



Vlaanderen
is wetenschap

21_004_1
WL rapporten

Bresinstrumentarium Sigma

Deelrapport 1
Selectie potentiële breslocaties

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Bresinstrumentarium Sigma

Deelrapport 1 – Selectie potentiële breslocaties

Coen, L.; Peeters, P.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2022
D/2022/3241/189

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Coen, L.; Peeters, P. (2022). Bresinstrumentarium Sigma: Deelrapport 1 – Selectie potentiële breslocaties. Versie 3.0. WL Rapporten, 21_004_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	De Vlaamse Waterweg, Afdeling Regio Centraal	Ref.:	WL2022R21_004_1
Trefwoorden (3-5):	bres, Sigmaplan, Zeeschelde		
Kennisdomeinen:	Waterbeheer > 2.Hydraulica > 2.2. Hydrodynamische modellen > 2.2.d. Literatuur- en desktoponderzoek		
Tekst (p.):	23	Bijlagen (p.):	9
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Coen, L.; Vanderkimpen, P.
------------	----------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Peeters, P.	<small>Getekend door: Patrik Peeters (Signature) Getekend op: 2022-10-17 21:46:00 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed</small> <i>Patrik Peeters</i>
Projectleider:	Coen, L.	<small>Getekend door: Leen Coen (Signature) Getekend op: 2022-10-18 10:45:26 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed</small> <i>Leen Coen</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	<small>Getekend door: Abdelkannim Bellafkih (Sig) Getekend op: 2022-10-17 11:20:02 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed</small> <i>Abdelkannim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---



Abstract

De Vlaamse Waterweg NV (dVW) vraagt aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) om een bresinstrumentarium op te bouwen voor onderzoek en analyses inzake bresvorming op verschillende locaties in het Sigmagebied. WL wordt gevraagd bresgroeiparameters voor te stellen, locaties voor bresvorming te identificeren en een robuust hydrodynamisch Sigmamodel op te leveren waarmee overstromingskaarten kunnen worden opgemaakt om de impact van één of meerdere bressen te bekijken.

Voorliggend rapport beschrijft de tweede fase van het project met als doel een selectie te maken van locaties waar bresvorming kan worden gesimuleerd. Om de opmaak en evaluatie van het bresinstrumentarium werkbaar en overzichtelijk te houden, wordt ervoor gekozen met een beperkt aantal breslocaties te werken. Zo zal in een bepaalde compartimentering van de vallei steeds één locatie worden aangeduid welke representatief is voor de gevolgen van een mogelijke bres in dit deel van de vallei. Er werden 36 breslocaties geselecteerd.

Bijlage 1 bevat de memo met betrekking tot de bresgroeiparameters, opgesteld in het kader van fase 1 van dit project.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
1 Inleiding	1
1.1 Kader.....	1
1.2 Doelstelling.....	1
1.3 Opbouw van het rapport.....	1
2 Vorige studies	2
2.1 Sigmaplan. Maatschappelijke KostenBatenAnalyse. Deelopdracht 1. Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico. RA/14082/04.017.....	2
2.2 Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse Winterdijken. IMDC ism Tractebel & Jan Maertens BVBA iov. WL (2008-2010).....	2
2.3 Conceptuele methode voor een snelle diagnose van het faalgedrag van de Vlaamse dijken - Dijktoets.....	3
3 Criteria en keuze breslocaties	5
3.1 Criteria.....	5
3.2 Keuze breslocaties.....	5
3.2.1 Beneden-Zeeschelde	12
3.2.2 Boven-Zeeschelde.....	13
3.2.3 Durme	15
3.2.4 Rupel.....	16
3.2.5 Benedennete	17
3.2.6 Kleine Nete	18
3.2.7 Grote Nete	19
3.2.8 Dijle.....	20
3.2.9 Zenne	21
4 Conclusies en vervolg project.....	22
5 Referenties	23
Bijlage 1 Memo bresparameters.....	B1
1 Inleiding	B1
2 Bresgroei.....	B1

3	Bresgroei-model	B2
4	Bresgroei-parameters	B4
4.1	MKBA Sigmaplan	B4
4.2	Geïntegreerd Kustveiligheidsplan	B6
4.3	Vlaamse rivierdijken	B6
4.4	Vergelijking parametersets.....	B7
5	Conclusies	B8
6	Aanbevelingen	B8
7	Referenties	B9

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht breslocaties MKBA en in nieuw bresinstrumentarium behouden breslocaties	7
Tabel 2 – Fasen in bresgroei (Visser, 1998 en Zhu, 2006)	B2
Tabel 3 – Bresgroeiparametersets	B5

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Schematische voorstelling van de dijkbeoordeling (Vincke <i>et al.</i> , 2011).....	4
Figuur 2 – Situering (geselecteerde) breslocaties	6
Figuur 3 – Situering (geselecteerde) breslocaties Beneden-Zeeschelde.....	12
Figuur 4 – Situering (geselecteerde) breslocaties Boven-Zeeschelde.....	13
Figuur 5 – Situering (geselecteerde) breslocaties Durme	15
Figuur 6 – Situering (geselecteerde) breslocaties Rupel	16
Figuur 7 – Situering (geselecteerde) breslocaties Benedennete.....	17
Figuur 8 – Situering (geselecteerde) breslocaties Kleine Nete.....	18
Figuur 9 – Situering (geselecteerde) breslocaties Grote Nete	19
Figuur 10 – Situering (geselecteerde) breslocaties Dijle	20
Figuur 11 – Situering (geselecteerde) breslocaties Zenne	21
Figuur 12 – Dijktypes (Van Hoestenberghet <i>et al.</i> , 2010c)	B7

1 Inleiding

1.1 Kader

De Vlaamse Waterweg NV (dVW) vraagt aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) om een bresinstrumentarium op te bouwen voor onderzoek en analyses inzake bresvorming op verschillende locaties in het Sigmagebied. WL wordt gevraagd bresgroeiparameters voor te stellen, locaties voor bresvorming te identificeren en een robuust hydrodynamisch Sigmamodel op te leveren waarmee overstromingskaarten kunnen worden opgemaakt om de impact van één of meerdere bressen te bekijken.

Het project bevat zes fasen:

1. Overzicht bresgroeiparameters voor bresmodule MIKE11
2. Selectie locaties voor bresvorming
3. Uitbreiding Zeescheldemodel met bressen
4. Gevoeligheidsanalyse bresgroeiparameters
5. Opmaak overstromingskaarten per breslocatie voor T100-1000-4000
6. Oplijsting (on)mogelijkheden bresmodelinstrumentarium

1.2 Doelstelling

Het doel van de tweede fase van het project is om een selectie te maken van locaties waar bresvorming kan worden gesimuleerd. Om de opmaak en evaluatie van het bresinstrumentarium werkbaar en overzichtelijk te houden, wordt ervoor gekozen met een 30 à 40 breslocaties te werken. Zo zal in een bepaalde compartimentering van de vallei steeds één locatie worden aangeduid welke representatief is voor de gevolgen van een mogelijke bres in dit deel van de vallei. Verder wordt voor de selectie gebruik gemaakt van de reeds geselecteerde breslocaties in het kader van de Maatschappelijke KostenBatenAnalyse voor het Sigmaplan (Smets *et al.*, 2005) en van gegevens uit de studie omtrent bresgevoeligheid van Vlaamse Winterdijken. De uiteindelijke bedoeling is breslocaties in het model te voorzien die bruikbaar zijn voor impact-analyse van bresvorming in dat deel van de vallei.

1.3 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt een kort overzicht gegeven van de vorige studies.

Hoofdstuk 3 bespreekt de criteria en keuze van de breslocaties.

Hoofdstuk 3.2.1 besluit met de conclusies en het vervolg van het project.

Bijlage 1 bevat de memo met betrekking tot de bresgroeiparameters, opgesteld in het kader van fase 1 van dit project.

2 Vorige studies

2.1 Sigmaplan. Maatschappelijke KostenBatenAnalyse. Deelopdracht 1. Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico. RA/14082/04.017

In het kader van de Maatschappelijke KostenBatenAnalyse voor het Sigmaplan werd een methode opgesteld voor bepaling van de breslocaties op basis van een faalindex voor de dijken in het Zeeschelde-estuarium (Smets *et al.*, 2005). Op basis van de methode werden 104 bressen ingebouwd op link channels in het 1D-numeriek model, als ‘dambreak structures’.

De locaties waar bressen zouden kunnen ontstaan werden geselecteerd op basis van een eenvoudige faalindex. Aan de hand van die index werden 104 potentiële breslocaties geïdentificeerd. Het tijdstip waarop de bressen ontstaan werd geschat op basis van de berekende vrijboord, zijnde het verschil tussen waterstand en kruinhoogte. Voor oudere dijken die nog niet op Sigmahoogte gebracht werden, werd verondersteld dat een bres zich vormt wanneer de berekende vrijboord minder dan 25 cm bedraagt. Voor nieuwere dijken die reeds op Sigmahoogte zijn, werd verondersteld dat een bres zich pas vormt wanneer er effectief overloop optreedt. In geen van beide gevallen werd een berekening van de reststerkte uitgevoerd.

De faalindex houdt rekening met volgende sterkteparameters:

- ouderdom van de waterkering
- kruinbreedte van de waterkering
- bekleding van de waterkering
- helling van het binnentalud van de waterkering
- lokale stroomsnelheid, golven aan de teen van de waterkering

2.2 Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse Winterdijken. IMDC ism Tractebel & Jan Maertens BVBA iov. WL (2008-2010)

In meer recente studies omtrent bresgevoeligheid van Vlaamse Winterdijken werd een verbeterde toetsing van de dijken voorgesteld (International Marine and Dredging Consultants, 2008a; b; International Marine and Dredging Consultants *et al.*, 2009, 2010; International Marine and Dredging Consultants & Waterbouwkundig Laboratorium, 2008, 2010) (Peeters *et al.*, 2008). Het doel van de studie is de grondige analyse van het grondmechanisch falen van dijken en de erdoor geïnitieerde bresvorming. Op basis hiervan dient een op de Vlaamse situatie toegespitste methodologie opgesteld te worden die toelaat (1) een toetsing uit te voeren van de Vlaamse dijken en (2) haar toepassing vindt binnen schade- en risicoberekeningen.

In de eerste deelopdracht werd de conceptuele methode uit het MKBA van het Sigmaplan toegepast voor heel Vlaanderen. Uit deze deelopdracht volgde dit besluit: *“Het score-systeem van de conceptuele methode ontwikkeld door het Waterbouwkundig Laboratorium is een ruwe en sterk vereenvoudigende comparatieve methode. De methode is eerder gericht op het effect van overtoppend water, alhoewel ook de bekleding (rivierwaarts) en stroomsnelheden als criteria worden beschouwd. Ook is het zo dat de onzekerheid op de data en de ruwheid van de methode maken dat de resultaten met grote voorzichtigheid moeten behandeld worden.”*

In deelopdracht 5 werd een ‘wetenschappelijk verantwoorde en praktisch haalbare methode’ opgesteld. Hiervoor werden twee sporen gevolgd.

- Spoor 1: uitbreiding en verbetering van de bestaande conceptuele methode. Deze methode is toepasbaar om snel en op grotere schaal een inschatting te krijgen van de bresgevoeligheid van de dijken en/of als weinig gegevens over de geotechnische sterkte van de dijk beschikbaar zijn. Ze moet toelaten de zwakke schakels te identificeren.
- Spoor 2: volledig probabilistische methode, die inpasbaar is in de risicomethodologie die in Vlaanderen vaak wordt toegepast. Deze methode is extensiever zowel qua rekentijd als qua benodigde gegevens.
- De conceptuele methode en de probabilistische methode zijn complementair aan mekaar.

In deelopdracht 6 werden de methodes uitgevoerd op vier praktische cases:

- De linkeroever van de Schelde thv het Sint-Annabos
- De rechteroever van de Schelde thv Galgeschoor
- De rechteroever van de Schelde thv Hingene
- De linkeroever van Grensmaas thv Meeswijk

De toepassing van de conceptuele en probabilistische methode liet toe om de resultaten van beide met elkaar te vergelijken. Voor het beperkt aantal praktische cases werd een goede overeenkomst gevonden tussen de resultaten van de beide methoden. De resultaten staan of vallen met de beschikbaarheid van goede (geotechnische) gegevens van de dijkopbouw.

