

Onzekerheden bij de Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse voor de Actualisatie van het Sigmaplan en aanbevelingen voor verfijning van de beschikbare methodes

In het kader van de Actualisatie van het Sigmaplan is een kosten-baten analyse uitgevoerd om het optimale maatregelenpakket te bepalen. Om de veiligheidsbaten door vermeden overstromingsrisico in te schatten, werd gebruik gemaakt van een door het Waterbouwkundig Laboratorium ontwikkelde (risico)methode. Bij de uitvoering van de kosten-batenanalyse zijn keuzes gemaakt voor een groot aantal parameters waarop onzekerheden rusten. Het inschatten van risico's of baten van maatregelen is altijd omgeven met veel onzekerheid, zodat de grote uitdaging voor wetenschap en beleid erin bestaat om gegeven deze onzekerheid de kans op foute beleidsbeslissingen te minimaliseren. Hiertoe is onzekerheids- en sensitiviteitsanalyse onontbeerlijk. Ten eerste geeft zij aan welke parameters de grootste impact hebben op de resultaten en waar de prioriteiten liggen voor verder onderzoek. Ten tweede kan men de robuustheid van de conclusies van de kosten-batenanalyse toetsen.

Onderzochte parameters zijn o.a. de bresvorming, de risico-formule en de zeespiegelstijging. Bresvorming en zeespiegelstijging blijken parameters te zijn die een grote invloed op de veiligheidsbaten kunnen hebben. Aanslibbing van GGG's (Gecontroleerd Gereduceerd Getijgebied) en de kruinhoogte van de overloopdijken daarentegen hebben een kleine invloed.

De sensitiviteitsanalyse toonde aan dat de onzekerheid op de inschatting van de baten de onderlinge rangschikking van de verschillende alternatieven niet verandert zodat ongeacht de keuze van de parameters een gerichte combinatie van dijkverhoging en overstromingsgebieden de beste kosten-baten verhouding heeft. Verder zijn voor de meest rendabele projecten de baten steeds groter dan de kosten, en is er enkel de onzekerheid op de terugverdientijd. Tot slot worden in het artikel nog een aantal aanbevelingen gegeven voor verder onderzoek.

1 Inleiding

Het vroegere Sigmaplan is opgesteld na de overstromingen in Ruisbroek van 1976 en wou het Zeescheldebekken beschermen tegen stormvloed, met een vast ontwerpcriterium (T10000). Dit Sigmaplan omvatte toen de verhoging van de dijken, de aanleg van 12 GOG's (Gecontroleerde Overstromingsgebieden) en de aanleg van een SVK (Stormvloedkering) te Oosterweel. Momenteel is reeds een groot deel van deze dijkverhogingen gerealiseerd en is het laatste van de 12 overstromingsgebieden in aanleg. De stormvloedkering is echter nooit gerealiseerd.

Wegens de veranderende omstandigheden in de laatste 25 jaar drong een actualisatie van dit Sigmaplan zich op. Deze actualisatie werd uitgevoerd volgens de nieuwste principes inzake integraal waterbeheer, om zo natuur en veiligheid maximaal te combineren. Uitgangspunt voor het vernieuwde Sigmaplan was een risicobenadering, waarbij niet overal dezelfde beveiliging tegen overstromingen geboden wordt. Concreet komt het er op neer dat gebieden waar de risico's nu klein zijn minder beveiligd worden dan gebieden waar de risico's groot zijn.

Om deze nieuwe benadering uit te werken werd een kosten-baten analyse uitgevoerd. Hierbij werden de kosten van maatregelen of sets van maatregelen vergeleken met de baten, grotendeels veiligheidsbaten als gevolg van vermeden overstromingsrisico's.

Om de veiligheidsbaten door vermeden overstromingsrisico te bepalen werd gebruik gemaakt

van een door het Waterbouwkundig Laboratorium ontwikkelde (risico)methode [Vanneuville et al., 2002]. Deze methode bestaat uit 4 grote stappen:

- Het bepalen van de terugkeerperiode van extreme gebeurtenissen op basis van een doorgedreven statistische analyse van lange tijdreeksen;
- Het bepalen van de overstromingskaarten met behulp van het concept composietrandvoorwaarden, die afgeleid worden vanuit de statistische analyse;
- Het bepalen van de schade en het verwacht aantal slachtoffers in de overstromde gebieden;
- Het bepalen van het risico uit de kans van voorkomen van extreme gebeurtenissen en de hierdoor ontstane schade.

