege onvoorspelbaarheden	Diversificatie vanwege niveaudrie-onzekerheden, scenariostudie toepassen.	n.v.t.
Verminder de gevolgen van (frequent) versterken	Uitbreidbaarheid en toekomstige ruimtereservering, maatschappelijke overlast van versterkingen beperken.	Gevolgen voorkomen vanwege onvoorspelbaarheden.	Opties gebruiken (groei, lerend en verzekerd) om flexibiliteit te behouden.	Conflicteert met sober en doelmatig ontwerp.
Improvisatie en tijdelijke adaptatiemaatregelen	Improvisatie: enkele beheersmaatregelen als overbrugging tot aan versterking.	Beheersmaatregelen en mogelijkheden scheppen in het ontwerp voor beheersmaatregelen.	n.v.t.	Kritische t.o.v. beheersmaatregelen.
Later of getrapt investeren	In principe voor de volgende toetsronde conform de leidraad voor 50 jaar investeren met enkele (praktische) uitzonderingen.	Zie improviseren en tijdelijke adaptatie maatregelen.	Uitstellen evt. met beheersmaatregelen, getrapt investeren.	Economische optimalisering geeft lange levensduur (dankzij vaste kosten).
No-regret maatregelen	Genoemde voorbeelden geven definitieverschillen aan.	n.v.t.	Direct toepassen.	
Volledig adaptief ontwerp	n.v.t.	n.v.t.	Is de enige mogelijkheid vanwege niveauvier-onzekerheden i.c.m. het niet kunnen beïnvloeden (vormen) van bepalende onzekerheden.	Accepteren dat het onmogelijk is om met alle onzekerheden in rekening te brengen.

9. Conclusie

Op basis van literatuuronderzoek en interviews met deskundigen is de mogelijkheid gezien om (nieuwe ontwikkelingen als) onzekerheden mee te nemen bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen. Door de aanbevelingen uit de literatuur te vergelijken met de huidige werkwijze zijn er een aantal verbeteringen gevonden. De conclusies worden aan de hand van de drie centrale vragen besproken.

Centrale vraag A: Vormt de huidige manier van omgaan met onzekerheden bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen aanleiding om hierin aanpassingen aan te brengen?

Ja, de huidige manier van omgaan met onzekerheden is aanleiding om andere mogelijkheden toe te passen. De huidige methode van omgaan met onzekerheden bestaat uit het voorspellen van een aantal ontwikkelingen, een robuustheidstoets en het gemakkelijk maken van een volgende versterking door uitbreidbaarheid en het reserveren van toekomstig ruimtebeslag. De leidraden worden praktisch altijd aangehouden om aan de subsidievoorwaarden te voldoen.

De huidige methode is niet in staat om met onzekerheden in de norm, onverwachte ontwikkelingen, ontwikkelingen op onderdeleniveau en nieuwe kennis om te gaan. Daarnaast mist een kwantitatieve onderbouwing van de hoogte van de toets. Het niet meenemen van deze onzekerheden zal naar verwachting van deskundigen ook in de toekomst tot frequente versterkingen leiden. Deze versterkingen zijn vooral ongewenst vanwege de extra kosten en de invloed op maatschappelijk draagvlak. Hierbij geven de deskundigen aan dat frequent versterken af zal nemen naarmate er meer kennis en nauwkeurigere modellen zijn.

De huidige methode van omgaan met onzekerheden zal naar verwachting leiden tot ongewenste frequente versterkingen. In de volgende centrale vraag worden de mogelijkheden die de literatuur aangeeft om met onzekerheden om te gaan toegepast aan de hand van een stappenplan.

Centrale vraag B: Hoe zou het omgaan met onzekerheden vormgegeven kunnen worden als de theoretische inzichten vanuit de literatuur over onzekerheid worden toegepast?

Om vast te stellen welke aanbevelingen uit literatuur toe te passen zijn is het stappenplan van Funtowicz en Ravetz gevolgd. De basis voor de aanbevelingen is het overzicht van geprioriteerde en geclassificeerde onzekerheden. Er zijn onzekerheden met prioriteit in vijf van de negen categorieën onzekerheid van Brugnach et al.. De meeste prioritaire onzekerheden zijn van niveau drie in de classificering van Courtney, er zijn echter ook enkele prioritaire onzekerheden van niveau vier. Uit de methode van Courtney blijkt het advies om:

- Te reageren op veranderende omstandigheden en daarom adaptief en flexibel te werk te gaan.
- Drie mogelijkheden te gebruiken om investeringen uit te stellen: beheersmaatregelen, getrapte investeringen en uitstellen zonder ingreep.
- Gebruik te maken van optiewaarden.
- Diversificatie toe te passen.
- Het ontwerp te baseren op een scenarioanalyse (zonder kansen) hoewel daarin niveau 4 onzekerheden niet goed meegenomen kunnen worden.

De methode van Brugnach et al. geeft per prioritaire onzekerheid vijf mogelijkheden om met de onzekerheid om te gaan. Dit leidt tot een groot aantal mogelijkheden die deels overlappen met de mogelijkheden die uit de classificatie van Courtney komen. De methode van Courtney

gaat er van uit dat al het mogelijke al gedaan is om onzekerheden weg te nemen. De methode van Brugnach geeft wel mogelijkheden om onzekerheden te verkleinen of weg te nemen door:

- Data verzamelen en onderzoek doen
- Experts raadplegen
- Overtuigen, leren, onderhandelen en conflicten heet of koud oplossen

Als methode om met onvoorspelbaarheden om te gaan wordt door Brugnach et al. ook het verminderen van de gevolgen, robuuste oplossingen en het combineren van maatregelen genoemd. Nu de mogelijkheden om met onzekerheden om te gaan bekend zijn, kunnen deze vergeleken worden met de huidige manier van omgaan met onzekerheden.

Centrale vraag C: Welke aanpassingen kunnen er gemaakt worden om beter met onzekerheden om te gaan bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?

Van de huidige methode van omgaan met onzekerheden (robuust ontwerpen) sluiten uitbreidbaarheid en toekomstig ruimtebeslag goed aan bij de theorie. De voorspelling van onzekerheden sluit ook aan voor zover dit inderdaad onzekerheden van niveau één betreft, dit is bijvoorbeeld voor klimaatverandering (en zettingen) niet zo. De robuustheidstoets past niet binnen de theorie omdat deze niet gebaseerd is op een scenarioanalyse.

De deskundigen geven aan dat door de manier waarop de leidraden en subsidievoorwaarden werken er geen mogelijkheden zijn om anders met onzekerheden om te gaan dan de leidraden aangeven. Zowel voor de planperiode en de robuustheidstoets geven de deskundigen aan een analyse te kunnen maken in plaats van de vaste waarden te gebruiken.

Door het lokaal toepassen van het stappenplan van Functowicz en Ravetz kunnen de prioritaire onzekerheden voor een dijkversterking gevonden worden. Uit de classificatie blijken dan de mogelijkheden om met deze onzekerheden om te gaan. Eerst kunnen er zoveel mogelijk onzekerheden weggenomen worden door:

- Meer onderzoek te doen o.a. geotechnisch toezicht tijdens de uitvoering en naar grondeigenschappen;
- Meerdere schematiseringen te gebruiken;
- Experts te raadplegen vanwege gebrek aan kennis;
- Traditionele voorspellingen te gebruiken voor onzekerheden van niveau één;
- Methode bepaling parameters in de leidraad exact vastleggen.

De overgebleven onzekerheden (van niveau twee en drie) worden meegenomen in een scenarioanalyse. Uit de scenarioanalyse volgt een combinatie van de volgende mogelijkheden:

- Robuuste oplossingen;
- Diversificatie;
- Gevolgen verminderen;
- Improviseren en tijdelijke adaptatie strategieën;
- Uitstellen of getrapt investeren;
- No-regret maatregelen;
- Adaptief ontwerp.

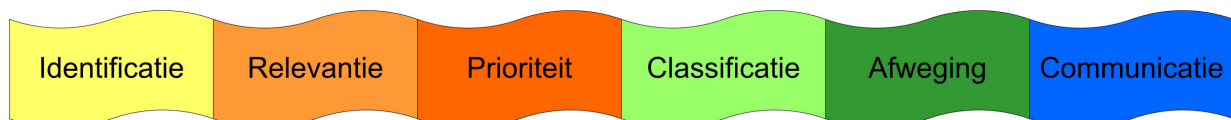
In de analyse kunnen onzekerheden van niveau vier niet meegenomen worden omdat daar geen scenario's voor vastgesteld kunnen worden. Niet beïnvloedbare (vormbare) onzekerheden van niveau vier leiden tot een adaptief ontwerp.

Hoofdvraag: Welke bijdrage kan er vanuit de literatuur over onzekerheden geleverd worden aan het ontwerpen van primaire dijkversterkingen?

Van de toepassing van de literatuur over het omgaan met onzekerheden op dijkversterkingen kunnen een aantal conclusies afgeleid worden. Dit betreft de kritiek op de huidige toegepaste werkwijze en mogelijkheden om anders met onzekerheid om te gaan.

Kritiek op de huidige werkwijze

In de huidige praktijk wordt al het nodige gedaan om met onzekerheid om te gaan (robuust ontwerpen). Het toepassen van uitbreidbaarheid en reservering van toekomstig ruimtegebruik komt goed overeen met de theorie. De traditionele voorspelling van toekomstige ontwikkelingen is niet conform voor klimaatveranderingen (en zettingen). De robuustheidstoets voldoet niet omdat deze niet gebaseerd is op een scenarioanalyse. Deze analyse wordt op dit moment niet gemaakt. Ook de andere stappen van Functowicz en Ravetz worden in de praktijk lang niet altijd uitgevoerd.



Figuur 49: Het stappenplan van Functowicz en Ravetz.

Maatregelen

Omgaan met onzekerheden zou met een combinatie van maatregelen moeten plaatsvinden. De onderbouwing van de maatregelen wordt daarbij gevormd door het stappenplan te volgen. Dit stappenplan leidt uiteindelijk tot een scenarioanalyse. Op basis van het overzicht van prioritaire onzekerheden en de lokale mogelijkheden kan een selectie van maatregelen gemaakt worden. De combinatie van maatregelen zal dus per dijkversterking anders zijn en bestaan uit:

1. Maatregelen om onzekerheden te verkleinen
2. Maatregelen om met resterende onzekerheid om te gaan

De literatuur geeft aan dat de enige mogelijkheid om de overlast van frequent versterken met absolute zekerheid te voorkomen is door een adaptief ontwerp toe te passen. Langs de kust en in beperkte mate in het buitengebied is een adaptief ontwerp toepasbaar. Voor een groot deel van de dijken is de verwachting dat de negatieve effecten van het overgaan naar een adaptief ontwerp groter zijn dan de huidige negatieve effecten van frequent versterken. Door deskundigen wordt dan ook aangegeven dat niet met alle onzekerheid rekening gehouden kan worden. Er moet geaccepteerd worden dat er versterken nou eenmaal nodig is.

Het toepassen van de literatuur over onzekerheid leidt niet tot één algemene maatregel waarmee het frequent versterken voorkomen kan worden. Om de gevolgen (financieel en maatschappelijk) te minimaliseren is per dijkversterking is een andere aanpak nodig. Door de voorgestelde methode te volgen kan er per situatie tot een beargumenteerde en onderbouwde dijkversterking gekomen worden. Om dit toe te passen worden in het volgende hoofdstuk diverse aanbevelingen gegeven.

10. Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek worden er verschillende aanbevelingen gedaan. Er worden aanbevelingen gedaan voor het huidige ontwerpproces, beleidsveranderingen, het toepassen van de gebruikte literatuur en voor een vervolgonderzoek.

Aanbevelingen voor het huidige ontwerpproces

Onder de huidige leidraden en subsidievoorwaarden geven de ontwerpers aan weinig mogelijkheden te zien om anders met onzekerheden om te gaan. Toch kunnen ook bij het huidige beleid enkele aanbevelingen gedaan worden:

- De ontwerper kan beter met onzekerheden om gaan door de maatregelen om onzekerheden te **verkleinen** uit te voeren. De meeste van deze methoden kosten geld in het ontwerpproces maar verhogen ook de zekerheid van het ontwerp. Dit is vooral toepasbaar als de aanbestedingsvorm meer op kwaliteit (zekerheid) en minder op kosten is gericht;
- De beheerders hechten in tegenstelling tot de andere partijen meer belang aan uitbreidbaarheid van het ontwerp (in verhouding tot de kosten). Dit is te verklaren omdat de beheerder langere tijd aan de dijk verbonden is en dus geconfronteerd zal worden met volgende versterkingen. De ontwerper kan door dit in te zien beter aansluiten bij de wens van de opdrachtgever (beheerder);
- Het is verstandig om niet langer de planperiode (50 jaar) als levensduur te presenteren. Enkele beheerders geven al aan dit niet langer te doen;
- De aversie tegen beheersmaatregelen is vanuit het perspectief van omgaan met onzekerheden ongewenst. Ook de beleving dat een (integrale) versterking voor de volgende toetsronde af behoort te zijn vormt een barrière voor het uitstellen van investeringen;
- Zoek naar kansen om de vaste kosten van een ontwerp zo veel mogelijk te verlagen. In plaats van het automatisch toepassen van een ontwerp conform de leidraden.

Aanbevelingen voor het beleid

Om de voorgestelde maatregelen (om met **resterende onzekerheid** om te gaan) binnen het subsidiekader toe te kunnen passen zijn een aantal wijzingen noodzakelijk in het beleid:

- Laat de verplichte integrale versterking met een vaste toeslag en planperiode los en gebruik een scenarioanalyse, alternatieve dijkversterkingen en het stappenplan;
- Een vergelijking van alternatieven in de scenariostudie zou naast kosten ook op maatschappelijke overlast gericht moeten zijn;
- Vervang de probabilistische vaststelling van de robuustheidstoeslag in de leidraad door een scenarioanalyse;
- Heroverweeg de verplichting tot het nemen van maatregelen (artikel 2.12) in de Waterwet waardoor het mogelijk wordt om investeringen uit te stellen als het risico al geborgd of minimaal is;
- Leg de methode van vaststelling van parameters (en schematiseringen) exact vast in de leidraden en het voorschrift toetsen op de veiligheid.

Aanbevelingen over de toegepaste literatuur

De toepassing van de combinatie van meerdere methoden uit de literatuur heeft tot zowel een interessante aanvulling als overlap geleid. De twee classificatiemethoden geven deels dezelfde

mogelijkheden en er zijn geen tegenstrijdigheden gevonden, de volgende verschillen zijn opgemerkt:

- Het stappenplan van Functowicz en Ravetz en de classificatiemethode van Brugnach et al. sluiten naadloos op elkaar aan. De methode van Courtney echter gaat uit van de overgebleven onzekerheid nadat al het mogelijke al gedaan is om onzekerheden te verkleinen, deze stap ontbreekt in dat geval in het stappenplan;
- De methode van Courtney leverde een duidelijkere conclusie over de toepassing van een adaptief ontwerp en gaf de traditionele voorspellingen ook een plaats binnen de theorie. Daarnaast gaf de methode van Courtney geeft ook aan welke aanpak gebruikt moet worden om tot een besluit te komen;
- De methode van Brugnach et al. geeft op het niveau van individuele onzekerheden ook de mogelijkheden aan om onzekerheden te verkleinen of weg te nemen.

Binnen dit onderzoek heeft de methode van Courtney tot de belangrijkste conclusies geleid. Bijvoorbeeld over adaptief ontwerpen en de scenariostudie. De methode van Brugnach et al. heeft tijdens het onderzoek als structuur gediend. Voor een toepassing in de praktijk, voor één dijkversterking zal de methode van Brugnach et al. in combinatie met het stappenplan Functowicz en Ravetz beter voldoen. De belangrijkste conclusies vanuit Courtney zijn in dit onderzoek al getrokken en Brugnach et al. geeft meer mogelijkheden (ook om onzekerheden te verkleinen) en een betere structuur.