2.3 Conceptuele methode voor een snelle diagnose van het faalgedrag van de Vlaamse dijken - Dijktoets

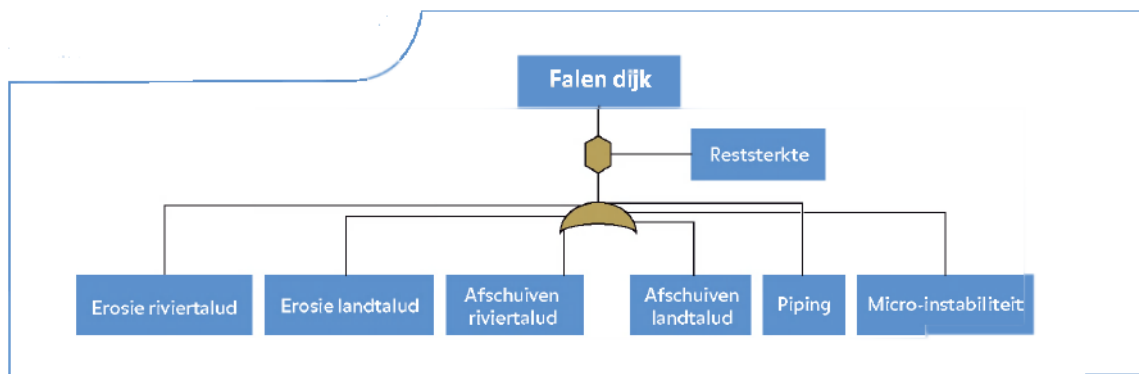
Uit bovenstaande studie volgde de ontwikkeling van de GIS-tool 'dijktoets', gebaseerd op een conceptuele methode voor een snelle diagnose van het faalgedrag van de Vlaamse dijken (Vincke *et al.*, 2011). De methodologie moet zorgen voor een pragmatische benadering in het beoordelen van dijken. De volgende faalmechanismen worden beschouwd:

- Erosie van het land- en riviertalud
- Macro-instabiliteit van het land- en riviertalud
- Piping
- Micro-instabiliteit

In de conceptuele methode wordt de faalindex bepaald op basis van een OF-relatie, waarbij een expliciet onderscheid gemaakt wordt tussen de verschillende faalmechanismen, zoals weergegeven in Figuur 1. Deze mechanismen worden beoordeeld op basis van een aantal criteria, die voor bepaalde mechanismen hetzelfde kunnen zijn.

Om tot een globale beoordeling van het dijksegment te komen worden twee benaderingen gebruikt:

1. De score van de dijk wordt bepaald door de hoogste deelscore van de verschillende deelmechanismen. Dit is de 'OF'-relatie. Dit is de meest voor de hand liggende keuze omdat het bezwijken van de dijk zal optreden als het meest kritische faalmechanisme wordt aangesproken.
2. De score van de dijk wordt bepaald door de som van de deelscores waardoor een globale evaluatie van de stabiliteit bekomen worden. Dit is een 'EN'-relatie.



Figuur 1 – Schematische voorstelling van de dijkbeoordeling (Vincke *et al.*, 2011)

De twee benaderingen worden beschouwd als complementair en worden steeds samen gebruikt. Er werd geopteerd om voor elk deelmechanisme een score van 1 tot 3 toe te kennen. Hoe slechter de beoordeling van het betreffende faalmechanisme, hoe hoger de score.

Ook de reststerkte van de dijk is van belang, aangezien de initiatie van een faalmechanisme niet noodzakelijk aanleiding geeft tot het daadwerkelijk bezwijken van de dijk. De reststerkte wordt enkel geëvalueerd als de globale score 3 bedraagt. Als nog reststerkte aanwezig is, wordt de score met 0.5 verlaagd (dus van 3 naar 2.5).

De globale score op basis van de maxima, of hoogste deelscore, ziet er dan als volgt uit:

- Score 1: de dijk heeft een geringe kans op falen;
- Score 2: de dijk heeft een gemiddelde kans op falen;
- Score 2.5: de dijk heeft een grote kans op falen, maar er is een zekere reststerkte aanwezig;
- Score 3: de dijk heeft een grote kans op falen en er is onvoldoende reststerkte aanwezig.

3 Criteria en keuze breslocaties

3.1 Criteria

Het doel is om te komen tot breslocaties in het studiegebied van het Sigmaplan, zijnde de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren voor impactanalyse van bresvorming representatief voor een bepaalde zone in het gebied, echter zonder de werkelijke zwakste zone aan te geven. Hierbij wordt gestart met de 104 breslocaties uit de MKBA van het Sigmaplan.

Om 104 breslocaties te reduceren naar 30 à 40 breslocaties dient circa één op vier breslocaties behouden te worden.

De dijken van de waterlopen worden per oever onderverdeeld in segmenten op basis van de geografie van het achterliggende gebied. De segmenten worden opgesplitst wanneer het achterland verdeeld wordt door een topografisch element, zoals bijvoorbeeld een hoger gelegen weg of spoorweg, of een bedijkte waterloop.

Breslocaties kunnen geëlimineerd worden wanneer er recent dijkwerken werden uitgevoerd. Hierbij behoren ook de locaties die gelegen zijn op de overlooptdijk van een recent aangelegd GOG.

Wanneer er nog meerdere breslocaties resteren binnen een dijksegment wordt gekeken naar de globale score uit de dijktoets (RGLOB) (zie §2.3). De breslocatie met de hoogste globale score blijft behouden. In enkele gevallen werd beslist de breslocatie te verplaatsen naar een zone met een hogere globale score.

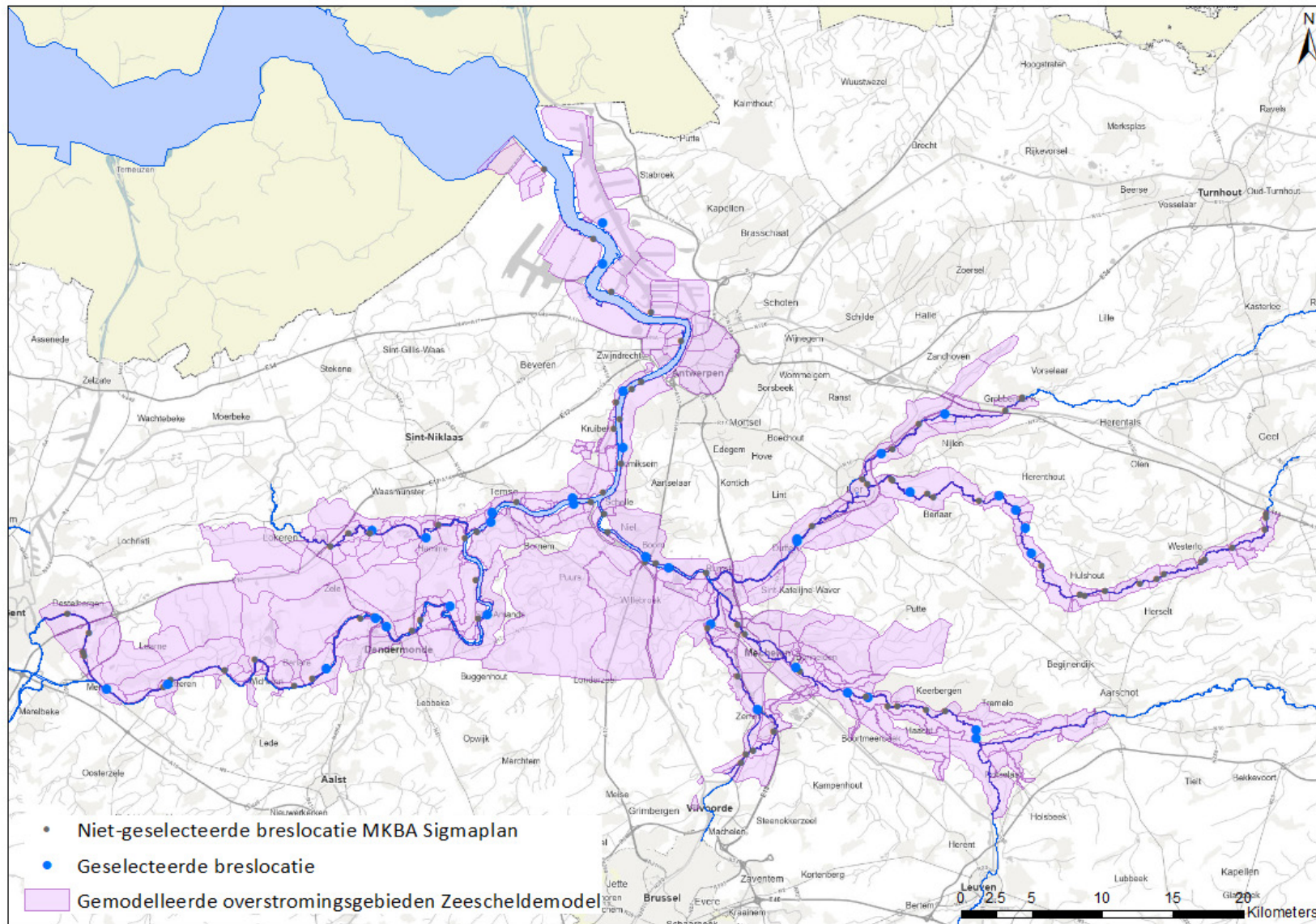
Langs enkele dijksegmenten werden bij de MKBA van het Sigmaplan geen breslocaties toegekend, waar er echter wel een globale score van 3 werd toegekend in de dijktoets. In deze segmenten werd een breslocatie toegevoegd.

Langs de Dijle en Zenne zijn geen gegevens beschikbaar van de dijktoets. Er werden breslocaties weerhouden of geëlimineerd op basis van de kruinhoogte van de dijksectie, of op basis van de locatie.

3.2 Keuze breslocaties

In Figuur 2 en Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de breslocaties van het MKBA van het Sigmaplan en de geselecteerde breslocaties. In de vijfde kolom van de tabel worden de geselecteerde breslocaties voor deze studie aangegeven met '1'. Ook de drie extra geselecteerde breslocaties zijn toegevoegd aan de tabel en in de figuur. In totaal zijn er 35 breslocaties weerhouden voor dit project.

In de volgende paragrafen worden de gekozen breslocaties per (deel van de) waterloop kort besproken.



Figuur 2 – Situering (geselecteerde) breslocaties

Tabel 1 – Overzicht breslocaties MKBA en in nieuw bresinstrumentarium behouden breslocaties

ID bres (MKBA)	Dijksegment	Omschrijving locatie	RGLOB; opmerking	Breslocatie?	Naam link channel	Verplaatst/extra
SCHOUDENOEL_11005-1200	Zeeschelde-LO afwaarts Antwerpen	LO_dijk naar GGG Doelpolder	2	0		
ZSCH_FC-ZSCH-15979-11738	Zeeschelde-LO afwaarts Antwerpen	LO_Dijk naar Kallo	2	0		
ZSCH_SCH-LO18-14778	Zeeschelde-LO afwaarts Antwerpen	LO_Dijk naar Kallo	2	1	LC_DB_ZEESCHELDE_14780_L	
ZSCH_SCH-LOC-25509	Zeeschelde-LO Antwerpen	LO_Dijk naar Antwerpen-LO; heraangelegd	dijk heraangelegd; afwaarts RGLOB =3; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_20500_L	x
ZSCH_KBR1-34015	Zeeschelde-LO Antwerpen - Rupel	LO_Overloopdijk GOG Kruibekke	overloopdijk KBR	0		
ZSCH_KBR4-38899	Zeeschelde-LO Antwerpen - Rupel	LO_Overloopdijk GOG Rupelmonde	overloopdijk KBR	0		
ZSCH_SCH-LO17-31313	Zeeschelde-LO Antwerpen - Rupel	LO_Dijk naar Burcht	geen dijk?; afwaarts RGLOB=3; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_31020_L	x
ZSCH_SCH-LO17-32215	Zeeschelde-LO Antwerpen - Rupel	LO_Dijk naar Burcht 2	geen dijk?	0		
FC-ZSCH-45786	Zeeschelde-LO Rupel - brug Temse	LO_Dijk naar Steendorp 2	2	0		
ZSCH_SCH-LO15-41502	Zeeschelde-LO Rupel - brug Temse	LO_Dijk naar Steendorp	3	1	LC_DB_ZEESCHELDE_41200_L	x
	Zeeschelde-LO brug Temse - Durme	LO_tussen brug Teme en Durme	3	1	LC_DB_ZEESCHELDE_47790_L	x
ZSCH_10008-54001	Zeeschelde-LO Durme - brug N41	LO_Dijk naar Hamme	2	0		
ZSCH_10010-57709	Zeeschelde-LO Durme - brug N41	LO_Overloopdijk GOG Zwijn	3; overloopdijk GOG Zwijn	0		
ZSCH_15101-50395	Zeeschelde-LO Durme - brug N41	LO_Overloopdijk GOG De Bunt	2	0		
ZSCH_SCH-LO11-64200	Zeeschelde-LO Durme - brug N41	LO_Dijk naar Moerzeke	3	1	LC_DB_ZEESCHELDE_64100_L	
ZSCH_10018-68300	Zeeschelde-LO brug N41 - N47	LO_Dijk naar Grembergen	1	0		
ZSCH_10020-72300	Zeeschelde-LO brug N41 - N47	LO_Dijk naar Grembergen 2	-2; afwaarts RGLOB=3; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_71000_L	x
ZSCH_10024-79759	Zeeschelde-LO N47 - Wijmeers	LO_Dijk naar Berlare	2; afwaarts RGLOB=3; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_78560_L	x
ZSCH_10025-81258	Zeeschelde-LO N47 - Wijmeers	LO_Dijk naar Berlare 2	1	0		
ZSCH_SCH-LO6-85446	Zeeschelde-LO N47 - Wijmeers	LO_Dijk naar Berlare 3	3; heraangelegd?	0		
FC-ZSCH-89299	Zeeschelde-LO Wijmeers - Melle	LO_Dijk naar Kalkense meersen; heraangelegd?	geen; heraangelegd?	0		
ZSCH_SCH-LO1-98899	Zeeschelde-LO Wijmeers - Melle	LO_Dijk naar Heusden	3	1	LC_DB_ZEESCHELDE_98700_L	