De eerste twee stappen zijn gebaseerd op nieuwe methoden ontwikkeld aan de K.U.Leuven [Willems et al., 2000].

Via een stapsgewijze optimalisatie werd dan een optimale combinatie van maatregelen bekomen. Kenmerkend voor deze optimale combinatie is een relatief beperkte oppervlakte aan nieuwe overstromingsgebieden die samen met het verhogen van de dijken op linker- en rechteroever leiden tot een zeer goede kosten-batenverhouding. Deze overstromingsgebieden zijn verspreid over de volledige Zeeschelde maar liggen meestal dicht bij zones waar veel schade kan voorkomen.

Bij de uitvoering van de kosten-batenanalyse zijn keuzes gemaakt voor een groot aantal parameters waarop onzekerheden rusten. Een gevoeligheidsanalyse laat toe om de invloed van onzekerheden op de resultaten te evalueren. Onderzochte parameters zijn zeespiegelstijging, bresvorming, aanslibbing van GGG's (gecontroleerd gereduceerd getijdegebied, dit zijn overstromingsgebieden die op een gecontroleerde manier via in- en uitwateringsconstructies dagelijks aan het getij worden blootgesteld), hoogte van de overlooptdijken en de risicoformule.

2 Invloed zeespiegelstijging

Om de kosten en baten van het optimale maatregelenpakket te bepalen werd reeds een verwachte zeespiegelstijging van 60 cm tegen 2100 mee in rekening gebracht. Vermits hierop een grote onzekerheid rust werden de veiligheidsbaten bepaald van zeespiegelstijgingen variërend tussen 0 en 120 cm tegen 2100 (zie Tabel 1). Hiervoor gebeurden geen nieuwe simulaties, maar werden de effecten van een zeespiegelstijging verschoven in de tijd. Zo worden bij een zeespiegelstijging van 120 cm tegen 2100 de gesimuleerde veiligheidsbaten reeds in 2061 gerealiseerd. Het exponentiële verloop van de zeespiegelstijging tot 2100 werd benaderd door in het standaard scenario te veronderstellen dat de zeespiegel stijgt met 22 cm in 2050 en 60 cm in 2100 of in het hoog scenario met 44 cm in 2050 en 120 cm in 2100.

Wanneer verondersteld wordt dat er tegen 2100 geen zeespiegelstijging optreedt, dan dalen de totale baten drastisch, of worden zelfs negatief, wat betekent dat het project minder of niet meer rendabel wordt. Indien er zich daarentegen een zeespiegelstijging van 120 cm zou voordoen, dan verdubbelen de totale baten bijna. De zeespiegels-

tijging heeft dus een belangrijke invloed op de veiligheidsbaten.

3 Invloed bresvorming

Het Zeescheldebekken wordt gekenmerkt door hoge dijken met een laag achterland. In normale omstandigheden staan de hoogwaterpeilen reeds hoger dan een groot deel van het achterland. Bij stormvloedomstandigheden kan naast overtopping van de dijken het falen van de dijken, met als gevolg dijkdoorbraken, een belangrijke oorzaak van overstromingen en schade zijn.

Bij het bepalen van de optimale oplossing werd daarom reeds rekening gehouden met het ontstaan van dijkdoorbraken en de daaruit volgende overstromingen en schade.

Op een relatief eenvoudige conceptuele manier werd met de beschikbare gegevens bepaald waar er zich bressen zouden kunnen voordoen in het studiegebied. Op deze locaties werden dan in het hydrodynamisch model modelleenheden ingebouwd die dit kunnen simuleren. Vanaf het moment dat het waterpeil op die locaties een bepaalde drempelwaarde overschrijdt, ontstaat er een dijkdoorbraak.

Om de invloed van bressen op de hydraulische berekeningen en de resulterende overstromingsschade te evalueren werden twee types wijzigingen aangebracht in het model. Een eerste type betrof een wijziging van het aantal potentiële bressen. Het tweede type had betrekking op de modelparameters van individuele bressen.