Aanbevelingen ten behoeve van verder onderzoek

In dit onderzoek is zover bekend een eerste aanzet gedaan tot het gebruik van deze literatuur bij dijkversterkingen. Om dit onderzoek verder uit te kunnen bouwen zijn verschillende mogelijkheden:

- Het bepalen van de (maatschappelijke) kosten van frequent versterken zodat de doelmatigheid van de voorgestelde maatregelen bepaald kan worden, dit begint met het maken van een centraal overzicht van dijkversterkingen.
- Er zijn aanbevelingen gedaan om beleidswijzigingen te doen, hoe dit exact in de leidraden en wetgeving vormgegeven kan worden moet nog onderzocht worden.
- De voorgestelde methode is in dit onderzoek toegepast op de situatie in heel Nederland. Een pilotproject kan gebruikt worden om de toepassing en de resultaten daarvan te testen. Dit kan ook waardevolle inzichten geven voor de manier waarop de leidraden aangepast moeten worden.
- Verder uitbreiden van het overzicht van onzekerheden ten behoeve van de identificatiefase.
- Als de norm vormgegeven wordt als een overstromingskans per dijkring dan dragen alle dijken een deel bij aan de totale overstromingskans. Als de overstromingskans hoger is dan de norm kunnen dus ook verschillende dijkversterkingen uitgevoerd worden. In de keuze tussen verschillende dijkversterkingen kan het voorkomen van frequent versterken als argument meegenomen worden.

Dit onderzoek is beperkt tot de ontwerpfase van de dijkversterkingen. De ontwerpfase is maar een klein deel van het proces van toetsen en ontwerpen. Uit de interviews blijkt dat ook buiten het ontwerp mogelijkheden zijn om frequent versterken te verminderen. In het volgende hoofdstuk, de discussie, is aandacht besteed aan deze mogelijkheden.

11. Discussie

Het toepassen van de literatuur over onzekerheden heeft tot een overzicht van mogelijke manieren om met onzekerheid om te gaan geleid. In dit onderzoek is er alleen gekeken naar de mogelijkheid om in het ontwerp om te gaan met onzekerheden. Ook buiten het ontwerp zijn er mogelijkheden om frequent versterken te voorkomen. Ten tweede zijn er actuele wijzigingen in het systeem van toetsen en ontwerpen waardoor het frequent versterken kan veranderen. Als laatste wordt ook de gebruikte onderzoeksmethode geanalyseerd.

11.1. *Oplossingen buiten het ontwerpen*

Dit onderzoek is gericht op het omgaan met onzekerheden tijdens het ontwerpen. Een observatie is dat ook in de toetsing en de normering kansen liggen. Deze oplossingrichtingen kennen diverse voor- en nadelen en zijn niet verder onderzocht.

Het commentaar van beheerders en toetsers is dat de toetsing niet altijd tot terecht afkeuren leidt. De toetsing zou technisch, niet flexibel en te strikt zijn. Een andere manier van toetsen zou voorgesteld kunnen worden. In de Verenigde Staten wordt bijvoorbeeld een audit toegepast.

In de toetsing zou ook aandacht kunnen worden gegeven aan de mate van goed- of afkeuring. Op dit moment is een dijk goed- of afgekeurd. Er is geprobeerd om onderscheid te maken tussen voldoende en goed, maar hier is toch van afgestapt. Via prioritering in het nHWBP wordt er alsnog een keuze gemaakt tussen onmiddellijk versterken of uitstellen. Hier kan in de toetsing op aangesloten worden door bijvoorbeeld het aantal jaar vast te stellen dat de dijk nog zal voldoen (of niet meer voldoet) in een bepaald scenario. Dus laatst goedgekeurd in 2006 of goedgekeurd tot 2020 in plaats van goed of afgekeurd.

Een andere mogelijkheid is onderscheid maken tussen de norm voor het toetsen en de norm voor ontwerpen. Omdat de norm gebaseerd is op een kosten-batenanalyse kan bijvoorbeeld voor het toetsen het lokaal individueel risico gebruikt worden en voor het ontwerpen het risico volgens de kosten-batenanalyse (rekening houdende met systeem effecten). Op deze manier is het verschil tussen het ontwerp en de toetsing groter zonder een noodzakelijk zwaarder ontwerp.

Een kritiekpunt dat vanuit de ontwerpers is genoemd is dat niet altijd met de nieuwste kennis wordt ontworpen. Nieuwe kennis wordt namelijk direct in de toetsing ingevoerd en leidt zo tot snel afkeuren. Door nieuwe kennis eerst in de leidraden in te voeren en later in het VTV kan nieuwe kennis ingevoerd worden zonder dat dit tot frequente versterkingen hoeft te leiden. In andere industrieën is deze werkwijze gebruikelijk, bijvoorbeeld voor LPG opslagtanks is een dusdanige getrapte invoering gebruikt (PGS, 2010). Hierbij ligt voor de hand dat het risico door het uitgesteld invoeren van de nieuwe kennis klein moet zijn t.o.v. de extra kosten die gemaakt moeten worden als de kennis wel onmiddellijk doorgevoerd wordt.

11.2. *Aankomende veranderingen in het proces*

Veranderingen in het proces van toetsen en versterken, hoofdstuk 3) beïnvloeden de onzekerheden of geven mogelijkheden om anders met onzekerheden om te gaan. Deze veranderingen bestaan uit de MIRT-achtige aanpak, financiering en de toetsfrequentie.

De eerste verandering is het toepassen van een MIRT-achtige aanpak. In de MIRT-systematiek is er een verkenningfase waarin niet langer het resultaat van de toetsing automatisch tot

integrale versterking leidt. De keuze voor een beperkte versterking in plaats van integraal versterken zou hier aan bod kunnen komen.

De tweede verandering is de financiering. Doordat de financiering deels bij de waterschappen komt te liggen is er een verschil in perspectief weggenomen (de partij die betaalt tegenover de partij die beheert). Niet iedereen is het er over eens of de 10% projectgebondenbijdrage voldoende is. De invloed van verschillende belangen als onzekerheid bij het bepalen van de sterkte de dijk wordt op deze manier verminderd.

Een derde verandering is de toetsfrequentie, de toetsfrequentie wordt verlaagd van eens per 6 naar eens per 12 jaar. Deze lagere frequentie is bedoeld om voldoende tijd te hebben om de toetsing en versterking af te ronden voor de volgende toetsing. Hoewel de lagere frequentie niet bedoeld is om een langere levensduur te bereiken is dat effect er wel. Dit kan ook leiden tot een grotere ophoping van projecten. Dit kan worden voorkomen door een continue toetsing te gebruiken in plaats van periodieke.

11.3. Gebruikte onderzoeksmethode

Dit onderzoek is zover bekend een eerste aanzet voor het gebruik van deze literatuur bij dijkversterkingen, ook de identificatie van zoveel mogelijk onzekerheden is vernieuwend. Omdat meerdere onderzoeksdoelen in één interview gecombineerd moesten worden was de diepgang beperkt. Dit verkennende karakter heeft ook consequenties voor de betrouwbaarheid. Er zijn enkele verbeteringen en opmerkingen te maken over de onderzoeksmethode, de vragen, geïnterviewden, literatuur en verwerking.

Toegepaste onderzoeksmethode

De keuze voor interviews heeft goed uitgepakt, bij het verklaren van de antwoorden zijn de toelichtingen erg waardevol gebleken. De keuze om één vaste gesloten vragenlijst te gebruiken (in combinatie met het semigestructureerde interview) is minder goed bevallen. Voornamelijk respondenten zonder praktische ervaring konden veel vragen niet beantwoorden. Dit is opgelost door een andere indicator te gebruiken.

Het verklaren van een deel van de variatie aan de hand van de achtergrond van de respondenten bleek niet uitvoerbaar. De meting van risicoaversie was niet accuraat genoeg en de respondenten hadden ervaringen in verschillende functies en locaties. Door de respondenten te ordenen naar de huidige werkgever was dit deels op te lossen.

Onderbouwing vragenlijst

Om de vragenlijst samen te stellen zijn twee methoden gebruikt: de onzekerheidsmatrix en de betrokken belanghebbenden methode. Van beide methoden is afgeweken:

De gebruikte onzekerheidsmatrix bestaat uit een inschatting van de kans en het gevolg. Uit een test bleek dat het de respondenten niet lukte om de kans van optreden en het gevolg van onzekerheden in de top drie te scheiden. Dit kan verklaard worden doordat dat sommige onzekerheden aan elkaar gekoppeld zijn. Bijvoorbeeld bevolkingsgroei is pas een onzekerheid bij een risicogebaseerde norm. Ook kan een onzekerheid op een enkele dijk veel invloed hebben maar niet of nauwelijks op andere dijken. Het bleek het wel mogelijk om de top drie toe te passen door direct te vragen naar de grootste invloed.

Een nadeel van de vragen voor de onzekerheidsmatrix is dat de respondenten hun eigen perceptie aangeven en niet de werkelijke situatie. Bijvoorbeeld de vraag: "Is er voldoende

kennis om de hoogte en stabiliteit van een dijk een planperiode vooruit te berekenen?” geeft strikt genomen als resultaat of men *denkt* dat er voldoende kennis is. Er is geen methode bekend om dit te verbeteren. Het is dan ook een gebruikelijke methode om deskundigen dit soort onzekerheden in te laten schatten.

Van de betrokken belanghebbendenmethode is de laatste stap niet uitgevoerd: het controleren van de gezamenlijk geproduceerde kennis. Dit zou in een vervolgonderzoek alsnog kunnen. Sommige vragen waren moeilijk te beantwoorden, dit waren voornamelijk vragen waarin een toekomstverwachting gevraagd werd.

Om interpretatieverschillen te voorkomen zijn er meerdere vragen per onderwerp gebruikt en met een indicator vergeleken. Hieruit bleek dat verschillende controlevragen niet voldoende overeen kwamen met de originele vraag. Door het verwijderen van enkele vragen kon voor de meeste vragen toch een antwoord geformuleerd worden.

Selectie van geïnterviewden

Het aantal geïnterviewden, de verdeling, en de methode waarop ze bereikt zijn heeft ook invloed op de betrouwbaarheid.

- Het aantal geïnterviewden is beperkt, omdat de geïnterviewden ook nog in verschillende klassen zijn ingedeeld zijn er weinig ‘meetpunten’, zeker voor de verschillen tussen deskundigen.
- De methoden die gebruikt zijn om de geïnterviewden te bereiken hebben als nadeel dat er geen zuivere steekproef gebruikt is. Het belang van de personen benaderen die daadwerkelijk betrokken zijn is hierbij boven de zuivere steekproef gesteld.
- Er zijn een aantal personen benaderd die niet hebben gereageerd of zichzelf niet geschikt achtte, de non-respons is ongeveer 30%.
- De spreiding van geïnterviewden had beter gekund door ook een beheerder in het Waddengebied en de Zeeuwse eilanden te interviewen.

Afwijkingen in de onderzoeksmethode

In een aantal gevallen werden de antwoorden gedomineerd door één standpunt gebaseerd op persoonlijke ervaring. Dit kan een bepaald afgekeurd dijkvak zijn, een bezwijken dijk of een ervaring bij een voorgaande werkgever. Door meerdere interviews uit te voeren is de invloed daarvan kleiner geworden.

Het overzicht van de onzekerheden heeft zich steeds verder uitgebreid. Het overzicht voor de inschatting van de top drie is dan ook niet gelijk gebleven gedurende het onderzoek. De belangrijkste onzekerheden zouden altijd genoemd moeten zijn omdat iedere respondent eerst aanvullingen heeft gegeven op het overzicht en daarna pas de top drie heeft gemaakt.

Een andere observatie is dat sommige respondenten persoonlijk redeneerde en andere deels namens hun instantie of vanuit een hoger perspectief. Een voorbeeld daarvan is de vraag of snel verbeteren een probleem is? Een respondent gaf aan dat vanuit het perspectief van het ingenieursbureau het geen probleem is, maar vanuit het perspectief van BV Nederland wel.

Verwerking van de onderzoeksresultaten

De opzet was om Cronbach's alfa te gebruiken om de interne consistentie tussen de vragen te testen. Cronbach's alfa is echter niet toepasbaar voor datasets met ontbrekende antwoorden. Om aan (moeilijk te maken) voorspellingen te komen was de mogelijkheid om geen mening in

te vullen was bewust niet gegeven. Omdat er toch geen mening ingevuld werd is er overgeschakeld naar de Spearman-Brown indicator. Bij het vergelijken van vragen bleken er lage scores op de Spearman-Brown indicator. Dit kan worden verklaard door het beperkt aantal vragen. Was er bijvoorbeeld de ruimte geweest om een derde vraag te stellen dan was de indicator bij gelijke correlatie voor enkele vragen wel positief geweest.

11.4. Samenvatting

Er zijn ook mogelijkheden om het probleem van frequent versterken te verkleinen in de toetsing of normering. Doordat alleen de mogelijkheden in de ontwerpfase zijn onderzocht zijn deze mogelijkheden niet verder uitgewerkt. Er kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het toetsresultaat weergeven als jaartal waarvoor de dijk is goedgekeurd of een andere norm voor het toetsen dan voor het ontwerpen. Om tot een onderbouwde keuze van maatregelen te kunnen komen moeten ook de mogelijkheden in de toetsing en normering onderzocht en meegenomen worden.

Ook de organisatie van het proces van toetsen en ontwerpen beïnvloedt de manier van omgaan met onzekerheden. Een verandering in de financiering kan de onzekerheid door belangenverschillen verkleinen, maatregelen kunnen aansluiten op een MIRT-achtige aanpak en een lagere toetsfrequentie zorgt ook voor minder frequent versterken. Deze veranderingen hebben naar verwachting geen doorslaggevende invloed op dit onderzoek.

De gebruikte methode is passend bij een verkennend onderzoek, vanuit praktische overwegingen zijn er een aantal keuzes gemaakt die de betrouwbaarheid verlagen. Bijvoorbeeld de selectie van, en het aantal, geïnterviewden. Achteraf kan vastgesteld worden dat:

- Een uitgebreidere testronde van de interviewvragen incl. verwerking had een betere overeenkomst tussen vragen en controlevragen kunnen geven.
- Een scheiding tussen interviewstrategieën tussen uitvoerende partijen en het Rijk had de praktische uitvoering kunnen verhogen.
- De combinatie van de benodigde informatie voor vijf deelvragen in één interview had voorkomen kunnen worden door eerst de identificatie en classificatie af te ronden en daarna pas te prioriteren.

Het doel van een verkennend onderzoek is het aangeven van de mogelijkheden. De onderzoeksmethode was dan ook daarop afgesteld.