ID bres (MKBA)	Dijksegment	Omschrijving locatie	RGLOB; opmerking	Breslocatie?	Naam link channel	Verplaatst/extra
ZSCH_SCH-LO2-93299	Zeeschelde-LO Wijmeers - Melle	LO_Dijk naar Laarne	2	0		
ZSCH_5deHavendok-21504	Zeeschelde-RO afwaarts Antwerpen	LO_Dijk naar 5de havendok_heraangelegd	2; heraangelegd?	0		
ZSCH_KanaaldokB1-11438	Zeeschelde-RO afwaarts Antwerpen	RO_dijk naar Kanaaldok 1B	2; nog niet heraangelegd?	1	LC_DB_ZEESCHELDE_11430_R	
ZSCH_Marshalldok-18103	Zeeschelde-RO afwaarts Antwerpen	LO_Dijk naar Mashalldok_heraangelegd	2; heraangelegd?	0		
ZSCH_11008-30713	Zeeschelde-RO Antwerpen - Rupel	RO_Dijk naar Hoboken 2	2	0		
ZSCH_SCH-RO15-33315	Zeeschelde-RO Antwerpen - Rupel	RO_Dijk naar Hoboken 3	2	0		
ZSCH_SCH-RO15-35316	Zeeschelde-RO Antwerpen - Rupel	RO_Dijk naar Hemiksem	3	1	LC_DB_ZEESCHELDE_35300_R	
ZSCH_SCH-RO15-36497	Zeeschelde-RO Antwerpen - Rupel	RO_Dijk naar Hemiksem 2	2	0		
ZSCH_SCH-RO16-29812	Zeeschelde-RO Antwerpen - Rupel	RO_Dijk naar Hoboken	2	0		
ZSCH_10001-40100	Zeeschelde-RO Rupel - brug Temse	RO_Dijk naar Hingene	-2; afwaarts RGLOB=3; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_41200_R	x
FC-ZSCH-49391	Zeeschelde-RO brug Temse - Durme	RO_Dijk naar Weert	-2; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_48390_R	x
ZSCH_10017-67200	Zeeschelde-RO Durme - brug N41	RO_Overloopdijk GOG Vlassenbroek	1; afwaarts RGLOB=3; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_57110_R	x
FC-ZSCH-73398	Zeeschelde-RO Dender - Appels	RO_Dijk naar Appels	2; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_72200_R	x
ZSCH_SCH-RO3-93999	Zeeschelde-RO Wetteren	RO_Dijk naar Wetteren	1; afwaarts RGLOB=3; bres verplaatst	1	LC_DB_ZEESCHELDE_93600_R	x
OSCH_10033-2000	Zeeschelde-opwaarts Heusden	LO_Dijk ontpoldering Heusden	nvt	0		
OSCH_10034-2300	Zeeschelde-opwaarts Heusden	RO_Dijk zandwinningsput Melle	nvt	0		
OSCH_10038-6100	Zeeschelde-opwaarts Heusden	RO_Dijk naar Gentbrugge; opwaarts sluis Heusden	nvt	0		
OSCH_SCH-LO4-3800	Zeeschelde-opwaarts Heusden	LO_Dijk naar Destelbergen; opwaarts sluis Heusden	nvt	0		
du_15103-3182	Durme-LO	LO Durme_Dijk ontpoldering Klein Broek	2	0		
ID bres (MKBA)	Dijksegment	Omschrijving locatie	RGLOB; opmerking	Breslocatie?	Naam link channel	Verplaatst/extra
du_15109-9521	Durme-LO	LO Durme_Dijk naar Waasmunster	3	1	LC_DB_DURME_9470_L	
du_15112-12565	Durme-LO	LO Durme: Overloopdijk GOG Potpolder IV	1	0		

du_15108-9672	Durme-RO	RO Durme_Dijk naar Hamme 2	2	0		
du_15115-14878	Durme-RO	RO Durme_Dijk naar Zele	1	0		
Durme_Durme-RO2-5000	Durme-RO	RO Durme_Dijk naar Hamme	3	1	LC_DB_DURME_5200_R	
RPL_12004-3141	Rupel-LO afwaarts Willebroek	LO Rupel: dijk naar eiland Zeekanaal	2	0		
RPL_RPL-LO2-6741	Rupel-LO afwaarts Willebroek	LO Rupel: dijk naar eiland Zeekanaal 2	geen dijk	0		
	Rupel-LO opwaarts Willebroek	RO Rupel opwaarts Willebroek	3	1	LC_DB_RUPEL_3600_L	x
12002_RPL-400	Rupel-RO	RO Rupel: dijk naar Schelle	geen dijk	0		
RPL_RPL-RO1-7441	Rupel-RO	RO Rupel: dijk naar Boom	geen dijk	0		
RPL_RPL-RO1-8400	Rupel-RO	RO Rupel: dijk naar Rumst	geen dijk; bres verplaatst	1	LC_DB_RUPEL_5300_R	x
BN_BN-LO4-9800	Benedennete-LO	LO Nete: dijk naar Duffel	1	0		
BN-LO4_BN-300	Benedennete-LO	LO Nete: dijk naar Duffel	3	1	LC_DB_benedennete_7316_L	
	Benedennete-RO opwaarts spoorweg	RO Nete: opwaarts spoorweg	3	1	LC_DB_benedennete_7216_R	x
KN_14203-3442	Kleine Nete-LO opwaarts Netekanaal	LO Kleine Nete: dijk naar Nijlen	3	1	LC_DB_kleinenete_13630_L	
KN_14208-7392	Kleine Nete-LO opwaarts Netekanaal	LO Kleine Nete: dijk naar Nijlen2	2	0		
KN_KN-LO1-14309	Kleine Nete-LO opwaarts Netekanaal	LO Kleine Nete: dijk net afwaarts Albertkanaal	geen OG	0		
KN_KN-LO3-16052	Kleine Nete-LO opwaarts Netekanaal	LO Kleine Nete: dijk opwaarts Albertkanaal	geen dijk en kleine OG	0		
KN_BIN-792	Kleine Nete-RO Binnennete	RO Kleine Nete: dijk naar Binnennete Lier	3; klein OG	0		
KN_14205-4442	Kleine Nete-RO opwaarts Netekanaal	RO Kleine Nete: dijk naar kanaal	2	0		
KN_14212-9492	Kleine Nete-RO opwaarts Netekanaal	RO Kleine Nete: dijk Varenheuvel	3	1	LC_DB_kleinenete_7480_R	
KN_KN-RO4-16052	Kleine Nete-RO opwaarts Netekanaal	RO Kleine Nete: dijk opwaarts Albertkanaal	opwaarts Albertkanaal	0		
GN_14303-2400	Grote Nete-LO afwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Berlaar	2	0		
GN_14306-6600	Grote Nete-LO afwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Berlaar 2	3, tussen meerdere 2	0		
GN_14308-11850	Grote Nete-LO afwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Berlaar 3	2	0		

ID bres (MKBA)	Dijksegment	Omschrijving locatie	RGLOB; opmerking	Breslocatie?	Naam link channel	Verplaatst/extra
GN_14309-15450	Grote Nete-LO afwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Berlaar 4	3	1	LC_DB_grotenete_30801_L	
GN_14313-20150	Grote Nete-LO opwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Heist od Berg	3	1	LC_DB_grotenete_26101_L	
GN_14316-26800	Grote Nete-LO opwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Hulshout	3; ver opwaarts	0		
GN_14320-31450	Grote Nete-LO opwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Hulshout	geen	0		
GN_14323-33600	Grote Nete-LO opwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Westmeerbeek 2	geen	0		
GN_14324-37350	Grote Nete-LO opwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Varendonk	geen	0		
GN_14327R-40100	Grote Nete-LO opwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Laakdal	geen	0		
GN_GN-LO2-44850	Grote Nete-LO opwaarts Huizebeek	LO Grote Nete: dijk naar Eindhout	geen	0		
GN_14304-2300	Grote Nete-RO afwaarts Wimp	RO Grote Nete: dijk naar Kessel	3, tussen 1 en 2	0		
GN_14305-6000	Grote Nete-RO afwaarts Wimp	RO Grote Nete: dijk naar Kessel 2	2, afwaarts 3; bres verplaatst	1	LC_DB_grotenete_41851_R	x
GN_14310-13450	Grote Nete-RO afwaarts Wimp	RO Grote Nete: dijk naar Nijlen	3; opwaarts weg	1	LC_DB_grotenete_32801_R	
GN_14311-17650	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Wiekevorst	3	1	LC_DB_grotenete_28601_R	
GN_14312-21550	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Wiekevorst 2	2	0		
GN_14317-26400	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Wiekevorst 3	2	0		
GN_14321-32950	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Zoerle-Parwijs	geen	0		
GN_14325-37100	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Westerlo	geen	0		
GN_14326-43500	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Westerlo 2	geen	0		
GN_GN-RO2-44550	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Westerlo	geen	0		
GN_GN-RO5-28400	Grote Nete-RO opwaarts Wimp, Leibeek en Goorloop	RO Grote Nete: dijk naar Wiekevorst 4	2	0		
KN_14201-292	Kleine Nete-LO Binnennete	LO Kleine Nete: dijk naar Kessel	3; klein OG	0		
DL_13104-4292	Dijle-LO afwaarts Mechelen	LO Dijle: dijk naar spoorweg	geen; sigmadijk thv bruggen autostrade	0		

ID bres (MKBA)	Dijksegment	Omschrijving locatie	RGLOB; opmerking	Breslocatie?	Naam link channel	Verplaatst/extra
DL_DL-LO10-9904	Dijle-LO tussen E19 en Barebeek	LO Dijle: dijk naar Muizen	geen; enige bres	1	LC_DB_dijle_25110_L	
DL_13006a-16029	Dijle-LO tussen Weesbeek en Antitankgracht	LO Dijle: dijk afwaarts GOG Hoogdonk	geen; laagste dijkhoogte	1	LC_DB_dijle_18984_L	
DL_13008-19229	Dijle-LO tussen Weesbeek en Antitankgracht	LO Dijle: dijk naar Haacht	geen	0		
DL_13010-21629	Dijle-LO tussen Weesbeek en Antitankgracht	LO Dijle: dijk naar Haacht 3	geen	0		
DL_DL-LO1-27629	Dijle-LO opwaarts Antitankgracht	LO Dijle: dijk naar Haacht	geen; enige bres	1	LC_DB_dijle_7384_L	
DL_13105-5104	Dijle-RO afwaarts Mechelen	RO Dijle: dijk naar Vrouwvliet	geen; klein OG	0		
DL_13002-10404	Dijle-RO Mechelen - Grote Laakbeek	RO Dijle: dijk naar Bonheiden	geen	0		
DL_13007-14429	Dijle-RO Mechelen - Grote Laakbeek	RO Dijle: overloofdijk GOG Rijmenam	geen; laagste dijkhoogte	1	LC_DB_dijle_20584_R	
DL_13007-15929	Dijle-RO Mechelen - Grote Laakbeek	RO Dijle: overloofdijk GOG Rijmenam 2	geen	0		
DL_13009-18429	Dijle-RO Mechelen - Grote Laakbeek	RO Dijle: dijk naar Keerbergen 2	geen	0		
DL_13012-23729	Dijle-RO Mechelen - Grote Laakbeek	RO Dijle: dijk naar Keerbergen	geen	0		
DL_13015-27029	Dijle-RO opwaarts Grote Laakbeek	RO Dijle: dijk naar Werchter	geen; enige bres	1	LC_DB_dijle_7984_R	
ZEN_16004-2771	Zenne-LO	LO_Zenne: dijk naar Heffen	geen; klein OG; Sigmadijk	0		
ZEN_16008-7171	Zenne-LO	LO_Zenne: dijk naar Hombeek1	geen; klein OG; Sigmadijk	0		
ZEN_16009-9971	Zenne-LO	LO_Zenne: dijk naar Zemst	geen; lokaal lagere dijk	1	LC_DB_zenneafl_3016_L	
ZEN_ZEN-LO1-16517	Zenne-LO	LO_Zenne: dijk naar Eppegem	geen	0		
ZEN_16003-2471	Zenne-RO afwaarts E19	RO_Zenne: dijk naar Mechelen	geen; enige bres	1	LC_DB_zenne_22278_R	
ZEN_16017-15817	Zenne-RO opwaarts	RO_Zenne: dijk naar Elewijt	geen; klein OG	0		
ZEN_ZEN-RO1-17317	Zenne-RO opwaarts	RO_Zenne: dijk naar spoorweg	geen; klein OG	0		
ZEN_16011-12871	Zenne-Zenne-afleiding	LO_Zenne: dijk naar Zenne-afleiding	geen; klein OG	0		

3.2.1 Beneden-Zeeschelde

Figuur 3 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Beneden-Zeeschelde.