Bij de evaluatie van de impact van de breslocaties werden twee varianten onderzocht. In de eerste variant werden alle bressen uitgeschakeld ("zonder bressen"). In de tweede variant werden enkel de bressen in de omgeving van Hamme, die verantwoordelijk zijn voor een belangrijk deel van de totale overstromingsschade, uitgeschakeld ("zonder bressen te Hamme"). Om de invloed van

Tabel 1: Overzicht kosten en baten voor verschillende aannames gemiddelde zeespiegelstijging voor het optimale maatregelenpakket

Zeespiegelstijging 2100 t.o.v. 2000	0 cm	30 cm	60 cm (basis)	90 cm	120 cm
Geactualiseerde totale kosten	131,71	131,71	131,71	131,71	131,71
Geactualiseerde veiligheidsbaten tot 2100	138,13	437,44	736,75	1036,05	1335,36
Andere effecten tot 2100					
landbouw	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37
zicht omwonenden	-5,18	-5,18	-5,18	-5,18	-5,18
recreatie	8,78	8,78	8,78	8,78	8,78
Totale netto geactualiseerde baten tot 2100	-2,35	296,96	596,26	895,57	1194,88
Terugverdientijd (jaar)	92	24	16	12	10

Discontovoet van 4%, gemiddelde economisch groei

individuele bresparameters na te gaan werden wijzigingen aangebracht in het waterpeil waarbij de bres ontstaat, de maximale diepte van de bres, de breedte van de bres of in een combinatie van meerdere eigenschappen.

In de standaard berekeningen is het waterpeil waarbij een bres ontstaat ("failure level") afhankelijk van de locatie en van de beschouwde tijds-horizon (2000 of 2100). Naargelang de situatie start de bresvorming wanneer het waterpeil zich 5 tot 35 cm onder het kruinpeil van de dijk bevindt. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van deze keuze van waterpeilen wordt verwezen naar IMDC-RA-Vito [2005b]. Om de invloed van het gekozen peil in te schatten, werden alle peilen op uniforme wijze met 25 cm verlaagd.

Bij de vroeger uitgevoerde analyses werd de maximale diepte van een bres ("final bottom level") gelijkgesteld aan de hoogte van het maaiveld in het overstromde gebied. In Nederlandse studies ten behoeve van de MKBA Ontwikkelingsschets 2010 voor ProSes werd echter een maximale diepte van 5 m onder het maaiveld toegepast [HKV, 2004]. Dit betekent dat wordt verondersteld dat de bressen 5 meter dieper kunnen worden dan het maaiveld van de gebieden achter de dijk. Fysisch stemt dit overeen met de vorming van een wiel. In eerste instantie werd het toelaatbare bodempeil van alle bressen met 5 m verlaagd. Uit de resultaten bleek evenwel dat een aantal bressen nog steeds erodeerde tot aan de maximaal toegelaten diepte. Om het effect van ongelimiteerde dieptegroei te kunnen nagaan, werd ook nog een tweede reeks simulaties uitgevoerd. Hierbij werd het toelaatbare bodempeil van alle bressen met 20 m verlaagd. Daardoor werd dit peil lager dan het minimale bodempeil in de

Schelde zelf., om ervoor te zorgen dat de modellen nooit aan deze limiet zouden geraken.

De verschillende varianten werden doorgerekend voor het optimale geactualiseerde Sigmaplan. Voor de belangrijkste varianten werd ook de corresponderende variant van het nulalternatief¹ doorgerekend om de invloed van de variant op de economische analyse te kunnen evalueren.

Tabel 2 toont de resultaten voor deze gevoeligheidsanalyse voor de varianten die de meeste invloed hadden op de schade. Hieruit blijkt:

- dat de resultaten met enkel overloop (zonder bresvorming) wijzen op een veel lagere veiligheidsbaat. Met andere woorden, als alle dijken aan overloop zouden weerstaan zonder bresvorming, dan is de netto baat van het optimale geactualiseerde Sigmaplan duidelijk lager. Dit komt omdat, zoals hoger beschreven, er ook veel minder schade optreedt in het nulalternatief. De terugverdientijd blijft maar net aanvaardbaar, want het plan verdient zich niet terug in het "worst case" scenario.
- dat de economische rendabiliteit van het optimale geactualiseerde Sigmaplan niet afhankelijk is van al dan niet bresvorming te Hamme;
- dat, als de dijken zwakker zijn dan vooropgesteld in de basisberekeningen, het optimale geactualiseerde Sigmaplan uiteraard nog meer verantwoord is. In de basisberekeningen werd er immers van uit gegaan, dat de dijken blijven

¹ Het nulalternatief omvat de maatregelen die tot het reeds vastgelegde beleid behoren. In het huidige geval bestaat het nulalternatief uit een verdere afwerking van het oorspronkelijke Sigmaplan, met uitzondering van de stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel.