Referenties

- d'Angremond, K., (2002). Pompen of verzuipen. Verkregen op 13-03-2012 van <http://citg.tudelft.nl/index.php?id=21943&L=1>
- Advies Commissie Elverding (Versnelling Besluitvorming Infrastructurele Projecten), (2008). Sneller en beter
- ANP, (2000). De dijk na anderhalf jaar alweer te zwak. Reformatorische dagblad 25 juli 2000, Verkregen op 18 september 2012 via <http://www.digibron.nl/search/share.jsp?uid=00000000012dd138a5b640765c9d07ba&sourceid=1011>
- Asselt, van M.B.A & Petersen, A., (2004). Niet Bang voor onzekerheid. RMNO
- Asselt, van M.B.A & Rotmans, J., (2002). Uncertainty in integrated assessment modelling. *Climatic Change* 54: 75–105, 2002.
- Atsma, J.J., (2011). Basisrapportage HWBP 2. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Atsma J.J., (2011b). Deltawet waterveiligheid en zoetwatervoorziening
- Atsma, J.J., (2012). Kaders en uitgangspunten voor actualisering waterveiligheidsbeleid. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Braber, den D., (2009). Onrust om scheuren in Lekkerkerkse Huizen. Reformatorische dagblad 30-12-2009
- Brugnach, M. Dewulf, A. Pahl-Woslt, C. & Tailieu, T., (2008). Toward a relational concept of uncertainty: About knowing too little knowing too differently and accepting not to know. *Ecology and society* 13(2):30
- Calle, E., (2009). Technische rapport grondonderzoek en schematiseren bij dijken. Presentatie bij ENW-SBW 19-November-2009
- Centraal planbureau, (2012). Rondetafelgesprek hoogwaterbescherming.
- Courtney, H. Kirkland, J. & Viguerie, P., (1997). Strategy Under Uncertainty. *Harvard Business Review*, 11/12 1997, 67-79
- Courtney, H., (2001). 20/20 Foresight crafting strategy in an uncertain world. Harvard business school press. ISBN 1578512662
- Dantzig, van D., (1956). Economic decision problems for flood prevention. *Econometrica*. 24: 276-287
- Deltacommissie, (2008). Samen werken met water.
- Deltares, (2008). Uncertainty Analysis of the Hydraulic Boundary Conditions of the Wadden Sea
- Deltares, (2011). Maatschappelijke kosten baten analyse waterveiligheid 21^{ste} eeuw.
- Deltares, (2012). Sterkte & Belastingen Waterkeringen (SBW) Verkregen op 7-9-2012 van <http://www.deltares.nl/nl/project/108322/sterkte-belastingen-waterkeringen-sbw/>
- DWW, (2005). VNK Overstromingsrisico dijkkring 14 Zuid Holland
- Ecomare (z.d) Zeedijken. Verkregen op 2-3-2012 van <http://www.natuurinformatie.nl/ecomare.devleet/natuurdatabase.nl/i001820.html>
- Eijgenraam, C.J.J. (2007). Opnieuw bekeken: het economische beslissingsprobleem van de bescherming tegen overstroming. *Strator* jaargang 8 nummer 4.
- Eijsbergen, E. van, Poot, K. Geer, I. van de. (2008) Flood Risk Understanding Concepts. Ministry of Transport Public Works and Watermanagement.
- Europees parlement en de raad van de Europese unie (2007) Richtlijn 2007/60/EG Van het Europese parlement en de raad.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2007). Leidraad Rivieren.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2007b). Technische Rapport Ontwerpbelastingen voor het Rivierengebied.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2007c). Advies over de Hydraulische randvoorwaarden 2006.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2007d). Advies over de Voorschrift toetsen op veiligheid 2006.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2008). Addendum I bij de leidraad rivieren.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2008b). Robuust ontwerpen voor de kust.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2009). Addendum I bij leidraad zee en meerdijken.
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2010). Piping realiteit of rekenfout?
- Expertise Netwerk Waterkeren, (2011). Kwaliteitsborging analyse Deltares waterveiligheid.

- Expertise Netwerk Waterkeren, (2012). Inbreng van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) voor het Rondetafelgesprek hoogwaterbescherming op 20 maart 2012
- Field, A. P., (2005). *Discovering statistics using SPSS* (2nd edition). Londen: Sage.
- Fisseler, J. Kind, J. en Prins, S., (2007). Financiële onderbouwing robuust ontwerp dijken. H20/ 25-25 2007
- Funtowicz, S. O. and Ravetz, J. R., (1990). *Uncertainty and Quality in Science for Policy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Funtowicz, S. O. and Ravetz, J. R., (1993). 'Science for the Post-Normal Age', *Futures* 25 (7), 739–755.
- Gemeente Schouwen-Duiveland, (2007). Storm Schouwen. Verkregen op 18-9-2012 van www.thesilvermountain.nl
- Groot, de M.B. en Meijers, P., (2007). Verwekingsvloeiing in zand. In *Geotechniek* 4 september 2007.
- Halffman, W. de Vries, A. & Hoppe, R., (2008). Samen onzekerheid doenbaar maken.
- Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, (z.d.). Veilige dijken verkregen op 7-9-2012 van http://www.hdsr.nl/bestuur_en/taken/submenu_taken/veilige_dijken/
- Heezik, A.A.S., (2006). Strijd om de rivieren. Meester & de Jonge, Lochum.
- Helpdeskwater (z.d.) Primaire waterkeringen Verkregen op 24-02-2012 van <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid-0/primaire/>
- IPCC, (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPO, (2012). Genuanceerde Waterveiligheid. Verkregen op 13-04-2012 van <http://www.helpdeskwater.nl/actueel/@33670/genuanceerde/>
- Kenniscentrum InfoMil, (z.d.). Omgevingswet. Verkregen op 9-10-2012 van <http://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/omgevingswet>
- Klinke, A. & Renn, O. (2002). A new approach to risk evaluation and management. *Risk analysis* volume 22 nr. 6.
- KNMI, (2011). Nader verklaard: zeespiegelstijging Verkregen op 12-3-2012 van <http://www.knmi.nl/cms/content/21306/zeespiegelstijging>
- KNMI, (2009). KNMI klimaatscenario's suggesties voor gebruik. Verkregen op 25-05-2012 van <http://www.knmi.nl/klimaatscenarios/suggesties/index.html>
- Kraaij, E., (2012). Het nieuwe hoogwaterbeschermingsprogramma. Unie van Waterschappen & Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Kust en zee, (z.d.). Nederlandse kust. Verkregen op 29-2-2012 van <http://www.kustgids.nl/nederland/index.html>
- Letch, A., (2012). Moeten we de waterschappen opheffen of niet? Verkregen op 12-9-2012 van <http://www.bouwprofs.net/forum/topics/moeten-we-de-waterschappen-maar-opheffen-of-juist-niet>
- Lopez, M., (2007). Estimation of Cronbach's Alpha for Sparse Datasets. *Proceedings of the 20th Annual Conference of the National Advisory Committee on Computing Qualifications*. New Zealand, pp. 151-155
- Malik, A. Rothbaum, J. Smith S. C., (2010). *Climate Change, Uncertainty, and Decision-Making*. IIEP Working Paper 2010-24
- Minister van Justitie. (2009). Waterwet. *Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden*
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, (2009). Nationaal waterplan 2009-2015.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, (2011). Bestuursakkoord water.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, (2011b). Eindrapport evaluatie derde toetsing primaire waterkeringen.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu., (2011c). Samenvatting nationaal waterplan 2009-2015.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, (2011d). Spelregels van het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT)
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, (2012). Dummybegroting Deltafonds.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, (2012b). Spelregelkader hoogwaterbeschermingsprogramma deel C
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, (2007). Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, (2007b). Draaiboek toetsen primaire waterkeringen.

- Morselt, T. (2011) Kosten-baten analyse in het waterbeheer. Blueconomy.nl
- Mulder, De F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I.L., Westerhoff, W.E. en Wong, Th.E., (2003). De ondergrond van Nederland. Wolters-Noordhoff, Groningen, 379 pp.
- Nicolai, R. Vrouwenfelder, T. Wojciechowska, K. & Steenbergen, H., (2011). Omgaan met onzekerheden in het waterveiligheidsbeleid. STAtOR oktober 2011 13
- Programmabureau HWBP, (2008). Handreiking PPI-methodiek voor HWBP projectleider
- Project Bureau Zwakke Schakels, (2007). MER zwakke schakel west Zeeuws Vlaanderen.
- Publicatiereeks Gevaarlijke stoffen, (2010) 16 LPG Afleveringsinstallaties. Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 16:2010 versie 1.0 (09-2010)
- Refsgaard, J.C. van der Sluis, Hojberg, A.J. & Vanrolleghem, P.A., (2007). Uncertainty in the environmental modelling process e A framework and guidance Environmental Modelling & Software 22 (2007) 1543e1556
- Rijkswaterstaat, (2009). Workshop SSK.
- Rijkswaterstaat, (z.d.). Extra spuicapaciteit afsluitdijk. Verkregen op 10-05-2012 van http://www.rijkswaterstaat.nl/water/plannen_en_projecten/vaarwegen/ijsselmeer/extra_spuicapaciteit_afsluitdijk/
- Rijkswaterstaat IJsselmeergebied, (1997). Klimaatverandering en bodemdaling: de gevolgen voor de waterhuishouding van Nederland.
- RIVM, (2004). Risico's in bedijkte termen.
- RIVM, (2003). Milieu balans 2003, het Nederlandse milieu verklaard.
- RIZA, (2006). Hydraulische randvoorwaarden 2006 Vecht en IJsseldeta
- Silva, W., (2002). Hoeveel (hoog)water kan ons land binnenkomen via de Rijn bij Lobith, nu en in de toekomst? RIZA Rapport 2003.015
- Sterlini, F., (2011). Dictaat Hydraulic Engineering.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, (1998) Grondslagen voor waterkeren
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, (1999). Leidraad zee- en meerdijken.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, (2004). Technische Rapport Waterspanningen bij dijken.
- Ten Heuvelhof, (2011). Een dijk van een programma.
- Tweede kamer der Staten Generaal, (2012). Verslag van een algemeen overleg, gehouden op woensdag 4 april 2012, over Waterkwantiteit - Waterbeleid Verkregen op 11-05-2012 van http://www.europa-nu.nl/id/viyr58bhmz4/verslag_van_een_algemeen_overleg#p2
- Walker, W.E. Harremoes, P. Rotmans, J. Van Der Sluijs, J.P. Van Asselt, M.B.A.
- Janssen P. & Krayen Von Krauss M.P., (2003). Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support Integrated Assessment 2003, Vol. 4, No. 1, pp. 5–17
- WaterForum, (2010). Dijken toetsen eenvoudiger maken maar niet minder toetsen. Verkregen op 12-3-2012 van http://www.waterforum.net/index.php?option=com_content&view=article&id=1153&Itemid=32
- Waterschap Noorderzijlvest, (z.d.). Onderhoud. Verkregen op 7-9-2012 van http://www.noorderzijlvest.nl/werk_in_uitvoering/onderhoud
- Waterschap Rivierenland, (z.d.) Dijkverbetering. Verkregen op 22-03-2012 van http://www.waterschaprivierenland.nl/werk_in_de_buurt/dijkverbetering
- Waterschap Vallei en Eem, (2008). Waterbeheersplan 2010-2015.
- Waterschap Rivierenland, (2010). Beleidsregels. Verkregen op 7-9-2012 van http://www.waterschaprivierenland.nl/digitaal_loket/regelgeving/beleidsregels_keur_waterschap_rivierenland_2009/20110101
- Wemelsfelder, P.J., (1939). Wetmatigheden in het optreden van stormvloed. *De Ingenieur* 511: B31
- WRR, (2007). Waterbeheer en Waterveiligheid
- Yska, D.W.H., (2009). Van deltacommissie tot deltacommissie. Niet gepubliceerde Master scriptie, Universiteit Twente

Lijst met geïnterviewde deskundigen

Alle conclusies en resultaten in dit rapport zijn gebaseerd op een beperkt aantal interviews. Ook zijn de meningen van geïnterviewden op persoonlijk titel en niet namens hun werkgever. Bij het interpreteren van deze resultaten mogen deze dus niet zomaar als algemeen geldend verondersteld worden. De volgende deskundigen (Tabel 17) zijn geïnterviewd met behulp van de vaste vragenlijsten.

Tabel 17: Lijst van deskundigen in semigestructureerde interviews

Persoon	Organisatie	Functie	Datum
Hans Niemeijer	Arcadis		3 juli 2012
Vincent Hombergen	DHV	Senior projectmanager	5 juli 2012
Hans Waals	Waterschap Hollandse delta en nHWBP	Strategisch adviseur	11 juli 2012
Ludolf Wentholt	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer	Research manager waterkeringen	16 juli 2012
Jes Kaihatu	Waterschap Zuiderzeeland	Beleidsadviseur waterkeringen	16 juli 2012
Martien Berk	Oranjewoud	Projectmanager kust en rivieren	17 juli 2012
Joop Weijers	RWS Waterdienst / TUD	Hoogleraar flood defence	18 juli 2012
Derk Jan Sluiter	Waterschap Groot Salland	Beleidsmedewerker waterkeringen	18 juli 2012
Leontien Barends	Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Beleidsadviseur flood risk	19 juli 2012
Etienne Faassen en Esther Ubink	Hoogheemraadschap van Rijnland	Adviseur waterkeringen	20 juli 2012
Leo van Nieuwenhuijzen	Royal Haskoning	Flood safety consultant	23 juli 2012
Ed Calle	Deltares	senior specialist flood risk	26 juli 2012
Don de Bake	Rijkswaterstaat waterdienst	Voormalig projectmanager HWBP2	31 juli 2012
Jan Blinde	Deltares	Senior adviseur geotechniek	2 augustus 2012
Rob den Breejen	Waterschap Hollandse Delta	Adviseur waterkeringen	7 augustus 2012
Ruud Joosten	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Technische adviseur dijkversterkingen	24 augustus 2012

Andere geraadpleegde deskundigen en open interviews

(o.a. in de voorfase van het onderzoek)

Persoon	Organisatie	Functie	Datum
Harry Mols	Witteveen+Bos	Hoogwaterbescherming en landinrichting	13 februari 2012
Mathijs van Stralen	RWS Waterdienst	Omgevingsmanager	16 februari 2012
Mathijs Kok	HKV Lijn in Water/ TUD	Wetenschappelijk directeur/ Hoogleraar	21 februari 2012
Maarten Janssen	Witteveen+Bos	Hydrodynamica en morfologie	22 februari 2012
Han Knoef	Deltares	Programmaleider SBW en WTI	Telefonische, 24 februari 2012
Bas de Bruijn	Zzp, enw, RvR en waterschap rivierenland		4 april 2012
Frans van den Berg	Waterschap rivierenland	Projectleider	3 mei 2012
Marinus Aalberts	Witteveen+Bos	Project engineer	20 april 2012
Johan van den Boomgaard	Waterschap Veluwe	Projectmanager	7 mei 2012
Joost Lansink	Witteveen+Bos	Adviseur waterkeringen	27 juni 2012
Henk de Kruik	Unie van Waterschappen	Beleidsmedewerker waterveiligheid	Per mail, 20 juli 2012
Ilka Tanczos	Rijkswaterstaat Waterdienst	o.a. ENW coördinator	Telefonische, 17 augustus
Marieke Hazelhoff en Annemiek Roeling	Ministerie Infrastructuur en milieu en RWS Waterdienst	DG ruimte en water / RWS	31 augustus 2012

Begrippenlijst

Beheerder	- Verantwoordelijke voor beheer, toetsing en onderhoud van de kering.
Bezwijkmechanismen	- Manieren waarop een kering kan falen.
Bruto Nationaal Product	- Totale verdienste van een land
Commissie	- Door de minister ingesteld om een advies te geven over de waterveiligheid
Commissie Maris	- Deltacommissie (1953 – 1960).
Commissie Becht	- Rivierdijken (1977).
Commissie Boertien	- Rivierdijken (I en II) vanaf 1992.
Commissie Tielrooij	- Waterbeheer 21ste eeuw, 2000.
Commissie Veerman	- Deltacommissie nieuwe stijl, 2007-2008.
Dam	- Waterkerende constructie als scheiding tussen twee wateroppervlakten.
Deltacommissaris	- Vertegenwoordiger van het deltaprogramma, integratie van projecten.
Dijk	- Waterkerende grondconstructie bedoelt om achterliggend land tegen water te beschermen.
Dijkring	- Stelsel van primaire waterkeringen en/of hoge gronden, dat een dijkringgebied omsluit en beveiligt tegen overstromingen.
Dijkringgebied	- Het gebied binnen een dijkring.
Dijkvak	- Een deel van een waterkering waarvoor de sterkte-eigenschappen en belastingen homogeen zijn.
Disconteringsvoet	- Ratio waarmee toekomstige kosten en baten omgerekend - kunnen worden naar een ander tijdstip.
Faalmechanismen	- Processen die kunnen leiden tot het falen van een dijk
Groepsrisico	- Het risico dat een groep loopt.
Hoge gronden	- Delen van Nederland die dankzij hun hoge ligging geen overstromingsrisico hebben.
Hydraulische randvoorwaarden	- Set ontwerprandvoorwaarden voor een kering bestaat uit de maatgevende hoogwaterstand en golfcondities.
Individueel risico	- Het risico dat één willekeurig individu loopt ook wel plaatsgebonden risico genoemd
Inklinking	- Verzakken en onder eigen gewicht ineens drukken van grond.
Keringen	- Dammen, dijken, duinen en kades maar geen kunstwerken.
Kunstwerk	- Op maat gemaakte constructie, bijvoorbeeld een sluis.
Legger	- Document waarin de maten van de kering vastgelegd zijn.
Levensduur	- Periode vanaf de aanleg tot afkeuring.
Maatgevende hoogwaterstand	- Waterstand die een kans van voorkomen heeft gelijk aan de norm.
Majoreren	- Door in meerdere stadions veiligheidsmarges te nemen een ontwerp te zwaar dimensioneren.
Meerlaagse veiligheid	- Veiligheid realiseren in drie lagen: preventie, schade beperking en rampverwerking.
Normaal Amsterdams peil	- Referentievlak voor hoogte metingen in Nederland
Nationale vereffening	- Proces waarbij waterschappen deel van de kosten nationaal verrekenen.