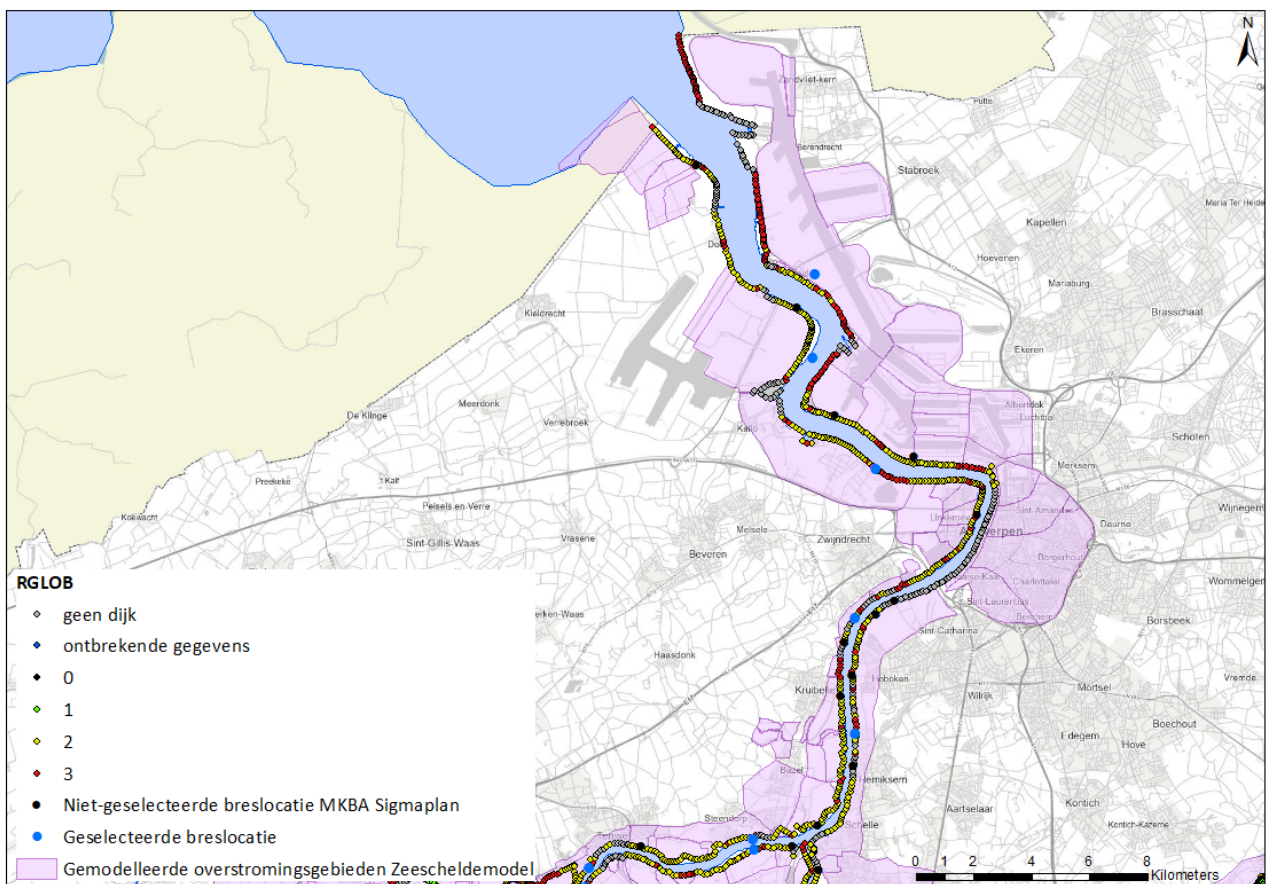
Afwaarts Antwerpen werd langs de linkeroever één van de twee bressen behouden in de dijk naar Kallo. De RGLOB-score was dezelfde, maar de kruinbreedte bij de behouden bres is smaller.

Langs de rechteroever afwaarts Antwerpen werd de bres in de dijk naar kanaaldok B1 behouden.

Eén bres ter hoogte van Antwerpen linkeroever werd geëlimineerd omdat de dijk hier reeds heraanlegd werd. Er werd een nieuwe breslocatie geselecteerd iets meer afwaarts waar RGLOB gelijk is aan 3.

Opwaarts Antwerpen langs de linkeroever liggen drie van de vier bressen op de overlooptdijk van GOG KBR. Deze werden niet weerhouden. Enkel de bres in de dijk naar Burcht werd behouden.

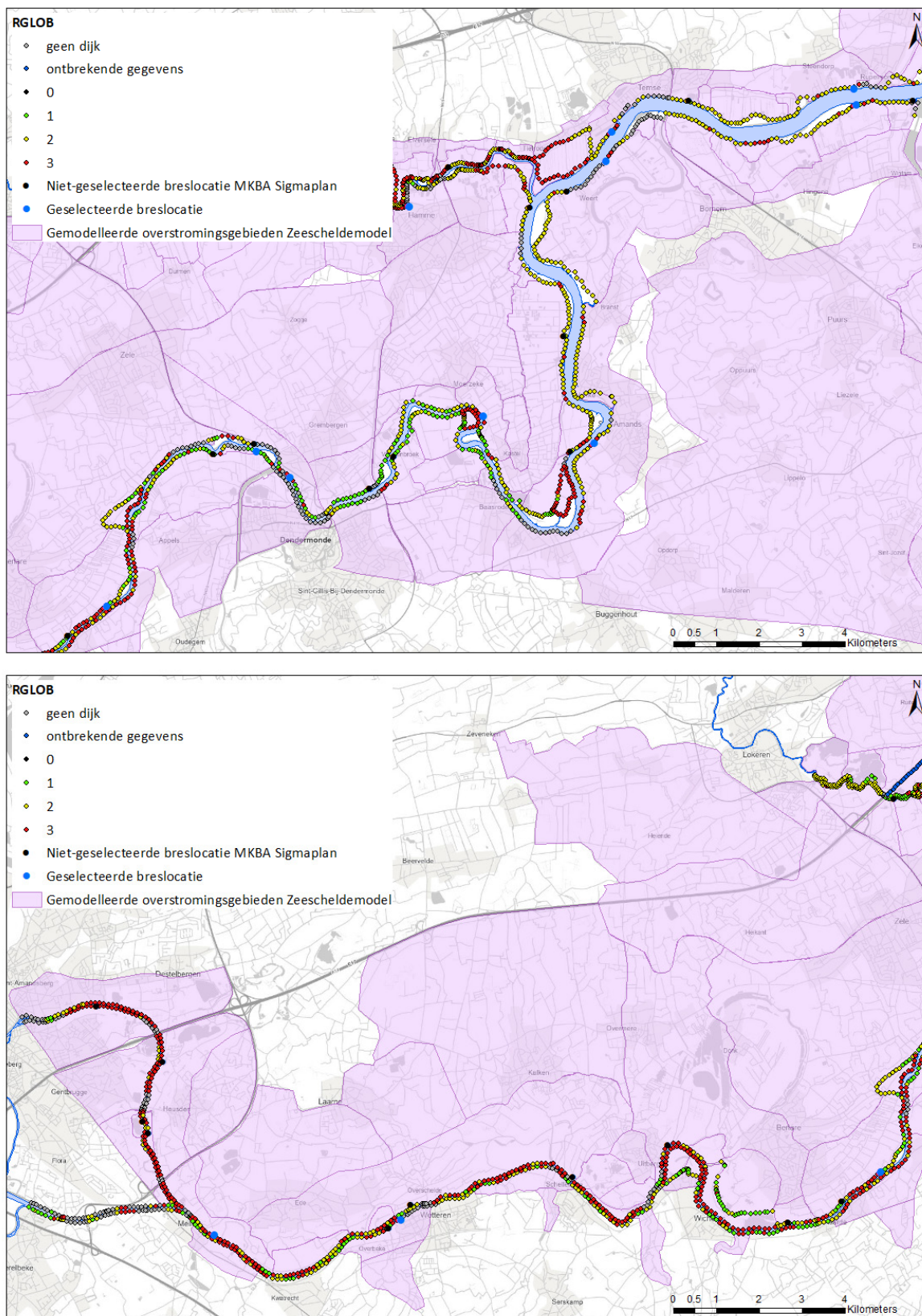
Opwaarts Antwerpen langs rechteroever liggen vijf bressen langs één verbonden overstromingsgebied. De meest centraal gelegen bres, waar RGLOB gelijk is aan 3, wordt behouden.



Figuur 3 – Situering (geselecteerde) breslocaties Beneden-Zeeschelde

3.2.2 Boven-Zeeschelde

Figuur 4 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Boven-Zeeschelde.



Figuur 4 – Situering (geselecteerde) breslocaties Boven-Zeeschelde

Langs de linkeroever tussen de Rupel en de brug van Temse liggen twee bressen langs een verbonden overstromingsgebied. De meest afwaartse, met RGLOB gelijk aan 3 blijft behouden.

Tussen de brug van Temse en Durme zijn er langs de linkeroever geen breslocaties aanwezig op basis van de MKBA, er is echter wel een zone met RGLOB gelijk aan 3, afwaarts van GOG Tielrodebroek. Er wordt één bres toegevoegd in deze zone.

Langs de linkeroever tussen de Durme en de brug van de N41 liggen 4 bressen langs een aaneengesloten overstromingsgebied. De twee meest afwaartse bressen liggen in een zone met RGLOB gelijk aan 2. De volgende bres ligt ter hoogte van de aan te leggen overlooptdijk van GOG Zwijn. De vierde bres ligt ter hoogte van een zone met RGLOB gelijk aan 3. Deze wordt behouden.

In het volgende segment langs linkeroever tussen de N41 en de N47 zijn twee bressen gelegen. De RGLOB-waarden zijn echter gelijk aan 1 en -2 (geen dijk). Tussenin ligt een zone met RGLOB gelijk aan 3. Eén bres wordt verplaatst naar deze zone.

Tussen de N47 en het GOG Wijmeers zijn er langs de linkeroever drie bressen gelegen. De meest afwaartse bres ligt ter hoogte van een dijk met RGLOB gelijk aan 2, waar iets meer afwaarts wel een dijkzone met RGLOB gelijk 3 gelegen is. Deze bres wordt daarom verplaatst. De volgende bressen liggen in een zone met RGLOB = 1 of een ter hoogte van een heraangelegde dijk.

Tussen Wijmeers en Melle zijn langs de linkeroever drie bressen gelegen. Hiervan wordt enkel de meest opwaartse behouden, omdat de waarde van RGLOB hier gelijk is aan 3.

Langs de rechteroever zowel tussen de Rupel en de brug van Temse, als tussen de brug van Temse en de Durme is telkens één bres gelegen in een zone 'zonder dijk'. In beide segmenten is er echter een zone met RGLOB gelijk 3. De bressen wordt verplaatst naar deze zones.

Langs de rechteroever tussen de Durme en de N41 ligt één bres ter hoogte van hooggelegen achterland, met RGLOB gelijk aan 1. Afwaarts, tegenover GOG Zwijn, is er echter een zone waar RGLOB gelijk is aan 3. De bres wordt naar deze zone verplaatst.

Langs de rechteroever tussen de N41 en de Dender zijn geen bressen aanwezig. In de segment is er slechts één punt met RGLOB gelijk aan 3. Hier wordt geen bres toegevoegd.

Tussen de Dender en Appels ligt langs de rechteroever slechts één bres, ter hoogte van een zone met RGLOB gelijk aan 2. Iets meer afwaarts is er wel een zone waar RGLOB gelijk is aan 3. De bres wordt naar deze zone verplaatst.