Tabel 2: Overzicht kosten en baten voor verschillende scenario's bresvorming Sigmaplan 2

Scenario	Basis	Geen bressen	Geen bressen Hamme	Bressen -25 cm	Bressen diep
Geactualiseerde totale kosten	131,71	131,71	131,71	131,71	131,71
Geactualiseerde veiligheidsbaat tot 2100	736,75	266,28	719,81	1434,41	1186,16
Andere effecten tot 2100					
landbouw	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37
zicht omwonenden	-5,18	-5,18	-5,18	-5,18	-5,18
recreatie	8,78	8,78	8,78	8,78	8,78
Totale netto geactualiseerde baten tot 2100	596,26	125,80	579,33	1293,93	1045,67
Terugverdientijd (jaar)	16	45	16	9	9
Terugverdientijd "worst case" (jaar)	45	/	52	20	19

Basisaannames: discontovoet van 4%, gemiddelde economisch groei, zeespiegel stijgt 60 cm in 100 jaar
 "Worst case": discontovoet van 7%, gemiddelde economische groei, zeespiegel stijgt 30 cm in 100 jaar

weerstaan zonder bresvorming zelfs bij waterstanden binnen de "waakhoogte" van 50 cm onder de dijkkruin (vermits de bressen anno 2000 verondersteld worden te ontstaan bij waterpeilen vanaf 5 tot 25 cm onder de kruin). Deze aanname is conservatief voor het evalueren van de investeringen voor het nieuwe Sigmaplan, maar is dit uiteraard niet met betrekking tot het garanderen van veiligheid tegen overstromingen.

4 Aanslibbing GGG's

Wanneer de geplande overstromingsgebieden ingericht zouden worden als GGG, zullen ze onderhevig worden aan geleidelijke aanslibbing. Momenteel zijn hierover weinig concrete gegevens beschikbaar. Op basis van expert-inschatting is besloten om voor deze gevoeligheidsanalyse uit te gaan van een aanslibbing van 1 cm per jaar. Dit kan leiden tot een totale slibafzetting van ongeveer 1 m tegen het jaar 2100. Een dergelijke aanslibbing zal aanleiding geven tot een geleidelijke afname van het bergend vermogen van de overstromingsgebieden en bijgevolg ook tot een geleidelijke afname van de veiligheidsbaten.

Om de grootteorde van deze effecten te kunnen inschatten, werd een controleberekening met aangeslibde overstromingsgebieden uitgevoerd. Ook werd getest wat de invloed van 1m aanslibbing zou zijn in de huidige omstandigheden. Er werd verder verondersteld dat door oordeelkundige plaatsing, onderhoud en controle van de sluizen, aanslibbing de werking van de sluizen niet verstoort. Onder deze omstandigheden geeft de gesimuleerde aanslibbing aanleiding tot een totale daling van de veiligheidsbaten van slechts 2%.

5 Hoogte overlooppdijken

Voor het uitwerken van het optimale geactualiseerde Sigmaplan zijn de kruinhoogtes van de overlooppdijken voor de GOG's gekozen op basis van de kruinhoogtes van de reeds in werking zijnde gecontroleerde overstromingsgebieden en op basis van de geplande kruinhoogtes voor KBR (het gecontroleerde overstromingsgebied van Kruikeke-Bazel-Rupelmonde).

De keuze van de kruinhoogtes van de overlooppdijken werd in eerste instantie bepaald door de doelstelling om een maximale bescherming tegen overstroming te garanderen, dus om een maximale geactualiseerde baat (berekend op basis van vermeden risico's in het invloedsgebied van de GOG's) te garanderen.