Norm	- Eis waaraan de waterkering moet voldoen
Normconform	- Taakstelling om te voldoen aan de toetsingvoorwaarde voor 12 jaar
Normdebiet	- Het debiet dat de kans van voorkomen heeft gelijk aan de wettelijke norm.
Normhoogte	- De hoogte die benodigd is voor de omstandigheden zoals die voor kunnen komen met een kans gelijk aan de norm.
Onzekerheden	- Elke afwijking van het onhaalbare ideaal van compleet determinisme
Overstroming	- Falen van een (primaire) waterkering met resulterende wateroverlast
Overstromingskans	- Kans op een overstroming van op een dijkkringgebied.
Overschrijdingskans	- Kans op een hogere waterstand dan de keringen op zijn berekend.
Overstromingsrisico	- Kans op een overstroming vermenigvuldigd met de gevolgen.
Planperiode	- Geplande levensduur waarop het ontwerp is gebaseerd.
Primaire waterkering	- Kering tegen de zee, grote rivieren of Marker- en IJsselmeer
Primaire waterkering A	- Maken deel uit van het dijkkring en grenzen direct aan het water. (Duinen)
Primaire waterkering B	- Maken geen deel uit van de dijkkring maar vormen verbinding ertussen (afsluitdijk)
Primaire waterkering C	- Maken deel uit van de dijkkring maar grenzen niet direct aan het water, compartimenteringdijk.
Regionale waterkering	- Andere kering dan de primaire of secundaire bijvoorbeeld boezemkade of kanaaldijk.
Risico	- De kans dat iets optreed vermenigvuldigd met de consequenties.
Risico aversie	- Risico ontwijkend gedrag waarbij grotere schade bij gelijk risico erger gevonden wordt. Eens in 10.000 jaar €100.000 schade wordt erger ervaren dan elk jaar €10 schade.
Risico evasie	- Relativiteit van risico ten opzichte van het totaal bedrag: €50 risico op een bedrag van €100, wordt erger ervaren dan €50 risico op een bedrag van €100.000.
Robuust ontwerpen	- In het ontwerp rekening houden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden.
Secundaire waterkering	- Compartimenteringskering binnen een dijkkring, vaak in combinatie met peilscheiding.
Seiches	- Staande golf in halfafgesloten bekkens
Stabiliteit	- Weerstand van een kering tegen faalmechanismen anders dan de hoogte, bijvoorbeeld afschuiving en de taluds.
Uitbreidbaarheid	- Het principe dat er rekening mee gehouden wordt dat een ontwerp uitgebreid wordt
Vaste kosten	- Kosten die niet variëren met de omvang van de aanpassing.
Variabele kosten	- Kosten die variëren met de omvang van de aanpassing,
Verhoging	- Aanpassing van de kering wanneer deze niet voldoet aan de maatgevende hoogwaterstand.
Versterking	- Aanpassing van de kering om te voldoen aan de norm.
Verzwaring	- Aanpassing van de kering om te voldoen aan stabiliteit.
Waakhoogte	- Het verschil tussen het ontwerppeil en de kruin van de dijk

Wateroverlast	- Overlast van water door alle mogelijke oorzaken.
Wettelijke norm	- Norm zoals deze in de wet is vastgelegd.
Zeeniveau	- Waterstand op zee op een bepaalde plek en tijd, waarbij getij invloeden weggemiddeld zijn.

Afkortingen

ANP	- Algemeen Nederlands Persbureau
DGRW	- Directoraat Generaal Ruimte en Water
DWW	- Dienst Weg Waterbouwkunde (RWS)
ENW	- Expertise Netwerk Waterveiligheid
FLORIS-	Flood Risks and Safety in the Netherlands
HR	- Hydraulische Randvoorwaarden
HWBP-	Hoog Water Beschermingsprogramma
IPCC	- International Panel on Climate Change
IPO	- Interprovinciaal overleg
IVW	- Inspectie Verkeer en Waterstaat
LNC	- Landschap Natuur en Cultuur waarden
LRT	- Landelijke Rapportage Toetsing
MHW	- Maatgevende hoogwaterstand
MLV	- Meerlaagse Veiligheid
MHBN-	Maatgevend hydraulische belasting niveau
MIRT	- Meerjarenprogramma Infrastructuur Ruimte en Transport
NAP	- Normaal Amsterdams Peil
NBW	- Nationaal Bestuursakkoord Water
nHWBP-	nieuw Hoog Water Beschermingsprogramma
NWO's	- Niet Waterkerende objecten
OEI	- Overzicht Effecten Infrastructuur raming
PGS	- Publicatiereeks GEvaarlijke stoffen
PKB	- Planologische kernbeslissing
PPI	- Projecten Planningen Infrastructuur
PRI	- Project Raming Infrastructuur
RIVM	- Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu
RIZA	- Rijksinstituut voor integraal zoetwaterbeheer en afvalwaterbehandeling
RVR	- Ruimte voor de Rivier
ROR	- Europese Richtlijn Overstromingsrisico's
RWS	- Rijkswaterstaat
SBW	- Sterkte en Belastingen Waterkering
SNIP	- Spelregelkader Natte Infrastructuur projecten
SSK	- Standaard Systematiek Kostenraming
STOWA-	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
TAW	- Technische Adviescommissie (ENW sinds 2005)
TOI	- Toets en Ontwerp instrumentarium
UvW	- Unie van waterschappen
VNK	- Veiligheid Nederland in Kaart
VTV	- Voorschrift Toetsen op Veiligheid
WINN	- Water Innovatie
WTI	- Wettelijk Toets Instrumentarium
WV21	- Waterveiligheid 21st eeuw
WRR	- Wetenschappelijke raad voor regeringsbeleid

Bijlagen

Onzekerheid bij dijkversterking

Omgaan met onzekerheden in de levensduur bij het ontwerpen van primaire dijkversterkingen

Inhoud:

- 1 Vragenlijst gedurende interview
- 2 Vragenlijst vooraf interview
- 3 Faalmechanismen
- 4 Versterkingsprogramma's
- 5 Relevantie van onzekerheden
- 6 Statistische analyse vraag 23/24

Afstudeerscriptie

N. de Boer BSc.

1. Vragenlijst gedurende interview

Introductie

Dit interview vindt plaats in het kader van mijn afstuderen aan de Universiteit Twente, de master civiele techniek en management specialisme water. De aanleiding voor het onderzoek is dat Witteveen+Bos bij een aantal dijkversterking heeft ervaren dat de vorige dijkversterking daar relatief recent plaats had gevonden. Om dit op te lossen is er sinds 2007 in de leidraden het principe robuust ontwerpen opgenomen. Echter zien we nu ontwikkelingen die toch weer tot afkeuren zouden kunnen leiden. Vandaar dat ik met verschillende partijen ga praten over het omgaan met- en inschattingen van de onzekerheden.

Algemene vragen

1. noteren: Naam datum en goedkeuring opname
2. Kunt u kort iets vertellen over uw achtergrond?
 - Voor welke instantie bent (was) u werkzaam?
 - Wat is uw huidige functie omschrijving?
 - Welke andere functies heeft u binnen het vakgebied bekleed?

Probleemstelling

1. Herkent u de probleem stelling die ik zojuist geschetst hebt?
2. Kunt u voorbeelden geven van dijkversterkingen waar dit probleem speelde?
3. Want was de oorzaak van deze versterkingen?
4. Is robuust ontwerpen de oplossing voor frequent verbeteren van dijken?

Bedankt voor het invullen van de gesloten vragen.

1. Heeft u alle vragen in kunnen vullen of nog opmerkingen over de vragen?

Met betrekking tot de onzekerheden

We zullen nu de 9 verschillende categorieën onzekerheden langslopen. Deze hebben betrekken op de sterkte van de dijk, de wettelijke normen en als laatste de hydraulische randvoorwaarden.

Het technische systeem is de dijk zelf. Deze wordt gekenmerkt door de hoogte en stabiliteit van de dijk. Het sociale systeem wordt gevormd door wetgeving en maatschappelijke ontwikkelingen. Deze vormen de basis voor de wettelijke normen en de toetsing daarvan. Het natuurlijk systemen zijn de rivieren, meren en de zee en grond. Deze bepalen de belasting in de vorm van hydraulische randvoorwaarden: de maatgevende waterstand en golfcondities.

Hoogte en stabiliteit

Wat is het belangrijkste gebrek aan kennis met betrekking tot hoogte en stabiliteit van de dijk?

Wat is de belangrijkste oorzaak de toekomstige hoogte en stabiliteit van de dijk onvoorspelbaar is?

Hoe kan het dat verschillende deskundigen het niet altijd eens zijn over de hoogte en stabiliteit van de dijk?

Wettelijke norm

Wat is het belangrijkste gebrek aan kennis in de verwachting van de toekomstige wettelijke norm?

Wat is de belangrijkste oorzaak waardoor de toekomstig wettelijke norm onvoorspelbaar is?

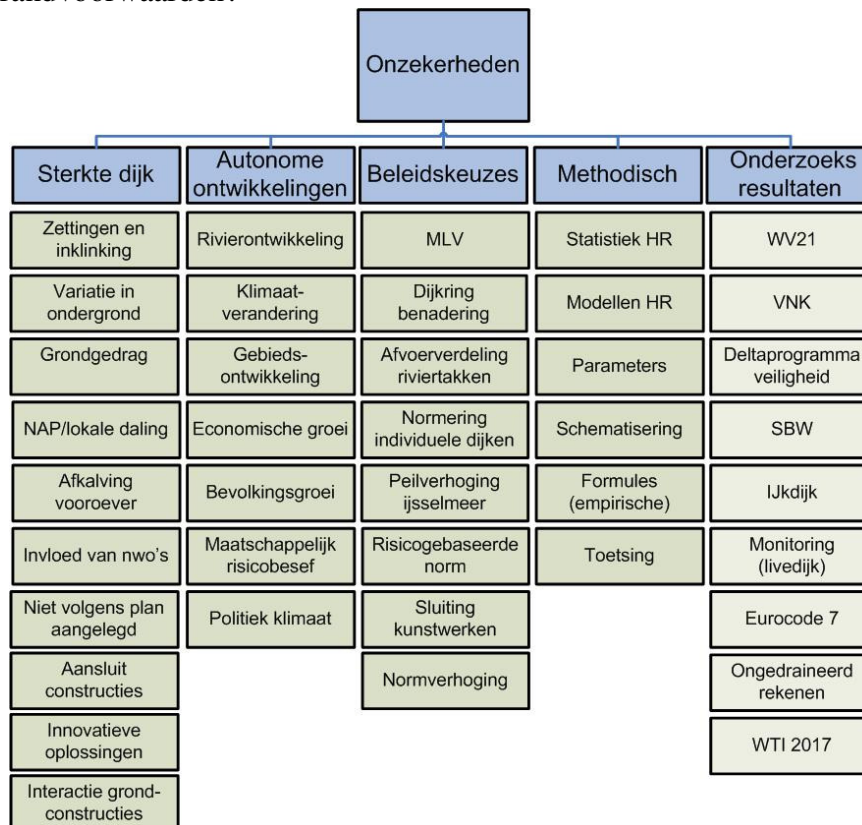
Hoe kan het dat verschillende deskundige het niet eens zijn over de toekomstige wettelijke norm?

Hydraulische randvoorwaarden

Wat is het belangrijkste gebrek aan kennis bij het berekenen van de hydraulische randvoorwaarden?

Wat is de belangrijkste oorzaak waardoor de toekomstige hydraulische randvoorwaarden onvoorspelbaar zijn?

Hoe kan het dat verschillende deskundigen het niet altijd eens zijn over de toekomstige hydraulische randvoorwaarden?



Weergave figuur overzicht onzekerheden

1. Welke onzekerheden missen er nog in dit overzicht?
2. Kunt u een top 3 maken van de onzekerheden met de grootste invloed op de levensduur van de dijk?
3. Welke onzekerheden hebben geen invloed?

Opties

1. Kan het toepassen van een extra toeslag in het ontwerp van de dijk frequent verbeteren voorkomen?
2. Zou een andere planperiode toepassen in plaats van de gebruikelijke 50/100 jaar een oplossing zijn?
3. Kunnen er meer beheersmaatregelen toegepast worden in plaats van versterkingen?
4. Kunnen we op een andere manier eerder versterken te voorkomen door bijvoorbeeld in de toetsing iets te veranderen?
5. Wat is de invloed van de veranderingen in het nHWBP op deze problematiek? (meebetalen en bepalen waterschappen)
6. Ten heuvelhof heeft het advies gegeven om een normconform ontwerp naast het integrale ontwerp voor 50 jaar te zetten. Kan er meer gehaald worden uit de afweging tussen een integrale versterking of een versterking beperkt tot het faalmechanisme waarop afgekeurd is?

7. Wat moet er volgens u veranderen aan de huidige toets- en ontwerpprocedure om frequent verbeteren te voorkomen?
8. Wat moet er volgens u veranderen aan de huidige ontwerp richtlijnen zoals weergegeven in de leidraden om frequent verbeteren te voorkomen?

Afronden

Bedankt voor uw tijd, heb ik nog iets gemist in mijn vragen of is er iets wat u nog mee wil geven?

Als u wilt zal ik als het verslag klaar is een kopie sturen.

2. Vragenlijst vooraf interview

De aanleiding voor dit onderzoek is dat ingenieursbureau Witteveen + Bos in de praktijk ervaart dat er dijken eerder versterkt moeten worden dan de beoogde planperiode. Om dit in de toekomst te voorkomen is er sinds 2007 in de leidraden voor het ontwerpen van primaire dijken het principe robuust ontwerpen opgenomen.

De onderstaande vragen hebben betrekking op uw ervaringen met frequent versterken, het omgaan met onzekerheden bij het ontwerpen van dijkversterkingen en robuust ontwerpen. Om er voor te zorgen dat de vragen eenduidig geïnterpreteerd worden is een korte begrippenlijst toegevoegd. Alvast bedankt voor het invullen.

Begrippenlijst

De *levensduur* van een dijk loopt vanaf de aanleg tot aan het afkeuren bij een toetsing.

De *planperiode* is de geplande levensduur tijdens het ontwerpen van de dijk, gebruikelijk is 50 jaar.