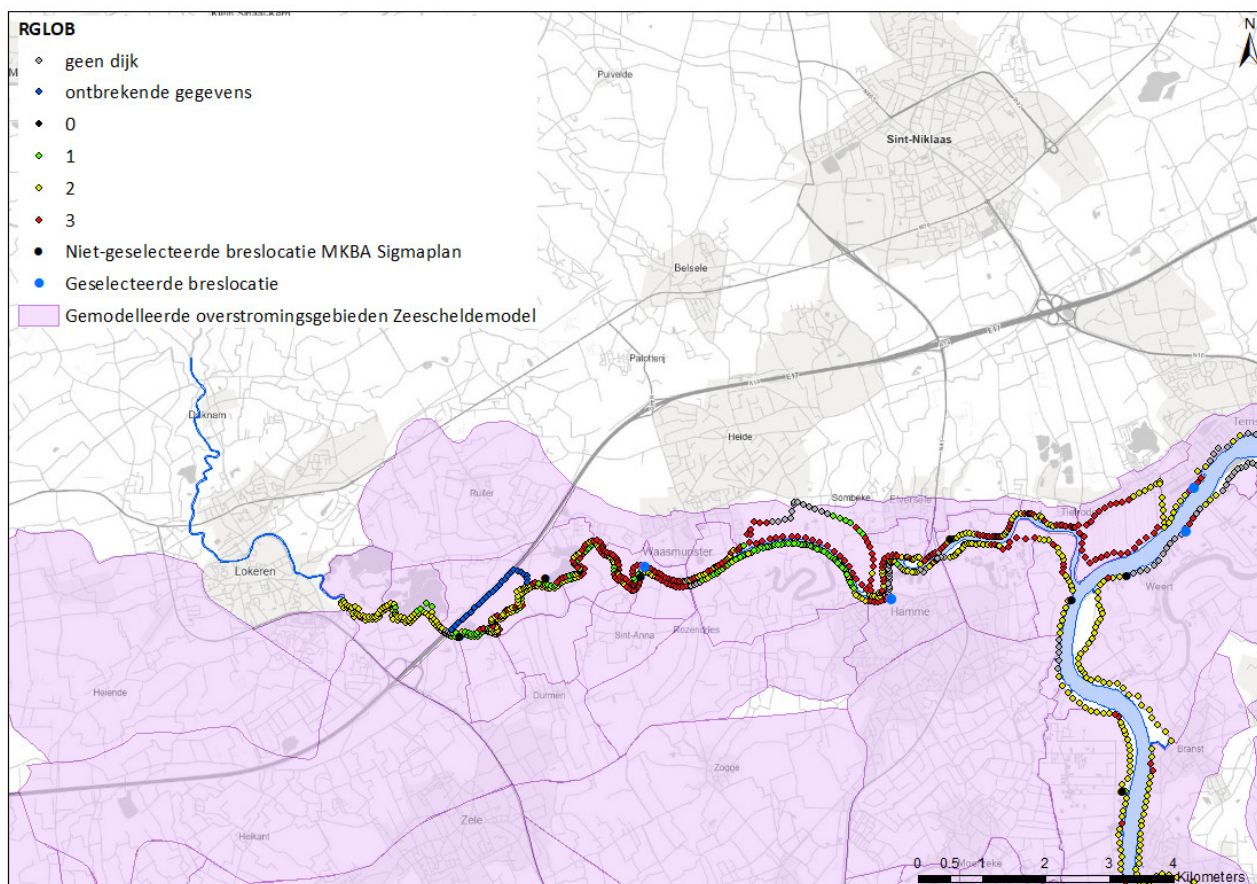
Tussen Appels en Wetteren is de topografie van het achterland wat verhoogd waardoor de overstromingsgebieden in het Zeescheldemodel beperkt zijn. In dit segment zijn geen bressen gelegen en worden er geen toegevoegd.

Langs de rechteroever opwaarts van Wetteren ligt er één bres in een zone met RGLOB gelijk aan 1. Iets meer afwaarts is er wel een zone waar RGLOB gelijk is aan 3. De bres wordt naar deze zone verplaatst.

Opwaarts van Heusden worden geen bressen weerhouden omwille van de inrichtingsplannen betreffende Sluis Heusden.

3.2.3 Durme

Figuur 5 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Durme.



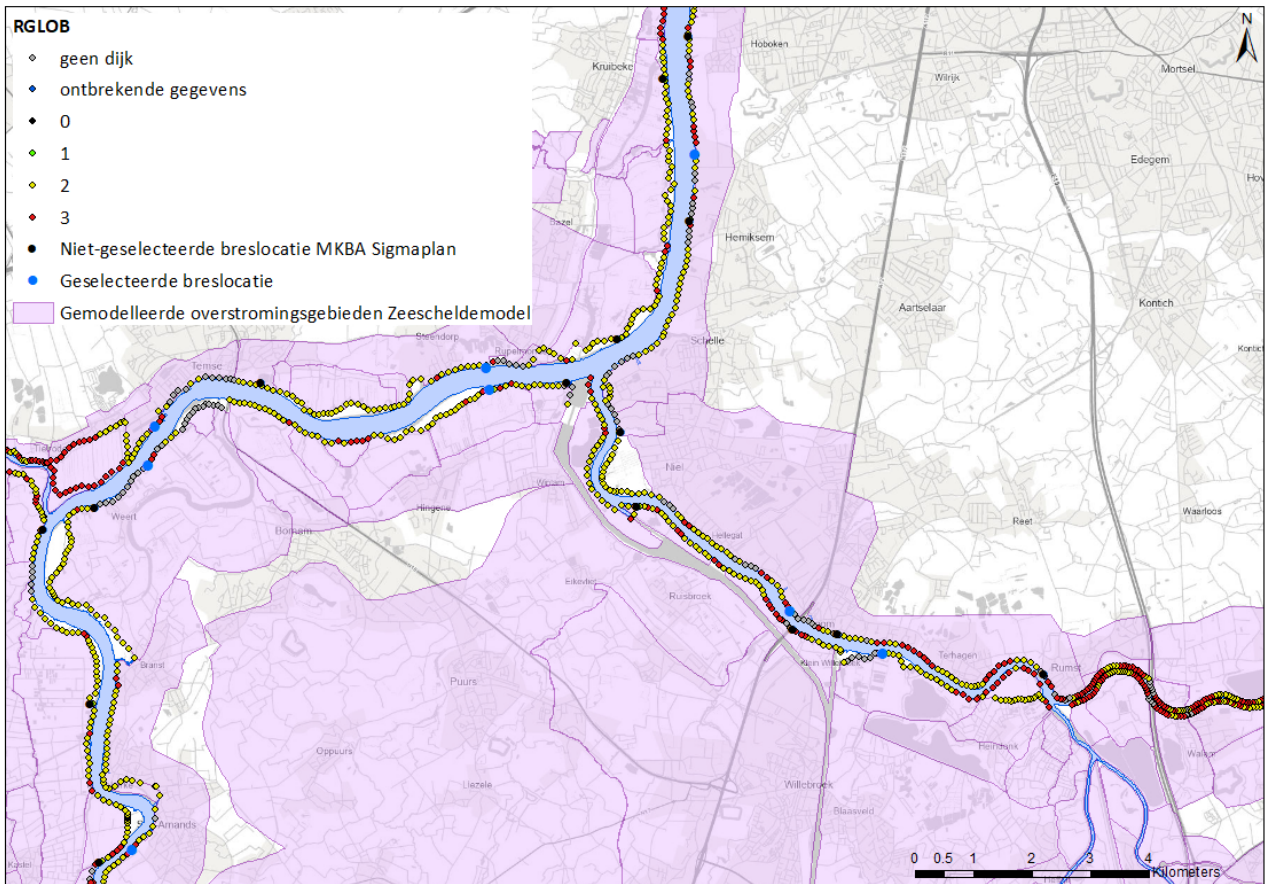
Figuur 5 – Situering (geselecteerde) breslocaties Durme

Langs de linkeroever van de Durme, afwaarts van de E17 liggen drie bressen. De meest afwaartse ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 2, in de toekomstige dijk van ontpoldering Klein Broek. De meest opwaartse ligt ter hoogte van de overlooppolder van GOG Potpolder IV. De middenste is gelegen in een zone met RGLOB gelijk aan 3 en wordt behouden.

Langs de rechteroever afwaarts van de E17 liggen eveneens drie bressen. De twee meest opwaartse liggen respectievelijk in een zone met RBLOG gelijk aan 2 en 1. De meest afwaartse is gelegen in een zone met RGLOB gelijk aan 3 en wordt behouden.

3.2.4 Rupel

Figuur 6 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Rupel.



Figuur 6 – Situering (geselecteerde) breslocaties Rupel

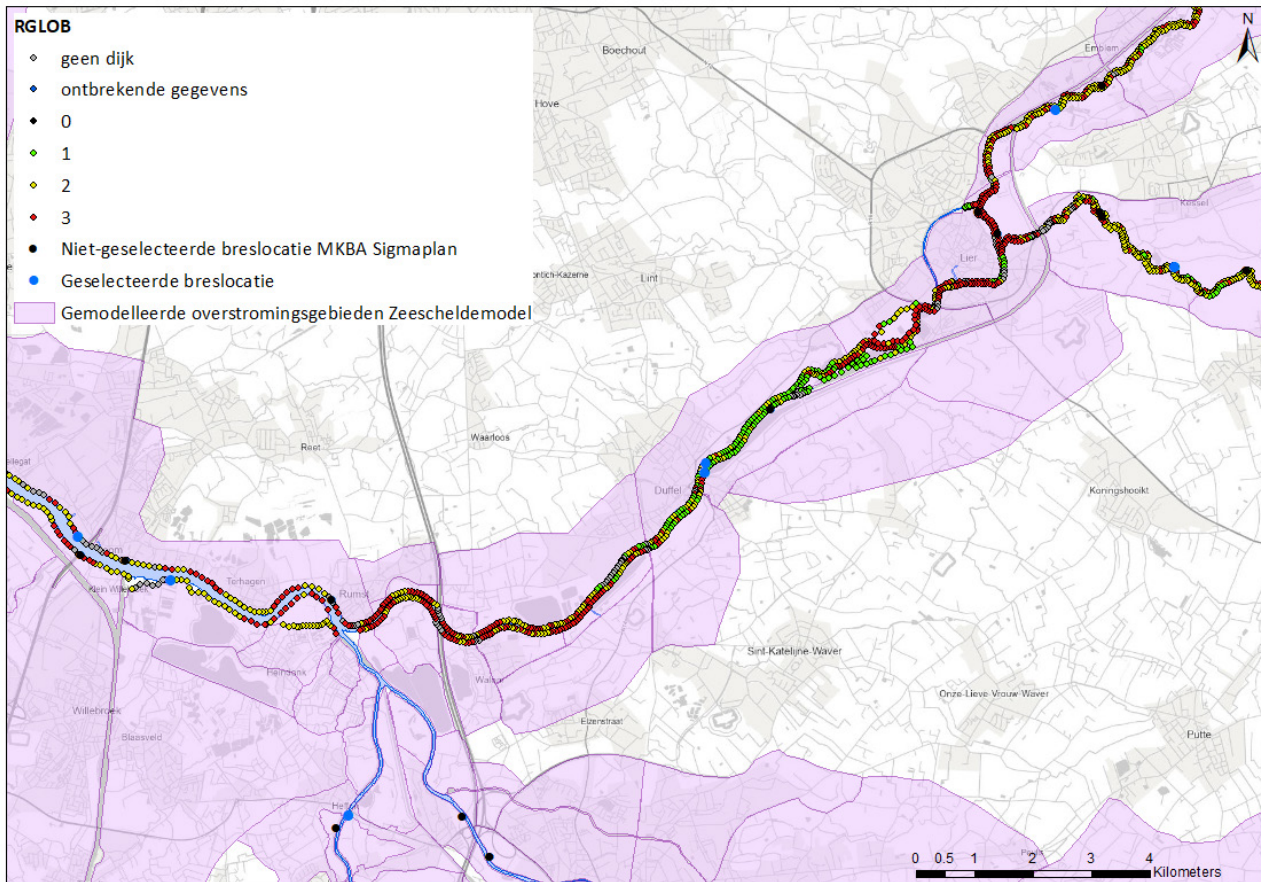
Langs de linkeroever van de Rupel afwaarts van Willebroek liggen twee bressen in de dijk naar een beperkt overstromingsgebied tussen de Rupel en het Zeekanaal. Geen van beide worden weerhouden.

Opwaarts van Willebroek zijn er geen bressen uit de MKBA-studie. Er is echter wel een zone waar RGLOB gelijk is aan 3. In deze zone wordt een bres toegevoegd.

Langs de rechteroever van de Durme zijn er drie bressen gelegen. Volgens de dijктоets liggen deze telkens in een zone met 'geen dijk'. Tusseliggend is er echter wel een zone waar RGLOB gelijk is aan 3. In deze zone wordt een bres toegevoegd.

3.2.5 Benedennete

Figuur 7 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Benedennete.