Overwegingen in verband met natuur en bodemgebruik (sommige GOG's frequenter gebruiken dan andere, wat een andere invulling toelaat), werden hier buiten beschouwing gelaten, maar kunnen in de praktijk ook een rol spelen

In het voorstel voor het optimale geactualiseerde Sigmaplan werd een combinatie van dijkhoogtes van 6.8 m TAW in de stroomafwaartse gebieden, 6.5 en 6.3 m TAW in de meer opwaartse gebieden gebruikt. Dit komt overeen met gemiddelde frequenties van overstromen van ongeveer één- of tweemaal per jaar of om de 2 jaar. Een verlaging van al de overlooppdijken tot 6.3 m TAW, waardoor gebieden frequenter overstromen (maar ook sneller of te vroeg gevuld kunnen zijn) levert een marginale extra veiligheidsbaat op (+1%). Het verhogen van de dijkhoogtes tot 7.5 m TAW zorgt ervoor dat de overstromingsgebieden slechts vollopen bij stormen met hogere terugkeerperiodes. Dit zorgt echter voor een verlaging van de globale veiligheidsbaat met 7%. Dit komt omdat ook kleinere terugkeerperiodes (kleiner dan ongeveer 50 jaar) een belangrijke invloed hebben op de veiligheidsbaten. Bij hogere overlooppdijken treden de overstromingsgebieden bij lage terugkeerperiodes niet in werking en worden de waterpeilen niet omlaag getrokken langs de rivier. Er wordt dus minder schade vermeden waardoor ook de veiligheidsbaten lager zijn.

6 Risicoformule

Risico is gelijk aan kans van voorkomen van een bepaalde gebeurtenis vermenigvuldigd met de schade die bij deze gebeurtenis hoort en dit samengesteld voor het geheel van kansen van voorkomen. Dit kan als volgt geschreven worden:

$$R = \int_{n=0}^{+\infty} f(n) \cdot S(n) dn$$

waarbij:

R = risico

S = de schade die een storm aanricht

n = terugkeerperiode

$f(n)$ = frequentiedichtheid van een storm met terugkeerperiode n

Het is uiteraard niet mogelijk voor iedere mogelijke kans of terugkeerperiode de corresponderende schade te berekenen. Met behulp van een discrete benadering is het mogelijk om op basis van schadegegevens voor enkele terugkeerperiodes een inschatting te maken van het totale risico. Hiertoe gebeuren aannames omtrent de schade van de ontbrekende periodes en omtrent de frequentiedichtheid.

Vertrekkend vanuit de schade voor terugkeerperiodes van 1, 2, 5, 10, 100, 500, 1000, 2500, 4000 en 10.000 jaar is voor alle berekeningen verondersteld dat de schade lineair toeneemt tussen de terugkeerperiodes en is voor de frequentiedichtheid volgende trapsgewijze benadering uit Vanneuville et al. 2002 gebruikt:

$$Risico = \frac{1}{1}S_1 + \frac{1}{2}(S_2 - S_1) + \frac{\frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5}}{5-2}(S_5 - S_2) + \frac{\frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} + \frac{1}{9} + \frac{1}{10}}{10-5}(S_{10} - S_5) + ..$$

Hierbij is S_i de schade bij een gebeurtenis met een kans op voorkomen van $1/i$ per jaar.

Een andere mogelijke benadering is de lineaire frequentiebenadering, waarbij de frequentiedichtheid van ontbrekende periodes bepaald wordt op basis van lineaire interpolatie. Een derde benadering is de continue frequentiebenadering. In deze benadering wordt de integraal over $f(n)$ exact berekend. Naast deze twee verbeterde benaderingen zijn ook onder- en bovengrenzen bepaald om de grenzen van de risicobenadering te verkennen. In een ondergrens-benadering wordt verondersteld dat de veiligheidsbaat gelijk blijft voor alle terugkeerperiodes groter dan een gesimuleerde terugkeerperiode en dit tot de volgende gesimuleerde terugkeerperiode. In een bovengrensbepending wordt het omgekeerde verondersteld. De veiligheidsbaten van terugkeerperiodes kleiner dan een gesimuleerde periode worden gelijkgesteld en dit tot de volgende kleinere gesimuleerde periode. Het verschil in de gehanteerde risicoformules wordt grafisch voorgesteld in figuur 2.

Het verschil tussen de verschillende benaderingen bij de risicoformule is klein. Vooral voor de kleinere terugkeerperiodes is er een verschil, maar de totale veiligheidsbaat is vergelijkbaar. Afhankelijk van welke formule gebruikt wordt, is er een maximaal verschil tot 20%. De onder- en bovengrensbepending tonen dat ook in het meest extreme geval de veiligheidsbaten opwegen tegen de kosten.