Onzekerheden die de levensduur beïnvloeden

In de planperiode kunnen de eigenschappen van een dijk of de eisen waaraan de dijk moet voldoen veranderen. Om toch de planperiode te kunnen realiseren worden deze veranderingen bij het ontwerpen zover mogelijk berekend. Een afwijking van deze berekeningen leidt tot een korter of langere levensduur. Dit zijn de onzekerheden die invloed hebben op de levensduur van de dijk.

Gebrek aan kennis houdt in dat er iets nog niet bekend is waar we onderzoek naar kunnen doen. De tegenhanger van gebrek aan kennis is *onvoorspelbaarheid* bijvoorbeeld natuurlijke variabiliteit. Onvoorspelbaarheid kan niet binnen afzienbare tijd onderzocht worden.

Met *hoogte en stabiliteit* wordt de fysieke sterkte van de dijk bedoeld inclusief alle faalmechanismen. Met *wettelijke normen* worden de overschrijdingskansen bedoeld zoals vastgelegd in de Waterwet. De *hydraulische randvoorwaarden* zijn de maatgevende waterstand en golfkarakteristieken (golfhoogte, golfperiode en hoek van inval) voor een ontwerp.

De *huidige invulling van robuust ontwerpen* is weergegeven in de addenda (2008, 2009) op de Leidraad rivieren en de Leidraad zee- en meerdijken

Vragen / Stellingen

1. In welk werkgebied heeft u de meeste ervaring opgedaan met dijkversterkingen?
2. In welke rol heeft u de meeste ervaring opgedaan met dijkversterkingen?
3. Heeft u in uw werkgebied gemerkt dat dijken eerder versterkt moesten worden dan verwacht volgens de planperiode?
4. Het is belangrijk dat de planperiode van een dijk in de praktijk wordt gehaald.
5. De belangrijkste reden waarom de planperiode gehaald moet worden is:
6. Hoe vaak gaat het in de toekomst voorkomen dat dijken eerder versterkt moeten worden dan verwacht volgens de planperiode?
7. De huidige toepassing van robuust ontwerpen is voldoende om eerder versterken dan de planperiode in de toekomst te voorkomen.
8. Ik zie het eerder dan verwacht versterken van dijken als een probleem waarmee we in de toekomst geconfronteerd mee (blijven) worden.
9. Hoe vaak wordt er bij dijkversterkingen een overzicht gemaakt van de onzekerheden die van invloed zijn op de levensduur van de dijk?
10. Hoe vaak wordt er bij dijkversterkingen voor gezorgd dat alle partijen een goed beeld hebben van de onzekerheden die invloed hebben op de levensduur?
11. Hoe vaak wegen bij dijkversterkingen de onzekerheden die invloed kunnen hebben op de levensduur mee bij besluiten?
12. Hoe vaak worden de leidraden van het ENW exact gevolgd bij het ontwerpen van dijken?

Antwoorden (kies er 1)

- Bovenrivierengebied /
benedenrivierengebied / kust /
grote meren*
- Beheerder/ ontwerper/ onderzoeker /
beleidsvormer / overig nl.:.....*
- Ja, vaak / ja, enkele keren /nee, nooit*
- Helemaal eens / eens / neutraal /
oneens / helemaal oneens*
- Maatschappelijk draagvlak /
bestuurlijke onrust / de kosten /
anders nl.:.....*
- Niet / minder dan nu / gelijk aan nu /
vaker dan nu / vaak*
- Helemaal eens / eens / neutraal /
oneens / helemaal oneens*
- Helemaal eens / eens / neutraal /
oneens / helemaal oneens*
- Altijd / meestal / soms / een enkele
keer / nooit*
- Altijd / meestal / soms / een enkele
keer / nooit*
- Altijd / meestal / soms / een enkele
keer / nooit*
- Altijd / meestal / soms / een enkele
keer / nooit*

- | | |
|--|--|
| 13. Hoe vaak is uitbreidbaarheid een doorslaggevend argument bij de afwegingen tussen alternatieven? | <i>Altijd / meestal / soms / een enkele keer / nooit</i> |
| 14. Uitbreidbaarheid als argument voor een alternatief valt in het niet t.o.v. de kosten. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 15. Uitbreidbaarheid is een belangrijk argument om voor een alternatief te kiezen. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 16. De toeslag voor robuustheid op de ontwerpwatervlakte is: | <i>Veel te groot / te groot / correct / te klein / veel te klein</i> |
| 17. De toeslag voor robuustheid op de golfkarakteristieken is: | <i>Veel te groot / te groot / correct / te klein / veel te klein</i> |
| 18. Hoe vaak is de gerealiseerde robuustheid kleiner dan voorgenomen bij de start van een project? | <i>Altijd / meestal / soms / een enkele keer / nooit</i> |
| 19. Er is voldoende kennis om de hoogte en stabiliteit ⁵ van een dijk een planperiode vooruit te kunnen berekenen. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 20. Omdat de huidige kennis onvoldoende is moeten we onderzoek doen naar de hoogte en stabiliteit ⁵ van dijken. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 21. Na het aanleggen van een dijk wijkt de hoogte en stabiliteit ⁵ in de praktijk niet significant af van de berekende waarden. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 22. Stel in de landelijke toetsing zijn alle dijken goedgekeurd, hoeveel dijken zullen er in heel Nederland falen bij maatgevende waterstanden en golfcondities? | <i>Geen / een uitzondering / enkele / meerdere / vele / alle</i> |
| 23. Het komt voor dat de verschillende partijen betrokken bij een dijkversterking een andere mening over de sterkte van een dijk hebben. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 24. De inschattingen en berekeningen van de sterkte van een dijk staan voor interpretatieverschillen open. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 25. Er is voldoende kennis beschikbaar om de normen vast te stellen die in de toekomst voor de dijken moeten gelden. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |

⁵ Deze vragen hebben geen betrekking op de normen of hydraulische randvoorwaarden, alleen de sterkte

- | | |
|--|---|
| 26. Dankzij nieuwe kennis zullen de wettelijke normen de komende 50 jaar veranderen. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 27. Een toetsing (van hetzelfde dijkvak) herhalen kan tot andere resultaten leiden. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 28. De wettelijke normen moeten periodiek (ordegrootte elke 20 jaar) geactualiseerd worden. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 29. De wettelijke normen moeten: | <i>Hoger worden / gelijk blijven / lager worden</i> |
| 30. Het hoogteverschil tussen de wettelijke normen van dijkringen met meer of minder potentiële schade en slachtoffers moet: | <i>Schever worden / gelijk blijven / meer gelijk getrokken worden</i> |
| 31. Er is voldoende kennis om betrouwbare hydraulische randvoorwaarden vast te stellen voor de komende 50 jaar. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 32. Om betrouwbare hydraulische randvoorwaarden vast te kunnen stellen is onderzoek noodzakelijk. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 33. De hydraulische randvoorwaarden zullen in de planperiode afwijken door onvoorziene omstandigheden. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 34. De hydraulische randvoorwaarden zullen in de planperiode niet sterk afwijken van huidige berekeningen van die randvoorwaarden. | <i>Helemaal eens / eens / neutraal / oneens / helemaal oneens</i> |
| 35. Ik verwacht dat de maatgevende hoogwaterstand in het riviereengebied over 50 jaar: | <i>A Lager dan nu is.
B Gelijk aan nu is
C 0-30 cm hoger is.
D 30-60 cm hoger is.
E Meer dan 60cm hoger is.</i> |
| 36. Ik verwacht dat de maatgevende golfhoogte aan de kust over 50 jaar: | <i>A Lager dan nu is.
B Gelijk aan nu is
C 0-35 cm hoger is.
D 35-60 cm hoger is.
E Meer dan 60cm hoger is.</i> |

37. Stel u heeft € 10.000 te beleggen en kunt kiezen uit de volgende 2 mogelijkheden, welke kiest u?

38. Welk bedrag zou u betalen voor een lot met een winkans van 1% op € 1.000. (Antwoord in 1 bedrag)

39. Maakt u gebruik van de onderstaande mogelijkheden:

- Diefstalverzekering fiets
- Diefstalverzekering mobiele telefoon
- Annuleringsverzekering bij reizen
- Afkopen eigen risico bij huren van een auto.

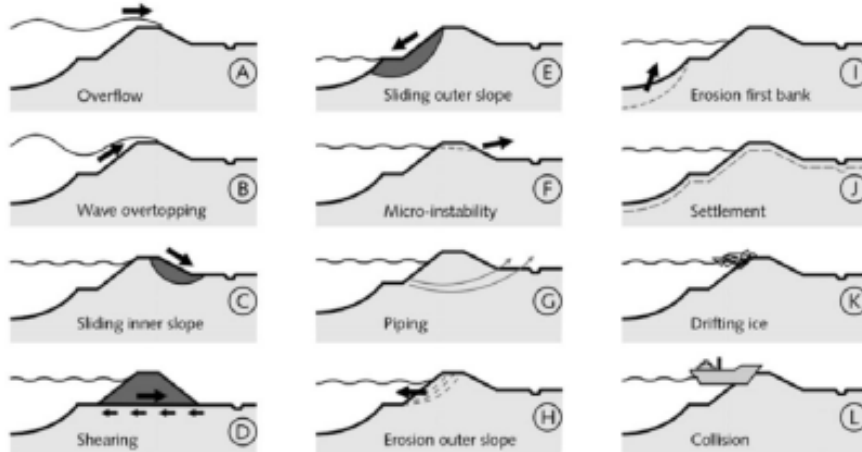
- A) 100 % kans op € 1.000 winst
B) 50 % kans op: € 2.000 winst en
50 % kans op € 0 winst
C) Geen voorkeur

€....,-

ja / nee / n.v.t.
ja / nee / n.v.t.
ja / nee / n.v.t.
ja / nee / n.v.t.

3. Faalmechanismen

Bij het ontwerpen en toetsen van dijken wordt gebruik gemaakt van faalmechanismen. Dit zijn processen die kunnen leiden tot het falen, en eventueel bezwijken van een dijk. In Figuur 50 zijn twaalf verschillende mechanismen weergegeven. Sommige faalmechanismen worden gecombineerd of beperkt meegenomen in het ontwerp en toetsing van dijken. Hieronder zullen de mechanismen en de wijze waarop ze meegenomen worden kort besproken worden. Voor het schrijven van deze paragraaf is dankbaar gebruik gemaakt van het dictaat hydraulische engineering (Sterlini, 2011).



Figuur 50: Faalmechanismen (Sterlini, 2011)

Overloop (faalmechanisme A) treedt op als de waterstand hoger is dan de kruinhoogte van de dijk. Het water zal over de dijk heen stromen en het gebied erachter inunderen. In dit scenario bezwijkt de dijk zelf niet. Aangezien ook de golfhoogte invloed heeft op het water dat over de dijk stroomt, wordt dit gecombineerd berekend met golfoverslag.

Golfoverslag (faalmechanisme B) houdt in dat er water over de dijk stroomt doordat er golven tegen de dijk oplopen. De kruin en het binnentalud kunnen beschadigd raken door het water. Dijken bekleed met een goede gras, steen of asfaltbekleding zijn beter bestand tegen het stromende water. Als er voldoende materiaal meegevoerd wordt kan dit leiden tot het bezwijken van de dijk. De golfoploophoogte kan verminderd worden door de hellingshoek, het materiaal van het buitentalud of de diepte van de vooroever te veranderen.

Faalmechanisme A en B zijn nauw met elkaar verbonden en kunnen daardoor met een gecombineerde berekening getoetst worden. Afhankelijk van de het materiaal van de kruin en het binnentalud en het gebied achter de dijk wordt meer of minder overloop/overslag toegestaan.

Faalmechanisme C is de stabiliteit van het binnentalud. De weerstand tegen schuiven van de grond moet groot genoeg zijn om de zwaartekracht te kunnen compenseren. Deze balans wordt beïnvloed door de waterspanning in de dijk. Dit (circulair) afschuiven van het binnentalud kan voorkomen worden door verlaging van de waterspanning of vergroten van weerstand tegen schuiven. Er zijn nog andere vormen van macro instabiliteit, het opbarsten van de grond achter de dijk of het optillen van de grond achter de dijk. Beiden komen voor als de waterspanning in een waterdragende laag groter wordt dan het gewicht van de grond erboven. Door het opbarsten van de grond achter de dijk verliest het binnentalud zijn steun.

Faalmechanisme D is het wegschuiven van de dijk. De weerstand tegen schuiven van de dijk moet in staat zijn de waterdruk te weerstaan. Deze weerstand wordt verminderd door de waterspanning.

Faalmechanisme E is vergelijkbaar met mechanisme C. De afschuiving vindt nu alleen plaats aan de buitenzijde van de dijk. Dit kan optreden bij een snelle verlaging van de waterstand. Door het plotselinge wegvallen van de druk van het water terwijl de dijk nog verzadigd is schuift het talud af.

Faalmechanisme F, micro-instabiliteit is het in instabiel raken van individuele korrels in tegenstelling tot C en E waar het over het hele talud ging. Micro-instabiliteit komt voor bij dijken met zandkernen die verzadigd zijn met water. Als de korreltjes onder druk van het doorsijpelende water meegenomen wordt leidt dit tot verzwakking van de dijk. Als er een waterdichte laag is aangebracht (bijvoorbeeld klei of asfalt) kan deze door de waterdruk loslaten en afglijden.

Faalmechanisme G is piping (zanduitspoeling) of onderloopsheid van de dijk. Zandlagen zijn relatief doorlatend en bieden het water de mogelijkheid om als kwel onder de dijk door te sijpelen. Als het water zandkorrels mee kan voeren worden er steeds grotere pijpen gevormd. Dit probleem treedt op als er boven de zandgrond een stevigere laag is zoals klei of een constructie. De snelheid van het stromende water kan verminderd worden door een langere kwelweg aan te leggen, minder doorlatende grondsoorten te gebruiken of kwelschermen te plaatsen. Het eerst aanwijzing op piping problemen is de vorming van zand meevoerende wellen achter de dijk, eventueel kunnen deze opgekist worden.

Faalmechanisme H houdt het afkalven van de dijk in door golven of stroming. Oplopende golven of het langsstromende water erodeert het buitentalud. Dit gaat vaak met stappen, na een periode van langzame slijtage stort het talud in. Oplossingen zijn het gebruik van stevigere materialen zoals begroeiing en stenen of het verminderen van de energie door een vooroever of kribben. Ook kan het talud flauwer worden gemaakt om de golfenergie geleidelijker op te nemen.

Faalmechanisme I is erosie van de voorbank. Dit faalmechanisme is vergelijkbaar met H alleen in dit geval erodeert de vooroever. Ook dit kan door golven en/of stroming komen.

Faalmechanisme J zijn zettingen en vervormingen van de grond. Grond wordt onder invloed van belastingen samengedrukt en compacter. Dit gaat ten koste van de hoogte van de dijk. Als de hoogte niet meer toereikend is zal faalmechanisme A of B optreden.

Faalmechanisme K is beschadiging door ijs dat tegen de dijk op waait en drijft. Kruiend ijs kan leiden tot beschadigingen van het buitentalud. Ook asfalt en stenen bekledingen kunnen beschadigd raken. De kans dat deze beschadigingen tegelijk optreden met een maatgevende situatie is klein. Er wordt vaak van uitgegaan dat de dijk hersteld is voordat een extreme situatie voorkomt. De vorming van ijsdammen in rivieren kan tot hoge waterstanden leiden dit proces valt onder faalmechanisme A.

Faalmechanisme L is beschadiging door aanvaringen door de scheepvaart. Bij maatgevende waterstanden op rivieren is de scheepvaart stil gelegd.

Wanneer er niet waterkerende objecten (N.W.O.'s) in of op een dijk zitten zijn er nog een aantal andere mogelijke faalmechanismen:

- Bomen die omwaaien laten een beschadiging in de dijk achter op de plek waar de wortels zaten.
- Gebouwen op een dijk leiden bij overloop lokaal tot hoge stroomsnelheden.
- Verkeersbelasting op de wegen kan instabiliteit en vervormingen veroorzaken.
- Constructies die niet hetzelfde zetten als de omringende grond.
- Pijpleidingen doordat lekkage kan plaatsvinden.