Figuur 7 – Situering (geselecteerde) breslocaties Benedennete

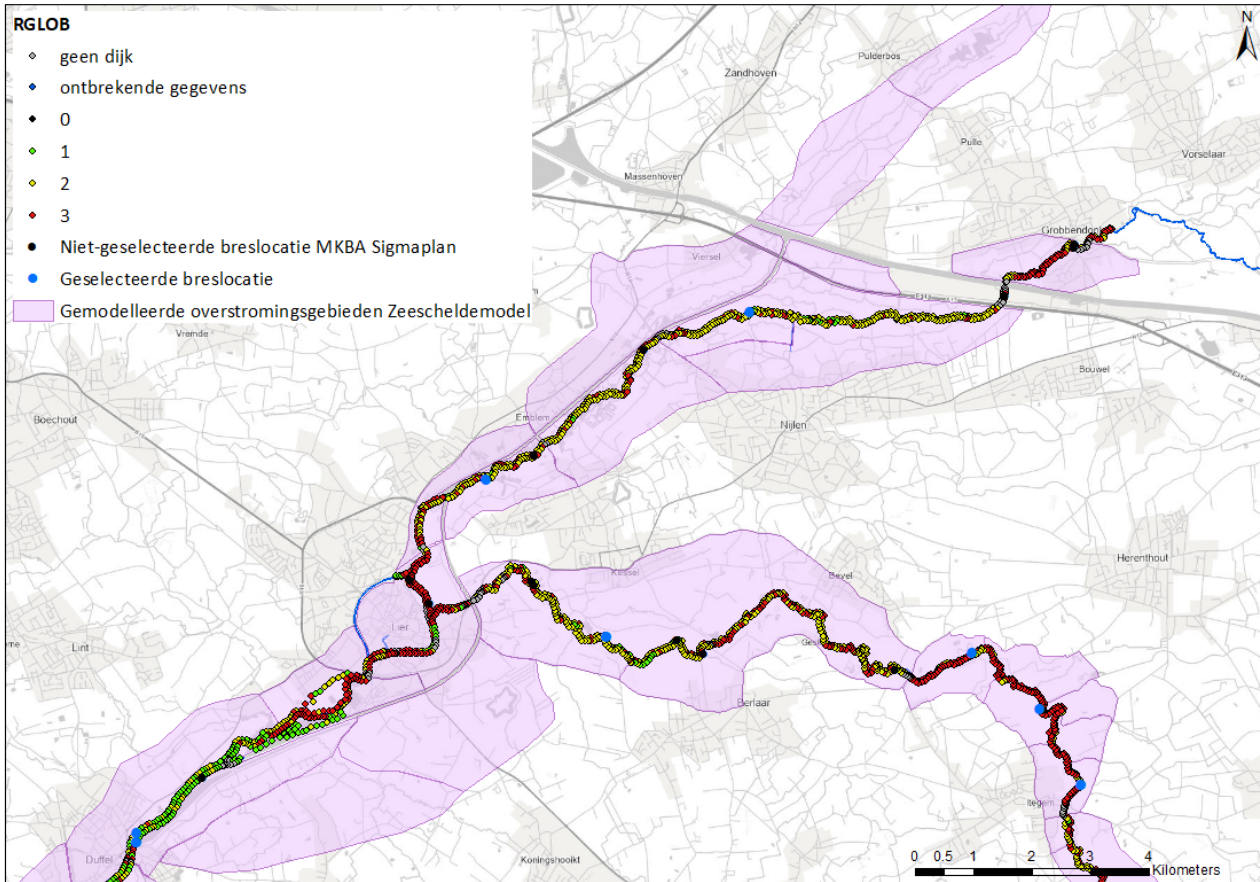
Langs de linkeroever en de rechteroever van de Benedennete afwaarts van de spoorweg zijn er geen bressen voorzien volgens de MKBA. Het betreft hier Sigmadijken. Er worden geen bressen toegevoegd.

Langs de linkeroever van de Benedennete opwaarts van de spoorweg zijn er twee bressen. De meest afwaartse ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 3, en blijft behouden. De meest opwaartse ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 1, en wordt niet weerhouden.

Langs de rechteroever van de Benedennete opwaarts van de spoorweg wordt een bres toegevoegd in een zone met RGLOB gelijk aan 3.

3.2.6 Kleine Nete

Figuur 8 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Kleine Nete.



Figuur 8 – Situering (geselecteerde) breslocaties Kleine Nete

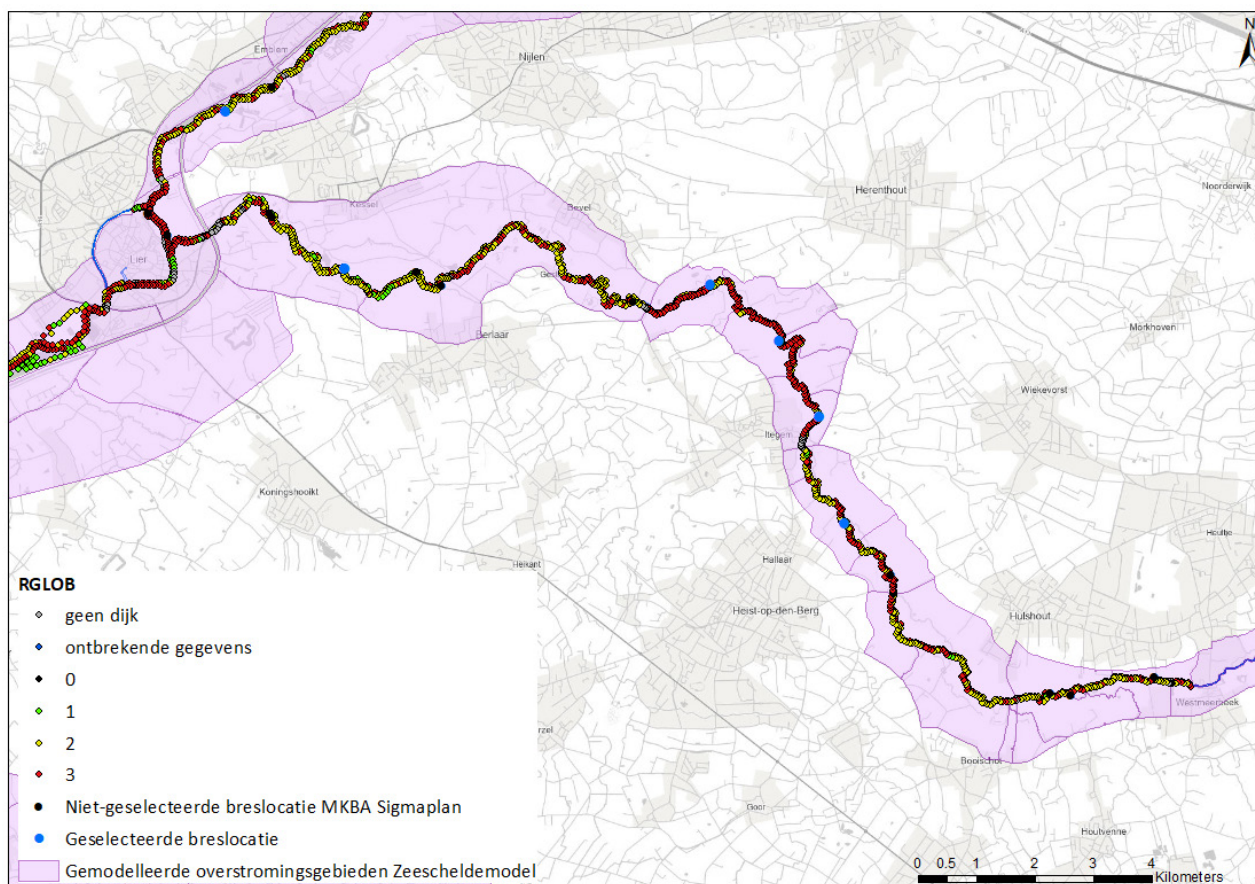
Langs de Binnennete liggen zowel langs de linker- als langs de rechteroever één bres. Omwille van de beperkte achterliggende overstromingsgebieden worden deze niet weerhouden.

Langs de linkeroever opwaarts van de kruising met het Netekanaal zijn vier bressen gelegen. De meest afwaartse ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 3 en wordt behouden. De volgende ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 2. De derde van afwaarts ligt tussen de E313 en het Albertkanaal in een zone zonder gemodelleerd overstromingsgebied. De meest opwaartse bres ligt opwaarts van de onderdoorgang van het Albertkanaal. Deze drie opwaartse bressen worden niet weerhouden.

Langs de rechteroever opwaarts van de kruising met het Netekanaal zijn drie bressen gelegen. De meest afwaartse ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 2. De meest opwaartse ligt opwaarts van de onderdoorgang van het Albertkanaal. Deze worden niet weerhouden. De middenste ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 3 en wordt behouden.

3.2.7 Grote Nete

Figuur 9 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Grote Nete.



Figuur 9 – Situering (geselecteerde) breslocaties Grote Nete

Langs de linkeroever van de Grote Nete afwaarts van de Huizebeek zijn vier bressen gelegen. De drie meest afwaartse hiervan zijn gelegen in een zone met RGLOB gelijk aan 2. De meest opwaartse ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 3 en blijft behouden.

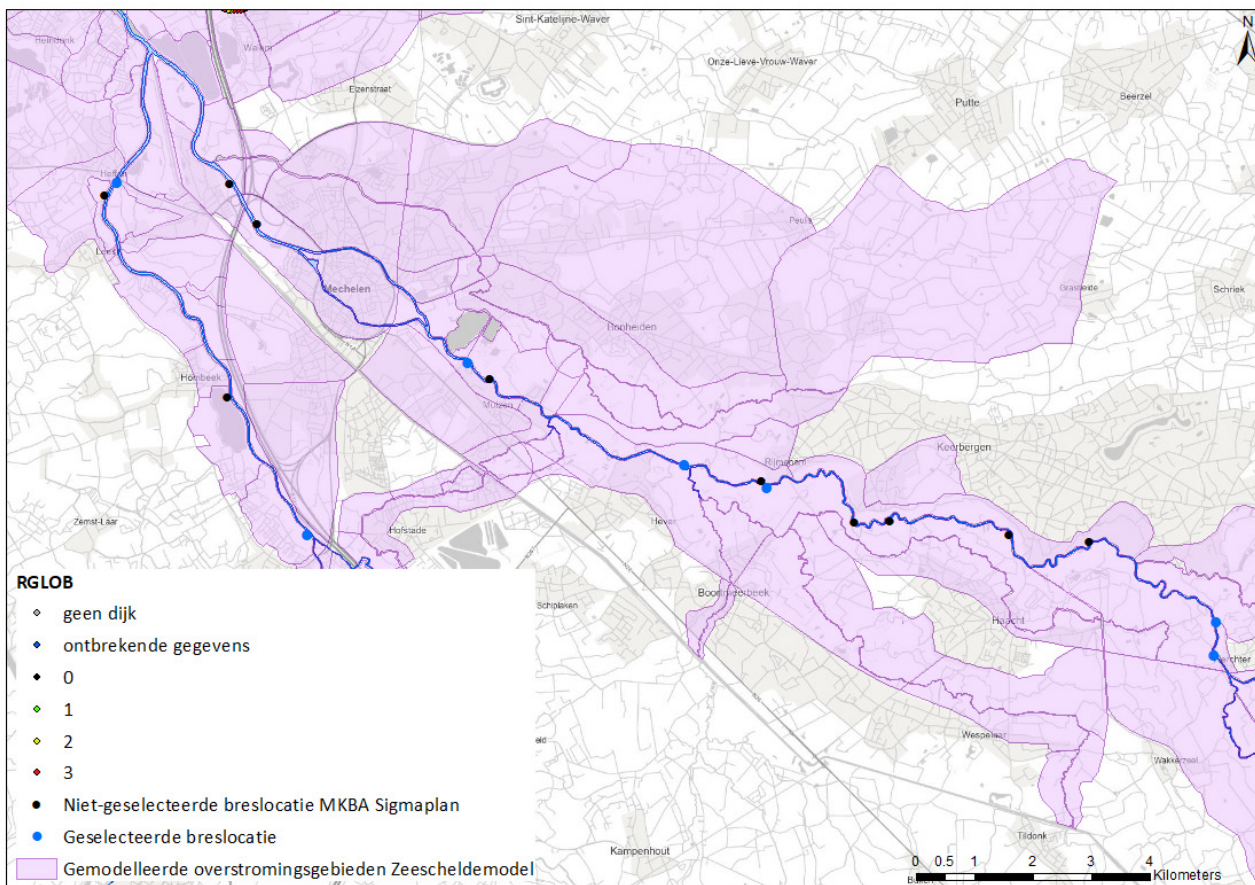
Opwaarts van de Huizebeek zijn er langs de linkeroever nog zeven bressen gelegen. De twee meest afwaartse liggen in een zone met RGLOB gelijk aan 3. Hiervan wordt enkel de meest afwaartse behouden. De meer opwaarts gelegen bressen hebben geen RGLOB-waarde en worden niet weerhouden.

Langs de rechteroever van de Grote Nete afwaarts van de Wimp liggen drie bressen. Dit segment wordt nog onderverdeeld door een weg. De meest afwaartse bres ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 1 of 2 en wordt niet weerhouden. De volgende bres afwaarts van de weg ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 2. Iets meer afwaarts is er echter een zone met RGLOB gelijk aan 3. De bres wordt verplaatst naar deze zone. Opwaarts van de weg ligt een bres in een zone met RGLOB gelijk aan 3. Deze blijft behouden.