7 Conclusies

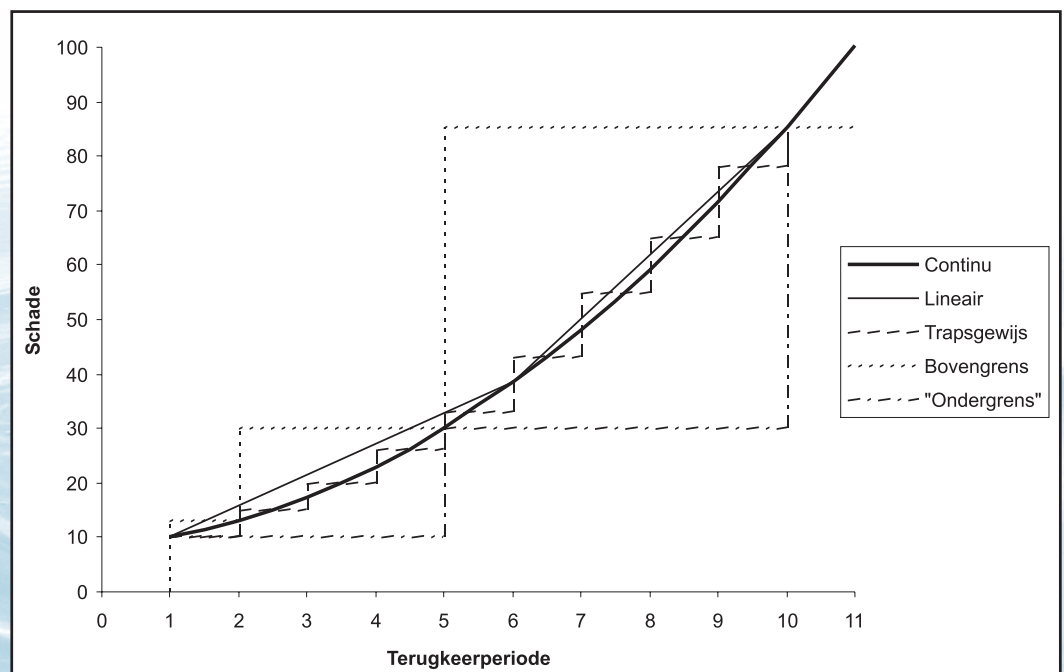
Figuur 3 geeft de resultaten die in de bovenstaande hoofdstukken besproken zijn, grafisch weer. De horizontale lijnen op de figuur komen overeen met de veiligheidsbaat van het optimale geactualiseerde Sigmaplan en met de kostprijs van dit plan.

Uit de figuur blijkt duidelijk dat geen enkele factor de veiligheidsbaten lager doet worden dan de kostprijs. Dit betekent dat de baten altijd groter zijn dan de kosten.

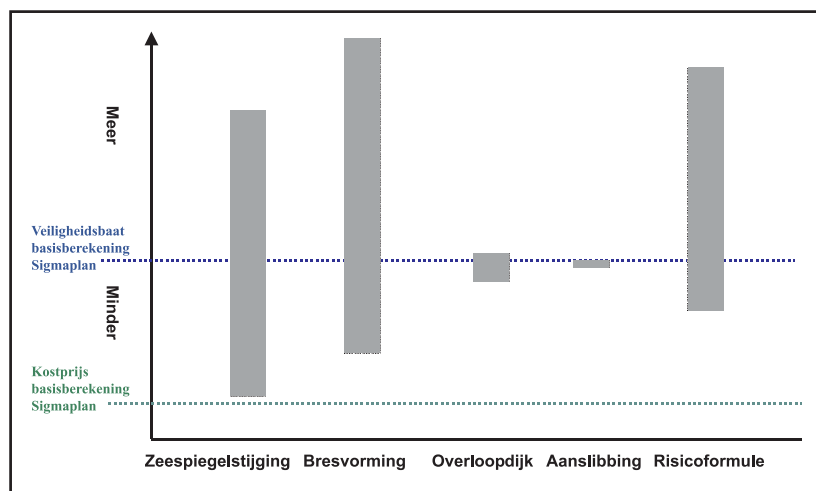
Zeespiegelstijging, bresvorming en de gebruikte risicoformule kunnen een grote invloed hebben op de veiligheidsbaten. De hoogte van de overlooptijd en de aanslibbing van GGG's daarentegen hebben een kleine invloed op de veiligheidsbaten.