4. Versterkingsprogramma's

Er zijn dus verschillende programma's om de waterkeringen te versterken. In de recente geschiedenis zijn er twee afgeronde projecten, het Deltaplan en het Deltaplan grote rivieren. Er lopen ook nog verschillende programma's zoals Ruimte voor de Rivier, Zwakke schakels Nederlandse kust, de Maaswerken en het HWBP.

Het Deltaplan (afgerond) is een bekend en zeer toonaangevend project. Naar aanleiding van de overstroming van 1953 zijn er vele dijken verhoogd, keringen aangelegd en zelfs zeearmen afgedamd om de kustlijn te verkorten. In 1997 is het laatste grote project, de Maeslantkering opgeleverd.

Het deltaplan grote rivieren (afgerond) volgde uit het Deltaplan. Toen de meeste werken uit het Deltaplan waren afgerond en de bedreiging vanuit de zee daarmee onder controle leek. Werde de aandacht verschoven naar het rivierengebied. De ingrijpende maatregelen vonden echter geen maatschappelijk draagvlak dus werden er maar enkele tientallen kilometers aangepast (Heezik, 2006). Na het hoge water van 1995 was er wel draagvlak en er in korte tijd veel werd aangepast. Het deltaplan grote rivieren bracht 150 km dijkaanpassing aan in de periode 1995-1997. Tussen 1997 en 2000 werd er nog eens 600 km aan dijken aangepast. (Van Heezik, 2006) De dijken voldeden daarmee aan de herziende normen van 1:1250 jaar en $15.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Het programma Maaswerken is een integraal programma om onder anderen de veiligheid rond de Maas te vergroten zodat een afvoer die eens in de 250 jaar voorkomt verwerkt kan worden. Het doel van het programma is om een beter bevaarbare, natuurlijkere, veiligere rivier te krijgen. Er wordt 220 km kering aangepast, ten tijden van het schrijven van dit rapport is een deel afgerond en een deel nog in voorbereiding/uitvoering.

Ruimte voor de Rivier is gestart naar aanleiding van de hoge waterstanden in de rivieren in 1995 en 1998. Bij een gelijke norm (overschrijdingskans) werd de maatgevende afvoer voor de Rijn nu $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Om de veiligheid te vergroten wordt er meer ruimte aan de rivier gegeven in plaats van traditionele dijkversterking. Dit kan bijvoorbeeld door dijkverleggingen, nevengeulen of het afgraven van uiterwaarden.

Het verbeteringsprogramma Zwakke Schakels Kust is opgezet omdat bij tien locaties de kustverdediging tegen de Noordzee niet voldeed aan de norm. Onderzoek wees uit dat de maatgevende golfcondities ongunstiger waren dan gedacht, deze nieuwe hydraulische randvoorwaarden betekende dat de keringen niet voldeden (Jansen⁵). Het doel is deze zwakke schakels in 2015 op orde te hebben. Hierbij wordt uitgegaan van een integrale aanpak zoals door de commissie Veerman aanbevolen.

Het hoogwaterbeschermingsprogramma behelst het aanpassen van de afgekeurde waterkeringen uit de periodieke landelijke toetsing. Na elke toetsingsronde is er dus ook een nieuw programma. Het derde HWBP heeft als naam nieuw hoogwaterbeschermingsprogramma gekregen. Deze naam geeft aan dat het een voortrollend programma is dat uit een continue toetsing zal volgen.

Het nieuwe Deltaprogramma heeft als doel zorgen voor waterveiligheid in de toekomst. Het anticipeert op klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling. Dit naast het feit dat onze huidige veiligheid nog niet volledig op orde is. De huidige uitgangspunten zijn een

maximaal debiet van 18.000 m³/s voor de Rijn en 4600 m³/s voor de Maas in het jaar 2100 gecombineerd met een zeespiegelstijging van 60 cm. Het nieuwe Deltaprogramma hanteert een gebiedsgerichte aanpak waarbij naast waterveiligheid bijvoorbeeld ook zoetwatervoorziening en de indringing van zout meegenomen worden. Naast de deelprogramma's gericht op de verschillende gebieden is er ook een deelprogramma veiligheid waarin de te gebruiken normering behandeld wordt.

5. Relevantie van onzekerheden

In deze bijlage zijn per categorie de resultaten van de bepaling van relevantie weergegeven. Omdat er meestal twee vragen per categorie gesteld zijn wordt ook de overeenkomst van de twee vragen besproken.

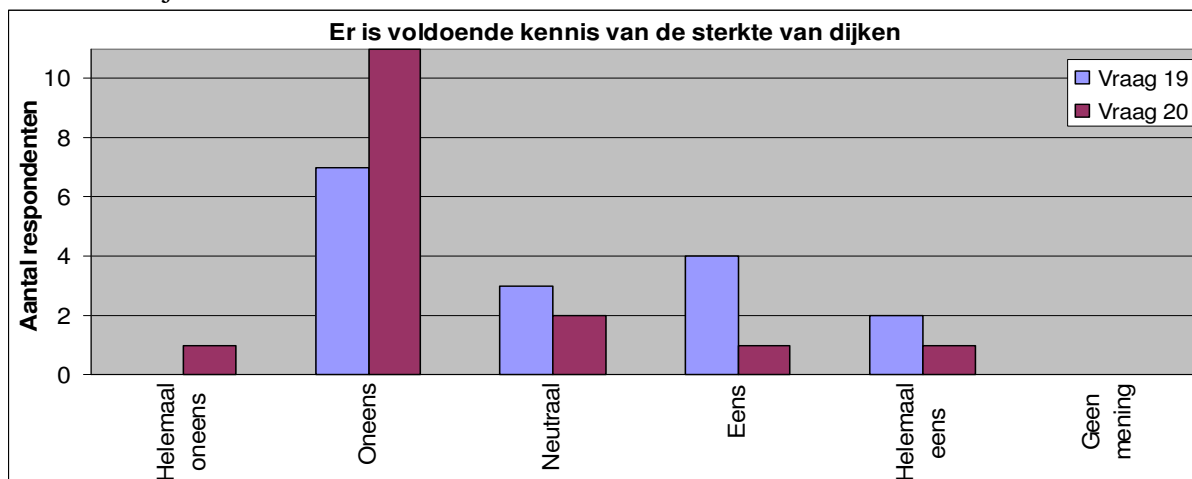
Relevantie van gebrek aan kennis in het technische systeem

Het technische systeem is geoperationaliseerd als de sterkte (hoogte en stabiliteit) van de dijk. Over het gebrek aan kennis van de sterkte van de dijken verschilt men van mening. De gebruikte vragen zijn:

19: *Er is voldoende kennis om de hoogte en stabiliteit van een dijk een planperiode vooruit te kunnen berekenen.*

20: *Omdat de huidige kennis onvoldoende is moeten we onderzoek doen naar de hoogte en stabiliteit van dijken.*

De veronderstelling was dat als er voldoende kennis is er geen onderzoek meer noodzakelijk zo moeten zijn.



Figuur 51: Overzicht van inschattingen van de hoeveelheid kennis van de sterkte van dijken

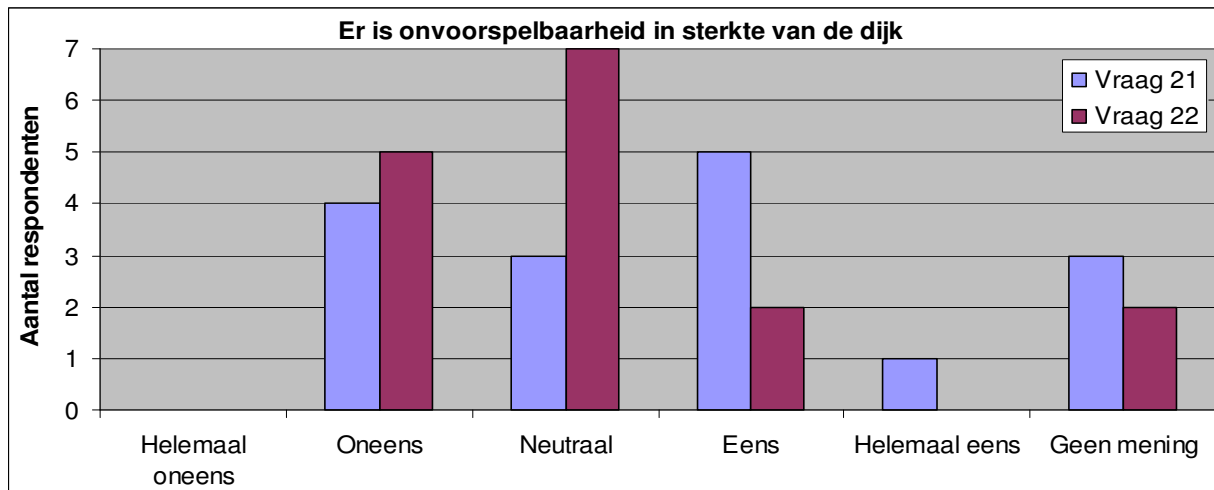
Uit de statistische analyse blijkt dat deze vragen niet voldoende overeenkomen. Uit de interviews blijken ook aanwijzingen waarom dit zo is. Een enkeling geeft een principiële reden: 'meer onderzoek is altijd goed'. Een vaker gehoord antwoord is dat de toeslagen in het ontwerp kleiner zouden kunnen dankzij meer kennis. De controle vraag lijkt tot een te hoge waardering van het gebrek aan kennis te leiden omdat men onderzoek ook om andere redenen waardeert. Aangezien de deskundigen aangeven dat er nog niet voldoende kennis van de sterkte van de dijken is zal deze categorie wel relevant zijn.

Relevantie van onvoorspelbaarheid in het technische systeem

Over de onvoorspelbaarheid van de sterkte van dijken lopen de meningen uiteen. De vragen waren:

21: *Na het aanleggen van een dijk wijkt de hoogte en stabiliteit in de praktijk niet significant af van de berekende waarden.*

22: *Stel in de landelijke toetsing zijn alle dijken goedgekeurd, hoeveel dijken zullen er in heel Nederland falen bij maatgevende waterstanden en golfcondities?*



Figuur 52: Overzicht van inschattingen van de onvoorspelbaarheid van de sterkte van dijken

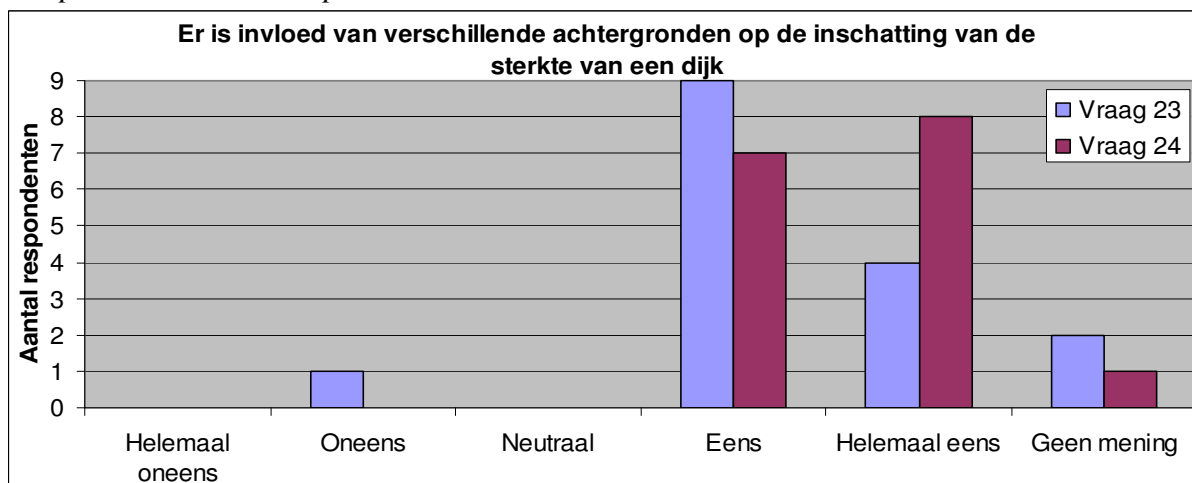
Ook hier is uit statistische analyse gebleken dat deze vragen net niet (0,49) voldoende hetzelfde meet. Volgens het ENW (2007b) mag er zo ontworpen worden dat bij maatgevende omstandigheden 10% van de dijken bezwijken. Vanuit de vraag 22 blijkt dat er meer vertrouwen is. Dat wordt onderbouwd door overwegingen over reststerkte in het ontwerp en de verschillende factoren die toegepast worden in het ontwerp. Ook is er een afhankelijkheid tussen falen en beheer en onderhoud. Bij de vraag 22 spelen er dus meer complicaties. Uit de vraag 21 blijkt dat meer respondenten deze categorie wel herkennen dan niet, deze categorie is dus wel relevant.

Relevantie van verschillende achtergronden in het technisch systeem

Over de invloed van verschillende achtergronden op de inschatting van de sterkte van de dijken is men eenduidiger. De vragen waren:

23: *Het komt voor dat de verschillende partijen betrokken bij een dijkversterking een andere mening over de sterkte van een dijk hebben.*

24: *De inschattingen en berekeningen van de sterkte van een dijk staan voor interpretatieverschillen open.*



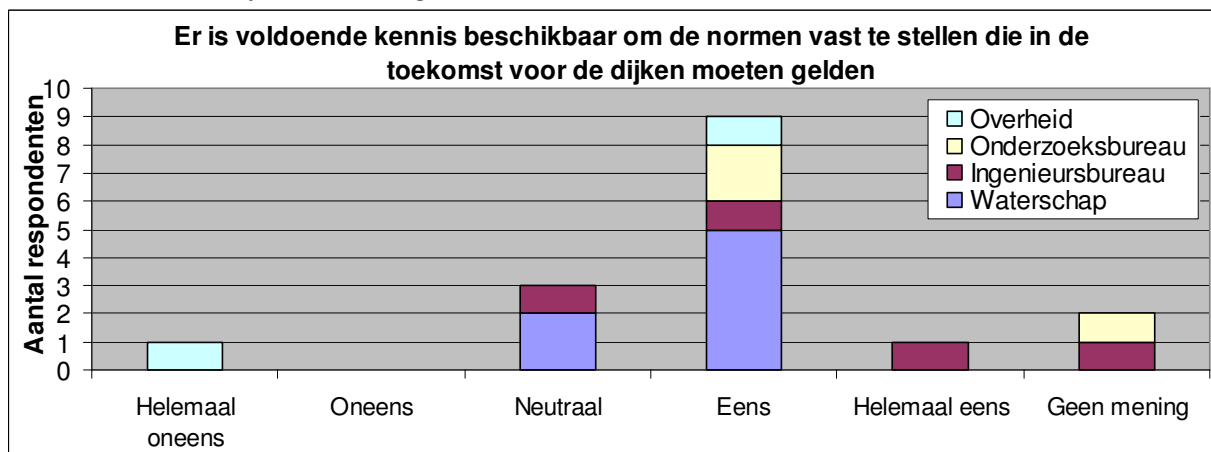
Figuur 53: Overzicht van de inschatting van de invloed van verschillende achtergronden op de berekening van de sterkte van dijk.

De antwoorden op beide vragen lijken goed overeen te komen. Door de smalle puntenwolk en de enige afwijkende waarde laat de statistiek dat niet direct zien. In bijlage 6 is dit weergegeven. Beide vragen geven aan dat er invloed is van verschillende achtergronden. Hierbij

worden verschillende voorbeelden genoemd: Verschillen in de schematisering tussen ingenieurs (Figuur 41), wel of niet meenemen van reststerkte en de belangen van de partijen. Verschillende achtergronden bij het bepalen van de sterkte van de dijk zijn dan ook als relevante onzekerheid meegenomen.