Opwaarts van de Wimp, Leibeek en Goorloop zijn langs de rechteroever van de Grote Nete acht bressen gelegen. Enkel de meest afwaartse hiervan wordt weerhouden. Deze ligt in een zone met RGLOB gelijk aan 3. De drie volgende bressen liggen in een zone met RGLOB gelijk aan 2. De vier meer opwaarts gelegen bressen hebben geen RGLOB-waarde en worden niet weerhouden.

3.2.8 Dijle

Figuur 10 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Dijle.



Figuur 10 – Situering (geselecteerde) breslocaties Dijle

Zowel langs de linker- als langs de rechteroever van Dijle afwaarts Mechelen is één bres gelegen. Omwille van de ligging met een beperkt achterliggend overstromingsgebied worden deze bressen niet weerhouden.

Langs de linkeroever van Dijle tussen de E19 en de Barebeek is één bres gelegen. Deze wordt behouden.

Tussen de Weesbeek en de Antitankgracht zijn er langs de linkeroever drie bressen gelegen. Ter hoogte van de meest afwaartse bres is de dijkhoogte het laagst. Deze blijft behouden.

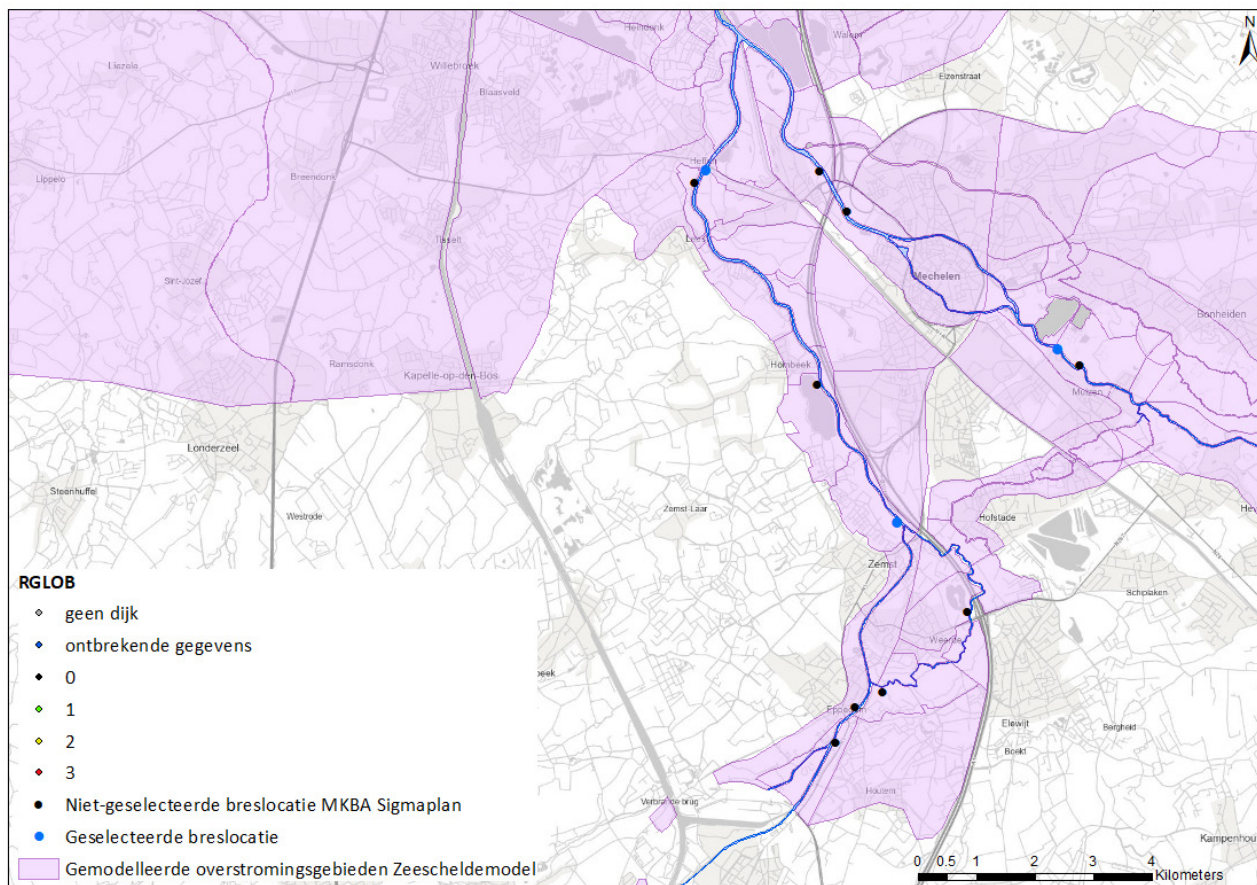
Opwaarts van de Antitankgracht is er langs de linkeroever één bres gelegen. Deze wordt behouden.

Langs de rechteroever van Dijle tussen Mechelen en de Grote Laakbeek liggen er vijf bressen. De tweede vanaf afwaarts ligt ter hoogte van de laagste dijkhoogte, op de overloopdijk van toekomstig GOG Rijmenam. Deze blijft behouden.

Opwaarts van de Grote Laakbaak ligt langs de rechteroever nog één bres. Deze wordt behouden.

3.2.9 Zenne

Figuur 11 geeft de geselecteerde breslocaties weer langs de Zenne.



Figuur 11 – Situering (geselecteerde) breslocaties Zenne

Langs de linkeroever van de Zenne liggen vijf bressen. De meest afwaartse ligt langs een klein, afgesloten overstromingsgebied en wordt niet weerhouden. Ook de bres in de dijk naar het beperkte overstromingsgebied tussen de Zenne en Zenne-afleiding wordt niet weerhouden. De middenste van de drie overige bressen ligt ter hoogte van een lokaal lagere dijk. Deze wordt behouden.

Langs de rechteroever van de Zenne afwaarts van de E19 ligt één bres. Deze wordt behouden.

Opwaarts van de E19 liggen er langs de rechteroever twee bressen. De achterliggende overstromingsgebieden zijn omwille van de hogere ligging van de E19 echter beperkt. Deze bressen worden niet weerhouden.

4 Conclusies en vervolg project

Er werden 36 breslocaties geselecteerd voor het project 'bresinstrumentarium Sigma'. Als basis hiervoor werd gebruik gemaakt van de 104 breslocaties die geselecteerd werden voor de MKBA in het kader van het Sigmaplan. Met bijkomende informatie uit de Dijktoets en rekening houdend met de topografie van het achterland werden breslocaties geëlimineerd en enkele breslocaties toegevoegd.

In het vervolg van het project zullen deze breslocaties ingebouwd worden in de meest recente versie van het 1D-numeriek model van de Zeeschelde en tijgebonden zijrivieren. Op basis van de memo toegevoegd in Bijlage 1, zal gebruik gemaakt worden van de bestaande parameterset ontwikkeld ten behoeve van de actualisatie van het Sigmaplan (Smets *et al.*, 2005). Voor de verplaatste en nieuwe breslocaties zullen de gegevens aangevuld worden.

De nieuwe tool zal toelaten bressen te (de)activeren in het model, en tevens de bresparameters aan te passen.

Met het opgebouwde model zal een gevoeligheidsanalyse voor de bresparameters uitgevoerd worden, en zullen overstromingskaarten opgemaakt worden voor T100, T1000 en T4000.

Het nieuwe instrumentarium kan ook gebruikt worden voor inschatting van de gevolgen van nakende bresvorming bij stormtij tbv. noodplanning.

5 Referenties

Delefortrie, G.; Vantorre, M.; Peeters, P.; Mostaert, F.; Geerts, S.; Vantorre, M.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2013). Tank tests of vessel entry and exit for third set of locks: assisting final design approach structure: sub-report 6 – Graphs (Analysis) Package Ila – Basic program Atlantic side. *WL Rapporten*, 12_031. Flanders Hydraulics Research: Antwerp

International Marine and Dredging Consultants. (2008a). Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse winterdijken: deelopdracht 3. Inventarissen en verzamelen van beschikbare gegevens van de Vlaamse winterdijken. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

International Marine and Dredging Consultants. (2008b). Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse winterdijken: deelopdracht 4. Inventariseren van beschikbare softwarepakketten. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

International Marine and Dredging Consultants; Tractebel Development Engineering; Jan Maertens BVBA. (2009). Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse winterdijken: deelopdracht 6. Uitvoeren van methodes op een praktische case. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

International Marine and Dredging Consultants; Tractebel Development Engineering; Jan Maertens BVBA. (2010). Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse winterdijken: deelopdracht 5. Opstellen van een wetenschappelijke verantwoorde en praktisch haalbare methode. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

International Marine and Dredging Consultants; Waterbouwkundig Laboratorium. (2008). Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse winterdijken: deelopdracht 1. Toepassen van de huidige conceptuele methode. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

International Marine and Dredging Consultants; Waterbouwkundig Laboratorium. (2010). Onderzoek naar de bresgevoeligheid van de Vlaamse winterdijken: deelopdracht 2. Literatuuronderzoek van de grondmechanische faalmechanismen met beschrijving van de relevante parameters. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Peeters, P.; Van Looveren, R.; Vincke, L.; Vanneuville, W.; Blanckaert, J. (2008). Analysis of dike breach sensitivity using a conceptual method followed by a comprehensive statistical approach to end up with failure probabilities, *in*: (2008). *Proceedings of the 4th international symposium on flood defence: managing flood risk, reliability and vulnerability, Toronto, Ontario, Canada, May 6-8, 2008*. Institute for Catastrophic Loss Reduction. pp.151(1)-151(8)

Smets, S.; Pereira, F.; Bulckaen, D. (2005). Sigmaplan. Maatschappelijke KostenBatenAnalyse: deelopdracht 1. Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico. Versie 2.0. Projectconsortium MKBA Sigmaplan. Resource Analysis: Antwerpen. IX, 38 + appendices pp.

Vincke, L.; Van Looveren, R.; Peeters, P.; Haelterman, K.; Mostaert, F.; van Alboom, G. (2011). Conceptuele methode voor een snelle diagnose van het faalgedrag van de Vlaamse dijken. *Geotech. onafhankelijk vaktijdschrift voor het Geotech. werkveld* 15(3): 18–22

Tabel 2 – Fasen in bresgroei (Visser, 1998 en Zhu, 2006)

Fase	Zand	Klei
I	Toename van de helling van het talud aan landzijde	Vorming van (een) steile klif(fen) in het talud aan landzijde
II	Terugschrijdende oppervlakkige erosie van het talud	Terugschrijdende migratie van de klif(fen) in het talud
III	Snelle verlaging van de kruin van de dijk met enige breedtegroei	Snelle verlaging van de kruin van de dijk met enige breedtegroei
IV	Kritische stroming met vooral breedtegroei (schuine zijwanden)	Kritische stroming met vooral breedtegroei (vertikale zijwanden)
V	Subkritische stroming met afnemende breedtegroei	Subkritische stroming met afnemende breedtegroei

3 Bresgroeimodel

Er bestaan zeer veel bresgroeimodellen. Deze variëren van eenvoudige modellen die enkel geschikt zijn voor de bresgroei (fasen 3, 4 en 5) in homogene dijken tot meer gesofisticeerde modellen die ook de bresinitiatie (fase 1 en 2) omvatten en ook toegepast kunnen worden op dijken met een heterogene opbouw. Het model in Mike11 en Mike1D behoort tot de meest eenvoudige modellen.

In Mike11 en Mike1D worden bressen gemodelleerd aan de hand van een “dambreak structure”. In dit modelement kan de bresgroei op twee wijzen beschreven worden:

- “time dependent” = extern opgelegd d.m.v. tijdreeksen voor bresdiepte en bresbreedte
- “erosion based” = intern berekend d.m.v. vergelijkingen voor de erosie van het dijklichaam

Het gebruik van tijdreeksen kan nuttig zijn voor het simuleren van historische bressen, waarvan de bresgroei goed gedocumenteerd is. Het grote nadeel van deze aanpak is dat de bresgroei losgekoppeld wordt van de stroming doorheen de bres. Indien onzorgvuldig toegepast, kan dit leiden tot situaties waarbij een bres blijft groeien, zelfs als er geen water meer doorheen stroomt.

Het gebruik van erosieberekeningen heeft als voordeel dat de bresgroei altijd in overeenstemming is met de stroming doorheen de bres. Het nadeel is dat er veel informatie nodig is over de afmetingen en de samenstelling van de dijk. De benodigde geotechnische eigenschappen van de dijk zijn niet altijd beschikbaar. Bovendien zijn de gebruikte vergelijkingen niet altijd geldig voor het materiaal waaruit de dijk opgebouwd is of het stromingsregime in een bres en kunnen ze vaak geen rekening houden met de heterogene opbouw van een eeuwenoude dijk. Om toch realistische resultaten voor de bresgroei te bekomen, moeten de bresgroeiparameters gekalibreerd worden aan de hand van observaties van historische bressen of toetsing aan andere, meer gedetailleerde bresgroeimodellen.