Het inschatten van risico's of baten van maatregelen is altijd omgeven met veel onzekerheid, zodat de grote uitdaging voor wetenschap en beleid erin bestaat om, gegeven deze onzekerheid, de kans op foute beleidsbeslissingen te minimaliseren. Hiertoe is onzekerheids- en sensitiviteitsanalyse onontbeerlijk. Ten eerste geeft zij aan welke parameters de grootste impact hebben op de resultaten en waar de prioriteiten liggen voor verder onderzoek. Ten tweede kan men de robuustheid van de conclusies van de kostenbatenanalyse toetsen.

Figuur 2: Grafische voorstelling verschillende risicoformules



Figuur 3: Vergelijking veiligheidsbaten verschillende onderzochte invloedsfactoren



Voor het gekozen optimale alternatief zijn de baten steeds groter dan de kosten, en is er enkel de onzekerheid op de terugverdientijd. Een gerichte combinatie van dijkverhoging en overstromingsgebieden geeft steeds de beste kosten-batenverhouding. Meer details over de voorgestelde studie kunnen gevonden worden in RA-IMDC-Vito [2005a].

Op basis van de bevindingen bij de studie kunnen enkele aanbevelingen voor verder onderzoek worden geformuleerd. De in deze studie gevolgde risicomethode heeft zeker een toegevoegde waarde voor beleidsondersteuning, maar dient met grote omzichtigheid toegepast te worden wat de absolute waarde van de risicoschatting betreft. Het testen van de robuustheid van de volgorde in scenario's in een sensitiviteitsanalyse is hierbij dan ook essentiëler dan de absolute waarden van kosten en baten. De sensitiviteitsanalyse toont aan dat de faalmechanismen van dijken, de toegepaste klimaatsverandering (enkel stormtijden), de schadefuncties en de berekeningsmethode van het risico uit de schade grote impact kunnen hebben op deze absolute waarden. Alhoewel deze factoren in dit geval geen impact hadden op de volgorde van de scenario's kan dit in de toekomst bij andere voorbeelden wel het geval zijn. Verder onderzoek in deze thema's om de onzekerheid van deze parameters te verminderen, is dan ook belangrijk.

Referenties

HKV, (2004), Casestudies voor overstromingschade in dijkkringgebieden 30, 31 en 32, Rapport in opdracht van Proses

RA-IMDC-Vito, (2005a), Maatschappelijke Kosten Baten Analyse voor de actualisatie van het Sigmaplan – Faserapport 1: Composietrandvoorwaarden, I/RA/14082/03055/BND, Rapport in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal, Afdeling Zeeschelde

RA-IMDC-Vito, (2005b), Maatschappelijke Kosten Baten Analyse voor de actualisatie van het Sigmaplan – Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico, I/RA/14082/04017/SME, Rapport in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal, Afdeling Zeeschelde

RA-IMDC-Vito, (2005c), Maatschappelijke Kosten Baten Analyse voor de actualisatie van het Sigmaplan – Faserapport 4: Lokale optimalisatie van dijkverhoging en overstromingsgebieden, I/RA/14082/04017/SME, Rapport in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal, Afdeling Zeeschelde

RA-IMDC-Vito, (2005d), Maatschappelijke Kosten Baten Analyse voor de actualisatie van het Sigmaplan – Faserapport 5: Gevoeligheidsanalyse op de optimale oplossing, I/RA/14082/05004/BND, Rapport in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal, Afdeling Zeeschelde

Vanneuville et al. (2002) - Risicobenadering bij waterbeheersingsplannen, Methodologie en case study Denderbekken, Rapport door Universiteit Gent in opdracht van van het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid, 2002

Willems P., Qvick, A., Vaes, G., Berlamont, J., Christiaens, K., Feyen, J., (2000), Algemene methodologie voor het modelleren van de waterafvoer in bevaarbare waterlopen in Vlaanderen, Rapport door K.U.Leuven in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid, april 2000.

S. Smets¹, S. Broekx², D. Bulckaen¹,
L. De Nocker², I. Liekens², J. Gauderis³,
W. Dauwe⁴

¹International Marine and Dredging Consultants (IMDC), België

²Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO), België

³Resource Analysis (RA), België

⁴Waterwegen en Zeekanaal (W&Z), Afdeling Zeeschelde, België

Auteur:
Steven Smets
Ingenieur Adviseur
International Marine and Dredging Consultants (IMDC)
Wilrijkstraat 37-45
2140 Borgerhout
België
Tel: +32 3 270 92 95
Fax: +32 3 235 67 11