Relevantie van het gebrek aan kennis in het sociale systeem

Het sociale systeem is geoperationaliseerd als de wettelijke normen die voor de dijken gelden. De vraag (25) was: *Er is voldoende kennis beschikbaar om de normen vast te stellen die in de toekomst voor de dijken moeten gelden.*



Figuur 54: Overzicht van inschattingen van de aanwezige kennis om normen te bepalen

Uit Figuur 54 blijkt dat er voldoende kennis is om de hoogte van de normen vast te stellen. In de toelichting werd aangegeven dat er geen kennis nodig is om normen vast te stellen. Normen vaststellen is namelijk een politiek besluit. Ook is vermeld dat vaststellen altijd kan, de vraag is alleen wat de normen waard zijn. Een enkeling geeft aan dat na het onderzoeksprogramma VNK de benodigde kennis voor handen is.

Voor het vaststellen van de normen is volgens vraag 25 nauwelijks gebrek aan kennis omdat er geen kennis noodzakelijk is voor een politiek besluit. Het gebrek aan kennis om de normen vast te stellen is dan ook niet als een relevante onzekerheid meegenomen.

Relevantie van onvoorspelbaarheid in het sociale systeem

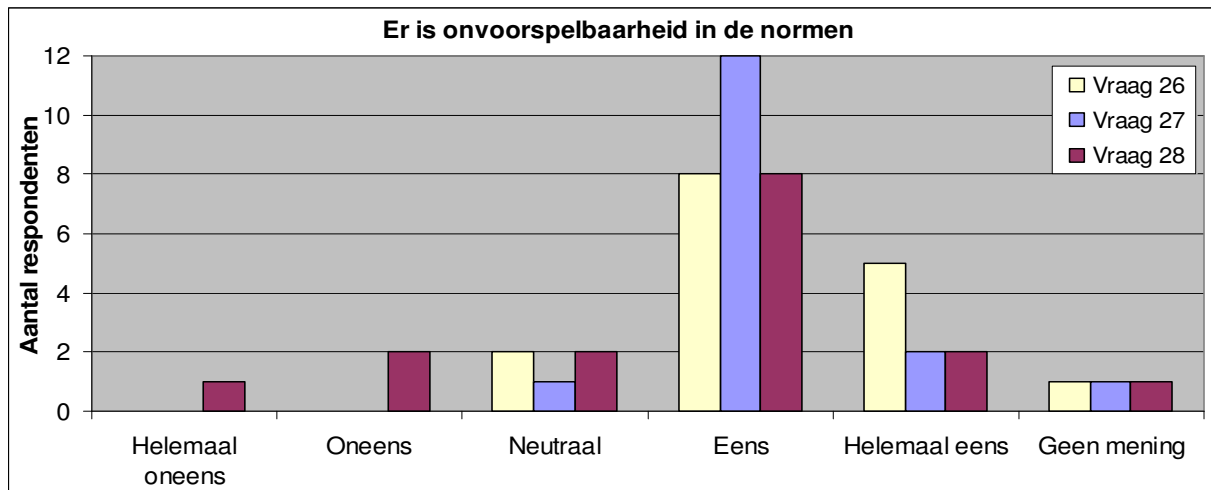
Aan de hand van de wettelijke normen worden de dijken getoetst. Om de onvoorspelbaarheid van dit sociale systeem te meten zijn drie vragen gesteld: De vragen luidde:

26: *Dankzij nieuwe kennis zullen de wettelijke normen de komende 50 jaar veranderen.*

27: *Een toetsing (van hetzelfde dijkvak) herhalen kan tot andere resultaten leiden.*

28: *De wettelijke normen moeten periodiek (ordegrootte elke 20 jaar) geactualiseerd worden.*

In Figuur 55 is weergegeven dat de antwoorden redelijk overeenkomen, dit blijkt ook uit de statistiek. In een toelichting bij vraag 26 wordt onder andere aangegeven dat de normen kunnen veranderen door nieuwe inzichten of een nieuw type norm kan gebruikt worden. De argumenten voor het antwoord op vraag 27, het andere toetsresultaat, zijn andere personen die toetsen of andere regels waaraan getoetst wordt. Beide voorbeelden behoren bij de onzekerheid van de sterkte van de dijk, door de toetsing te noemen zijn de antwoorden beïnvloed.

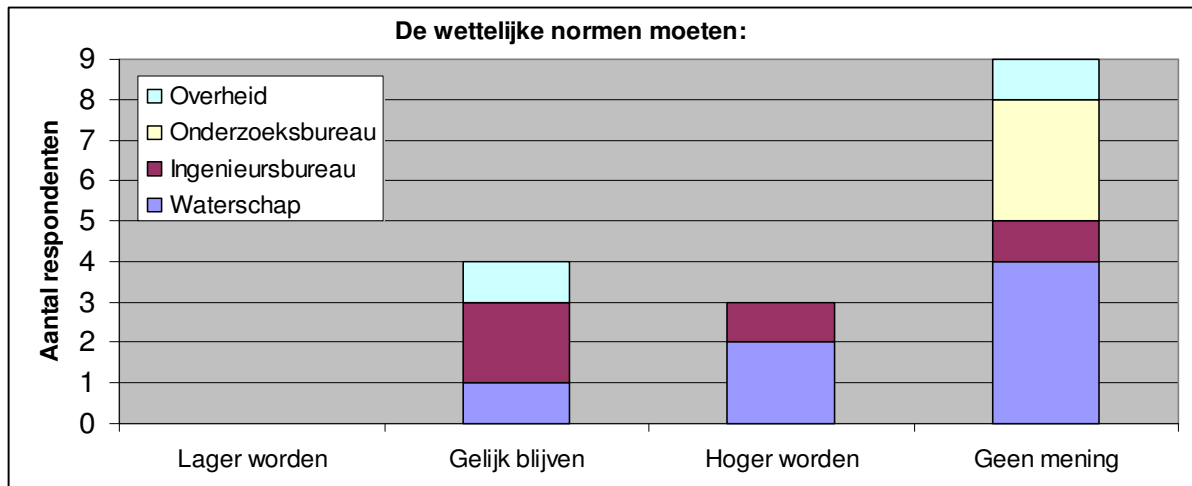


Figuur 55 Overzicht van inschattingen de onvoorspelbaarheid van de normen

Vraag 28 geeft een genuanceerder beeld dan de andere twee vragen maar ook hieruit blijkt dat volgens de respondenten de wettelijk normen aan veranderingen onderhevig zijn. In de toelichting wordt de opmerking een aantal keer gemaakt dat 20 jaar wel kort is, 25 jaar en 50 jaar worden genoemd als mogelijkheden. Ook is er door respondenten aangegeven dat de norm aangepast moet worden als het risico in de dijkkring significant gewijzigd is. De onvoorspelbaarheid van de normen zijn daarom als een relevante onzekerheid voor de levensduur van de dijken meegenomen.

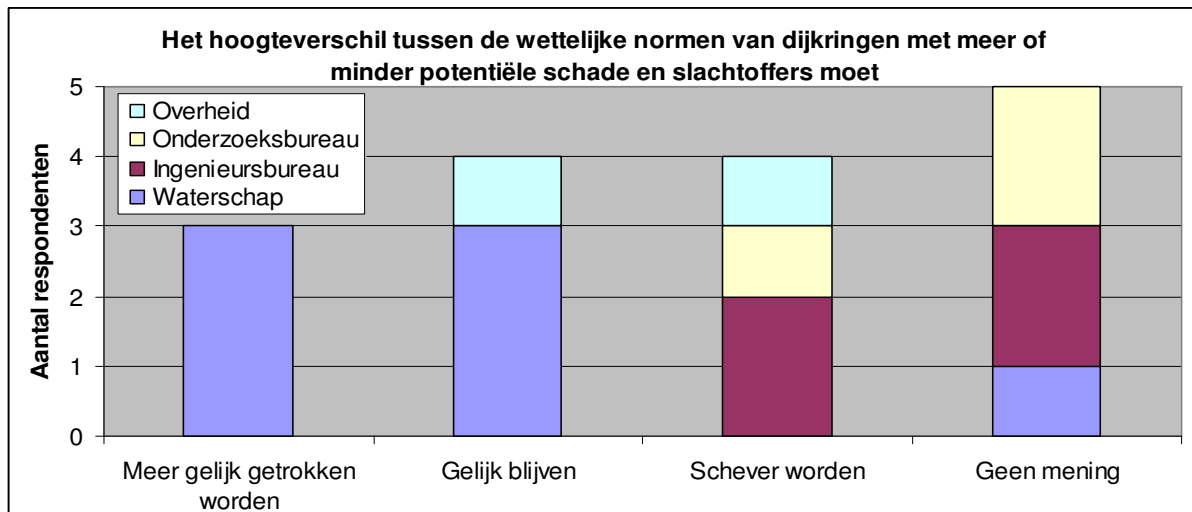
Relevantie van verschillende achtergronden in het sociale systeem

De laatste invloed op het sociale systeem zijn de verschillende achtergronden. Aangezien er verschillende partijen geïnterviewd zijn, kan de invloed van de geïnterviewden achtergronden direct inzichtelijk gemaakt worden. De geïnterviewden zijn daarom gevraagd of de huidige normen verhoogd of gedifferentieerd moeten worden.



Figuur 56: De invloed van verschillende achtergronden op de mening over de hoogte van de normen.

Doordat veel respondenten geen mening hadden blijven er maar enkele antwoorden over die ook nog niet erg eenduidig zijn, dit leidt niet tot een conclusie. De tweede vraag waarmee het antwoord bevestigd had moeten worden was of de huidige normen verder gedifferentieerd moeten worden. Hieruit blijkt wel een duidelijk verschil tussen de verschillende achtergronden.



Figuur 57: De invloed van verschillende achtergronden op de differentiatie van de normen

In de toelichtingen worden twee onderbouwingen genoemd voor de antwoorden. Als onderbouwing voor hogere normen wordt het rapport van het RIVM (2004): risico in bedijkte termen genoemd en als onderbouwing voor differentiatie het rapport Waterveiligheid in de 21 eeuw (Deltares, 2011). Beide rapporten zijn in paragraaf 3 besproken.

Uit Figuur 57 blijkt dat alleen waterschappers aangeven dat de normen meer gelijk getrokken moeten worden. Een verklaring kan zijn dat lokaal gezien actualisatie op basis van kosten en baten gelijke normen oplevert. Bijvoorbeeld door voor dijkkring Voorne-Putten ook een norm van 1:10.000 jaar vast te stellen, gelijk aan Rotterdam aan de overkant van de Nieuwe Maas. Ook een principiële keuze kan de oorzaak zijn, maar hiervoor zijn geen aanwijzingen. Een aantal respondenten geven aan dat de normering vooral een politiek besluit is.

De resultaten geven aan dat de deskundigen nog erg verdeeld en onzeker zijn over de ontwikkeling van de norm. Hierbij wordt aangegeven dat het vooral een politieke discussie is waarbij de norm lokaal kan gaan variëren. Deze onzekerheden zijn al onder onvoorspelbaarheid van de norm benoemd. De partijen die geïnterviewd zijn hebben geen directe invloed op de norm omdat het een politiek besluit is. Deze verschillende achtergronden lijken daarom ook geen relevante onzekerheid te zijn.

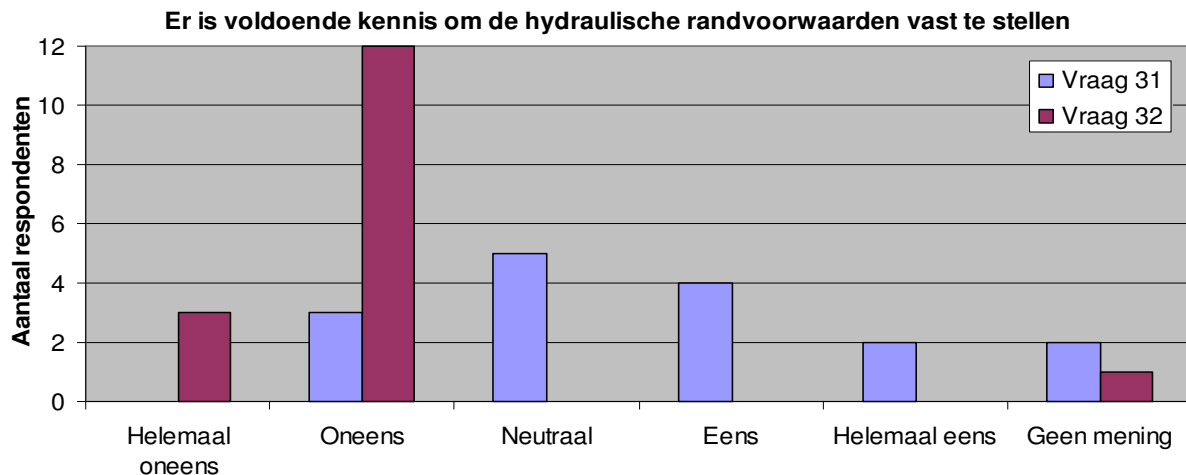
Relevantie van gebrek aan kennis in het natuurlijke systeem

In het natuurlijke systeem, de hydraulische randvoorwaarden, kan er ook een gebrek aan kennis zijn. Dit is onderzocht met behulp van de vragen:

31: *Er is voldoende kennis om betrouwbare hydraulische randvoorwaarden vast te stellen voor de komende 50 jaar.*

32: *Om betrouwbare hydraulische randvoorwaarden vast te kunnen stellen is onderzoek noodzakelijk.*

Met behulp van deze twee vragen is onderzocht of het gebrek aan kennis van de hydraulische randvoorwaarde een relevante onzekerheid is.



Figuur 58: Een overzicht van inschattingen van de hoeveelheid kennis om de hydraulische randvoorwaarden vast te stellen

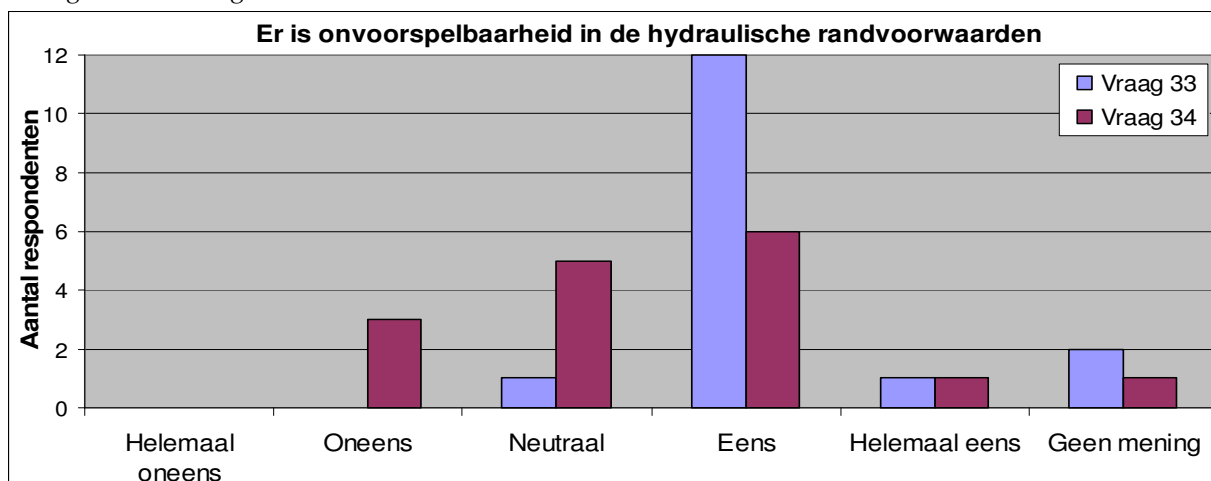
Het verschil tussen beiden wordt volgens de toelichtingen gevormd door andere belangen van onderzoek. Het doen van onderzoek zou op lange termijn goed zijn om de onzekerheden te verkleinen zodat er voor toekomstige dijkversterkingen minder toeslagen nodig zijn. Ook wordt vermeld dat de hoeveelheid kennis al goed is maar het altijd beter kan. De vraag 32 geeft dus een te hoge waarde aan het gebrek aan kennis doordat onderzoek positief gewaardeerd wordt om andere redenen. Gebaseerd op de eerste vraag blijkt het gebrek aan kennis van de hydraulische randvoorwaarden geen relevante onzekerheid.

Relevantie van onvoorspelbaarheid in het natuurlijke systeem

Om de onvoorspelbaarheid van hydraulische randvoorwaarden te meten zijn twee vragen gebruikt:

33: *De hydraulische randvoorwaarden zullen in de planperiode afwijken door onvoorziene omstandigheden.*

34: *De hydraulische randvoorwaarden zullen in de planperiode niet sterk afwijken van huidige berekeningen van die randvoorwaarden.*



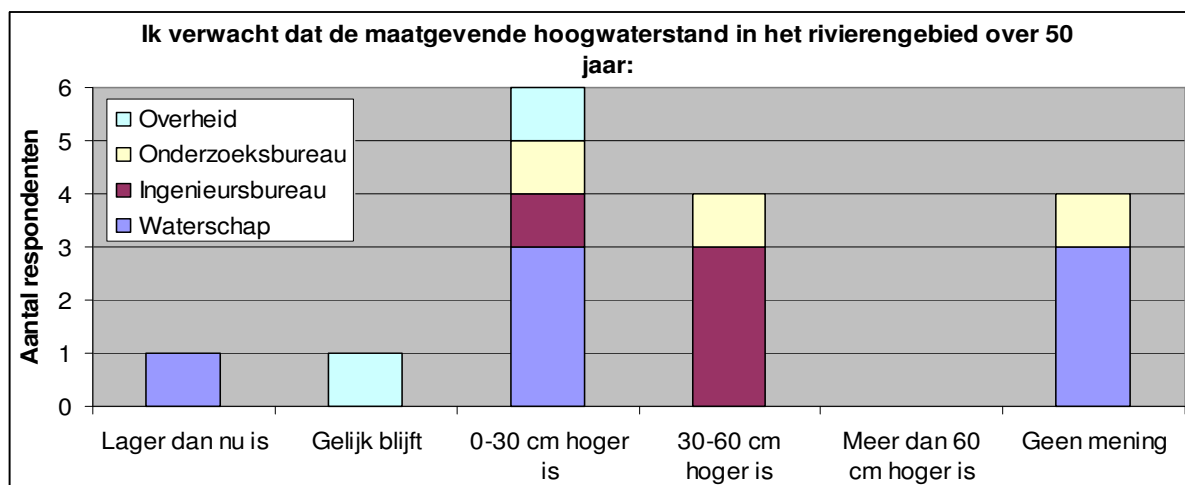
Figuur 59: Inschattingen van de onvoorspelbaarheid van de hydraulische randvoorwaarden

Uit de vraag 34 blijkt een genuanceerder beeld. Naast de ontkennende vorm van deze vraag is het enige verschil de toevoeging van het woord sterk in de vraagstelling. Dat dit een verklaring voor de uiteenlopende antwoorden kan zijn blijkt ook uit een observatie: op één

van de vragenlijsten is het woord sterk onderstreept. Hieruit blijkt dat de onvoorspelbaarheid van de hydraulische randvoorwaarden wel een relevante onzekerheid is.

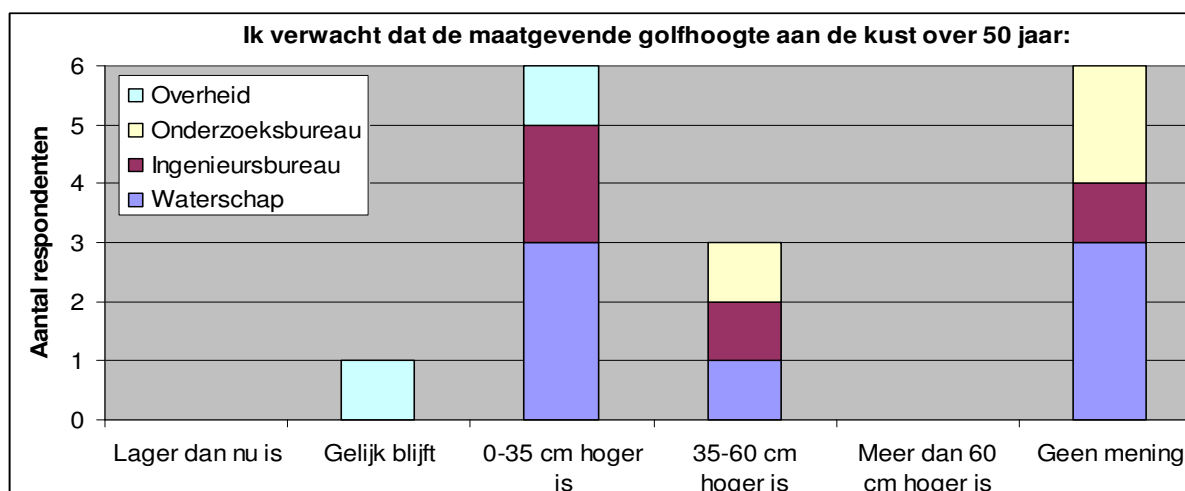
Relevantie van verschillende achtergronden in het natuurlijke systeem

De derde invloed op de hydraulische randvoorwaarden zijn inschattingen door verschillende achtergronden. Of er een verschil is als gevolg van verschillende achtergronden van de respondenten volgt uit inschattingen van de ontwikkeling van de hydraulische randvoorwaarden. De respondenten hebben zich uitgesproken over zowel de maatgevende hoogwaterstand in het rivierengebied als de maatgevende golfhoogte aan de kust.



Figuur 60: Een overzicht van verwachtingen van de maatgevende waterstand in het rivierengebied

Het uitgangspunt voor het beleid (ENW, 2007b) is dat het toegenomen debiet met ruimtelijke ingrepen wordt verwerkt, stijging van de maatgevende afvoer zou dus niet tot een verhoging van maatgevende waterstanden moeten leiden. In Figuur 60 is weergegeven dat de verwachting is dat de waterstanden wel zullen stijgen. Hierbij verwachten de ingenieursbureaus meer groei van de maatgevende waterstanden dan de beheerders. Uit de toelichting blijkt dat de groei vooral afhankelijk is van de exacte locatie. Het uitgangspunt (ENW 2007b) is namelijk dat een eventuele toegenomen afvoer allen over de Waal wordt afgevoerd, dit betekent dat andere rivieren ontzien worden.

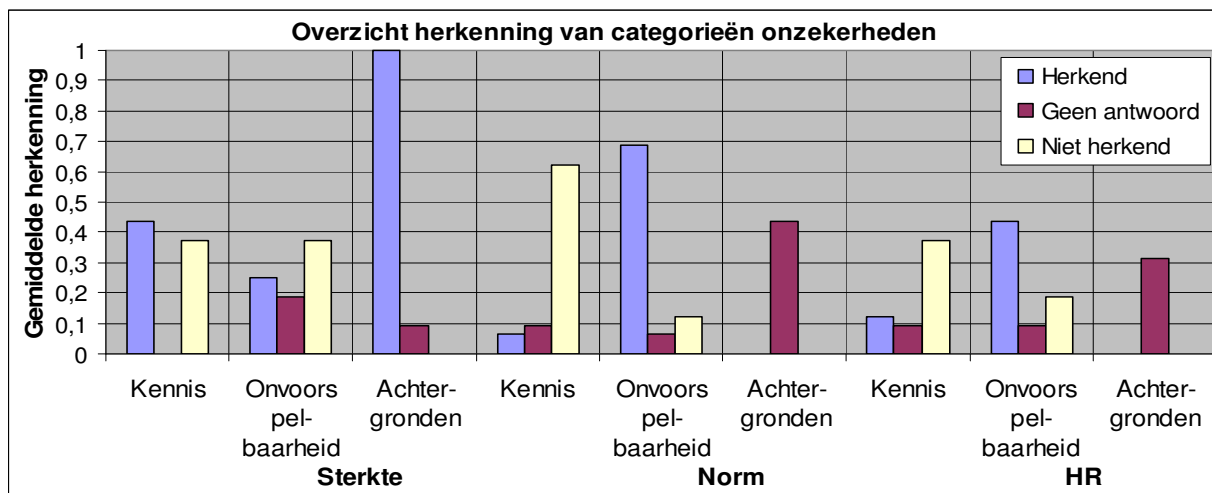


Figuur 61: Een overzicht van verwachtingen van de ontwikkeling van golfhoogten langs de kust.

In de inschatting van de golfhoogte aan de kust is in Figuur 61 geen duidelijk verschil door achtergronden te zien, wel een hoog aandeel geen mening. Ook hier is aangegeven dat de ontwikkeling afhankelijk is van de exacte locatie bijvoorbeeld door morfologische effecten. Men verwacht stijgingen die redelijk richting de robuustheidtoeslag gaan. Aangezien er geen trend is in de invloed van deze verschillende achtergronden op de hydraulische randvoorwaarden is deze categorie onzekerheid niet relevant.

Vergelijking categorieën

Met behulp van deze resultaten kunnen de categorieën vergeleken worden. In Figuur 62 is weergegeven welke fractie van de respondenten de onzekerheid herkende. In de categorieën achtergrond van de norm en achtergrond van hydraulische randvoorwaarden is alleen de fractie geen antwoord weergegeven aangezien hier geen vergelijkbare weergave mogelijk was.

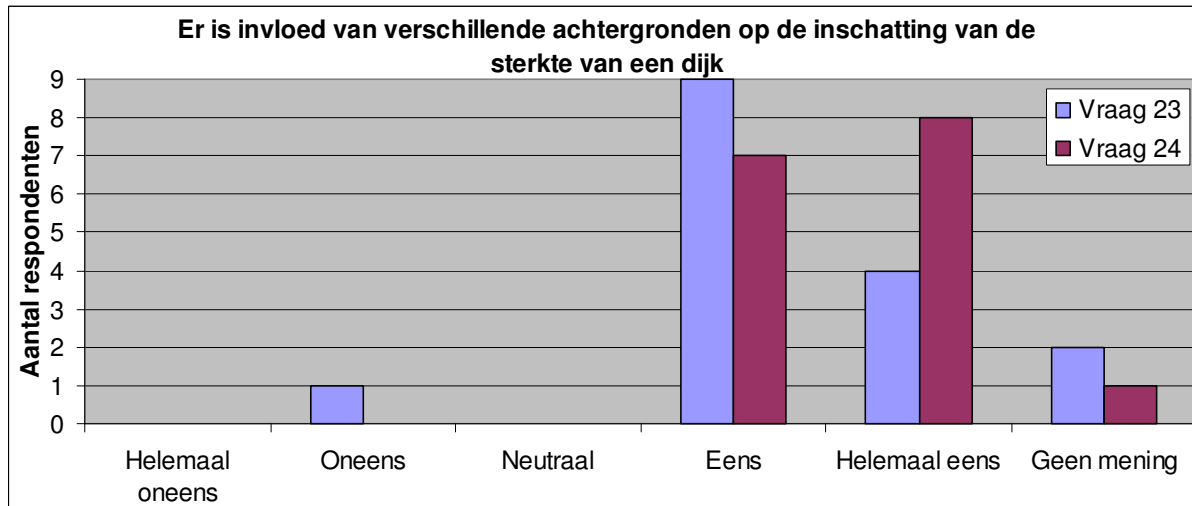


Figuur 62: Overzicht van herkenning van categorieën onzekerheid.

In de sterkte van de dijk is zowel het gebrek aan kennis als onvoorspelbaarheid en de invloed van verschillende achtergronden herkend. Voor de norm en de hydraulische randvoorwaarden wordt vooral een onvoorspelbaarheid herkend.

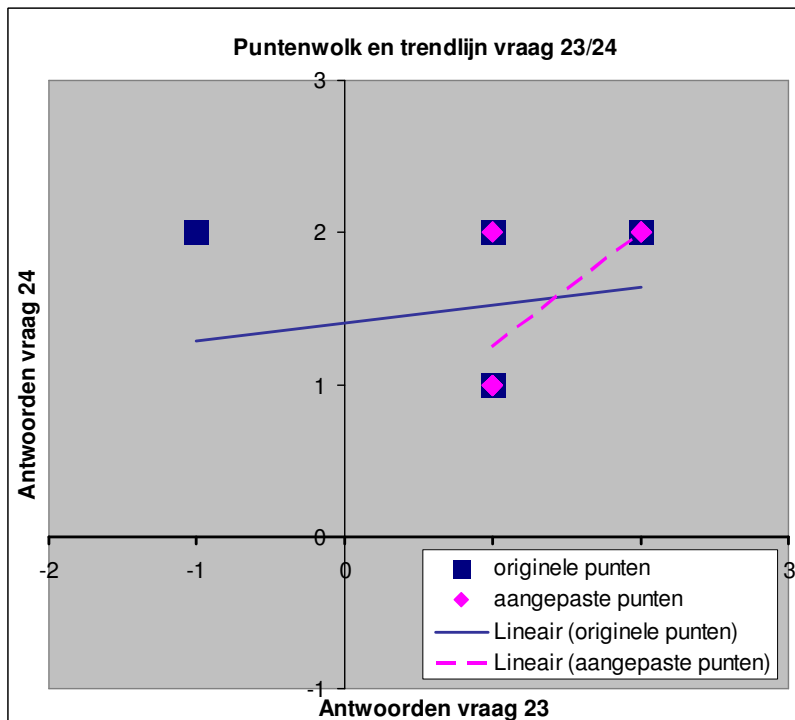
6. Statistische analyse vraag 23/24

Een verrassend resultaat was dat vraag 23 en 24 geen overeenkomst geven ondanks dat de antwoorden behoorlijk overeenkomen. De spearman-brown coëfficiënt blijft onder de minimale waarde van 0.5 namelijk 0.31.



Figuur 63: Overzicht van de inschatting van de invloed van verschillende achtergronden op de berekening van de sterkte van dijk.

Een mogelijke verklaring komt doordat de coëfficiënt gebruikt maakt van de correlatie tussen de beide series antwoorden. De punten wolk die daarvoor de basis vormt is zeer gecentreerd en kent slechts één ‘extreme waarde’: het enige ontkennende antwoord op de eerste vraag. Als deze respondent verwijderd wordt of als een respondent toegevoegd wordt die tweemaal neutraal antwoord voldoet de indicator ineens wel (0,54). Dit is inzichtelijk gemaakt door de verschuiving van de trendlijn weer te geven.



Figuur 64 Verschuiving van de trendlijn door het verwijderen van de negatieve waarde, in dit figuur is -2 helemaal oneens, -1 oneens, 0 neutraal, 1 eens en 2 helemaal eens.

Een andere aanwijzing dat deze smalle puntenwolk de oorzaak voor dit opvallende resultaat is dat bin averaging geen beter maar mindere resultaten oplevert. Bin averaging houdt in dit geval in dat er nog maar drie antwoordmogelijkheden gehanteerd worden, niet mee eens, neutraal en eens. Zo komen de antwoorden nog meer overheen. Bijna alle respondenten geven dan hetzelfde antwoord op de twee vragen. Echter de Spearman-Brown indicator daalt verder, een indicatie dat de lijn nog gevoelig wordt voor de 'extreme' waarde.

Dat deze vragen elkaar bevestigen blijkt ook uit de toelichtingen, zo wordt bijvoorbeeld de reststerkte van de Zwartemeerdijk als voorbeeld voor beiden vragen gebruikt.