In het erosiegebaseerde bresgroeimodel van Mike11 en Mike1D treden dieptegroei en breedtegroei gelijktijdig op. De dieptegroei is een functie van de eigenschappen van de dijk en het sedimenttransport doorheen de bres. De breedtegroei staat in een vaste verhouding tot de dieptegroei. Het sedimenttransport doorheen de bres wordt berekend door middel van de vergelijking van Engelund-Hansen.

Sedimenttransport (Engelund-Hansen):

$$\theta = \frac{\tau/\rho}{(s-1)gd}$$

$$\emptyset = \frac{0.1 \theta^{5/3}}{f}$$

$$q_t = \sqrt{s-1}gd^3$$

met:

θ = dimensieloze schuifspanning (-)

τ = schuifspanning (N/m²)

ρ = dichtheid water (kg/m³)

s = specifieke dichtheid dijkmateriaal (-)

d = gemiddelde korreldiameter dijkmateriaal (m)

g = versnelling zwaartekracht (m/s²)

\emptyset = dimensieloze sedimenttransportsnelheid (-)

f = dimensieloze wrijvingsfactor (-)

q_t = sedimenttransport per eenheidsbreedte (m²/s)

Dieptegroei:

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{q_t}{L(1-\varepsilon)}$$

met:

Z = bresbodempeil (mTAW)

L = lengte van de bres in de stromingsrichting (m)

ε = porositeit dijkmateriaal (-)

Breedtegroei:

$$\frac{dB}{dZ} = 2SEI$$

Met:

B = bresbreedte (m)

SEI = side erosion index (-)

De berekening van het sedimenttransport vereist de kennis van de eigenschappen van het dijkmateriaal (korreldiameter, dichtheid en kritische schuifspanning voor erosie).

De berekening van de lengte van de bres in de stromingsrichting vereist de kennis van de geometrie van de dijk (kruihoogte, krui breedte en taludhelling).

Aan elke bres kan een beginhoogte en beginbreedte opgelegd worden. Het is ook mogelijk om een maximale diepte en een maximale bodembreedte in te geven. Een bres heeft een trapeziumvorm en dus moet ook nog de helling (H/V) van de zijanten aan weerszijden van de bres opgegeven worden.

4 Bresgroeiparameters

4.1 MKBA Sigmaplan

De wijze waarop bressen in rivierdijken geïmplementeerd werden tijdens de MKBA voor het geactualiseerde Sigmaplan wordt beschreven in Smets et al. (2005).

De locaties waar bressen zouden kunnen ontstaan werden geselecteerd op basis van een eenvoudige faalindex. Aan de hand van die index werden 104 potentiële breslocaties geïdentificeerd. Het tijdstip waarop de bressen ontstaan werd geschat op basis van de berekende vrijboord. Voor oudere dijken die nog niet op Sigmahoogte gebracht werden, werd verondersteld dat een bres zich vormt wanneer de berekende vrijboord minder dan 25 cm bedraagt. Voor nieuwere dijken die reeds op Sigmahoogte zijn, werd verondersteld dat een bres zich pas vormt wanneer er effectief overloop optreedt. In geen van beide gevallen werd een berekening van de reststerkte uitgevoerd.

In het kader van dit project werd een eerste parameterset voor bresgroei in rivierdijken opgesteld. De gebruikte parameters worden opgesomd in Tabel 3.

Er werd tevens een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de gevoeligheid van bresgroei en overstromingen aan de verschillende bresgroeiparameters te evalueren. Deze gevoeligheidsanalyse leidde tot de volgende conclusies:

“Voor de uitgevoerde simulaties hebben de meetbare parameters (porositeit, gemiddelde korreldiameter, kritische sleepspanning) in vergelijking tot de meer conceptuele parameters (begingeometrie van de bres en vooral de Side Erosion Index) weinig invloed op de modelresultaten. Dit wil dus zeggen dat ook als voldoende gegevens over het dijkmateriaal beschikbaar zijn, de onzekerheid op de bresgroei groot blijft, of omgekeerd, als men de dijkbreukmodule wil gebruiken op basis van erosie er niet noodzakelijk goede gegevens nodig zijn over het dijkmateriaal. Algemeen kan echter gesteld worden dat als de bres gedurende meer dan 1 tijcyclus open blijft de uiteindelijke maximale waterstand in het ondergelopen gebied voor alle gevallen min of meer gelijk wordt. De verschillen tussen de simulaties hebben enkel betrekking op hoe snel deze waterstand wordt bereikt. Hieruit zou men dus kunnen concluderen dat men de hydrodynamische simulaties kan uitvoeren met geschatte, zij het realistische waarden, voor de modelparameters.”

De gebruikte set bresgroeiparameters werd gevalideerd door het narekenen van de overstromingen veroorzaakt door de dijkbreuken in Kastel Moerzeke (Zeeschelde) en Ruisbroek (Vliet/Rupel) tijdens de storm van januari 1976. De conclusies van deze validatie waren:

“De uitgevoerde simulaties tonen dat de huidige veronderstellingen over de ontwikkeling van bressen (volgens de erosie methode), leiden naar een realistische modellering van de mogelijke bressen langs het Scheldebekken, voor wat betreft de breedte en hoogte van de bres, en de stroomafvoer door de bres.”

“De gemodelleerde waterstanden in het overstromende gebied vertonen een goede overeenkomst met de werkelijke waterstanden van de storm van januari 1976.”

Tabel 3 – Bresgroeiparametersets

	Sigmaplan	Kustveiligheidsplan	Vlaamse Rivierdijken – cohesief (BF)	Vlaamse Rivierdijken – niet cohesief (BF)
Geometrie dijk				
Crest Level	werkelijke hoogte dijksegment	waterpeil bij ontstaan bres	werkelijke hoogte testdijk	werkelijke hoogte testdijk
Crest Length	werkelijke lengte dijksegment	0	werkelijke lengte testdijk	werkelijke lengte testdijk
Upstream slope	werkelijke helling dijksegment	3:1	werkelijke helling testdijk	werkelijke helling testdijk
Downstream slope	werkelijke helling dijksegment	3:1	werkelijke helling testdijk	werkelijke helling testdijk
Top width	werkelijke breedte dijksegment	0	werkelijke breedte testdijk	werkelijke breedte testdijk
Eigenschappen dijkmateriaal				
Grain diameter	1000 μ	250 μ	140 μ	185 μ
Specific gravity	2.6	2.6	2.6	2.5
Porosity	0.4	0.4	0.4	0.5
Critical shear stress	0.045	0.03	1.9	0.03
Side erosion index	1	2	1.5	8
Geometrie bres				
Initial level	waterpeil bij ontstaan bres – 0.05 m	waterpeil bij ontstaan bres – 0.20 m	werkelijk peil testbresl	werkelijk peil testbres – 0.40 m
Initial width	1 m	beschikbare breedte voor bres	2 m	1 m
Final bottom level	maaiveld polders	maaiveld polders	geen	fictief
Final bottom width	300 m	beschikbare breedte voor bres	geen	geen
Breach slope	1	0	?	?

4.2 Geïntegreerd Kustveiligheidsplan

De wijze waarop de bressen in de zeewering geïmplementeerd werden bij de opmaak van het Geïntegreerd Kustveiligheidsplan wordt beschreven in Verwaest et al. (2008).

De locaties waar bressen zouden kunnen ontstaan werden geselecteerd op basis van een uitgebreide studie van het faalgedrag van de zeedijken en duinen als gevolg van overslag en overloop. In dit project werd wel een berekening van de reststerkte uitgevoerd met de methode van Visser-Kortenhaus (Kortenhaus, 2003). Het tijdstip van bresvorming valt samen met het tijdstip waarop de reststerkte opgebruikt is.

De duur van de bresinitiatie (fase 1 en 2) werd reeds verrekend in het tijdstip van bresvorming en het bresgroeimodel dient dus enkel nog de echte bresgroei (fasen 3, 4 en 5) weer te geven. Het werkelijke profiel van de zeedijken en de duinen werd dan ook vervangen door een driehoekig restprofiel.

In het kader van dit project werd een parameterset voor de groei van bressen in niet-cohesieve zeedijken en duinen opgesteld. Deze parameterset werd bepaald door vergelijking van de resultaten van het erosieve bresgroeimodel van Mike11 met de resultaten van een empirisch bresgroeimodel (Verheij, 2003). De resulterende parameters worden eveneens opgesomd in Tabel 3.

Tijdens de uitvoering van dit project werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de relatieve impact van de keuzes en aannames bij de analyse van het faalgedrag van de zeewering (d.w.z. het aantal bressen), de parameters van het bresgroeimodel en de parameters van het overstromingsmodel te onderzoeken. De conclusie luidde dat het totale overstromingsrisico vooral bepaald wordt door de analyse van het faalgedrag van de zeewering en het aantal bressen dat daaruit voortvloeit.

4.3 Vlaamse rivierdijken

De analyses die aan de basis lagen van de opmaak van bresgroeiparameters voor de Vlaamse rivierdijken worden uitgebreid beschreven in Van Hoestenbergh et al. (2010a, 2010b en 2010c).






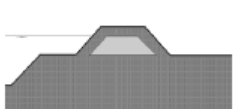
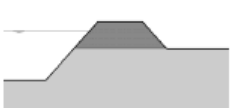



In het kader van dit project werden vijf dijktypes onderscheiden op basis van hun samenstelling uit cohesief en/of niet cohesief materiaal. Deze dijktypes worden getoond in Figuur 12.

Voor de homogeen cohesieve dijken (type 1) en homogeen niet-cohesieve dijken (type 5) werden afzonderlijke bresgroeiparametersets opgesteld. Het erosiegebaseerde bresgroeimodel in Mike11 en Mike1D is minder geschikt voor het modelleren van de bresgroei in complexe dijktypes (type 2, 3 en 4).

De bresgroeiparameters voor niet-cohesieve dijken zijn gebaseerd op het faalgedrag van een artificiële zanddijk in het Zwin (Zwin experiment). De bresgroeiparameters voor cohesieve dijken zijn gebaseerd op het faalgedrag van een homogene, onbegroeide, cohesieve testdijk in een onderzoekseenheid van USDA-ARS (ARS-1 test). Voor elk dijktype werden twee parametersets opgemaakt; een initiële set, gebaseerd op eerder onderzoek en literatuurwaarden (ST) en een geoptimaliseerde set (BF) die betere resultaten gaf voor het bestudeerde experiment. De geoptimaliseerde parameters worden getoond in Tabel 3.

De auteurs (Van Hoestenbergh et al. 2010c) wijzen erop dat de hoge waarde voor de Side Erosion, Index van de testdijk in het Zwin waarschijnlijk veroorzaakt werd door het feit dat deze dijk niet gecompacteerd was. Voor gecompacteerde dijken is een lagere Side Erosion Index waarschijnlijk meer geschikt.

De auteurs erkennen ook dat de waarde voor de kritische schuifspanning voor erosie van cohesieve dijken (1.9) ver buiten de verwachte range ligt. Aangezien de studie een vergelijking maakt van verschillende modellen waarvan sommigen ook de bresinitiatie omvatten, werd ook de bresinitiatie mee gemodelleerd. Het erosiegebaseerde bresgroeimodel van Mike11 en Mike1D is daar echter niet voor geschikt en de zeer hoge waarde voor de kritische schuifspanning was nodig om de ongewenste kruinverlaging tijdens de bresinitiatie af te remmen.

Dijktype zonder voorland	Dijktype met voorland	Kern-materiaal	Materiaal ondergrond	Afdeklaag	Dijktype nummer
		NC	C NC	NC	1
		NC	NC	C	2
		NC	C	C	3
		C	NC	C	4
		C	C	C	5

Figuur 12 – Dijktypes (Van Hoestenbergh et al., 2010c)

4.4 Vergelijking parametersets

In Neyskens et al. (2012) wordt de impact van drie parametersets op overstromingen en schade in de Zuid-Bevelandpolder onderzocht. De onderzochte sets zijn:

1. Sigmaplan (Smets et al, 2005)
2. Vlaamse rivierdijken – cohesief (Van Hoestenbergh et al., 2010)
3. Vlaamse rivierdijken – niet-cohesief (Van Hoestenbergh et al., 2010)

Alhoewel de drie gebruikte parametersets ontwikkeld of gevalideerd werden in combinatie met een intact dijkprofiel, werden ze toch toegepast in combinatie met een beschadigd restprofiel. Daarbij werden twee verschillende restprofielen onderzocht:

1. een driehoekig restprofiel zonder verlaging van de kruinhoogte
2. een driehoekig restprofiel met verlaging van de kruinhoogte tot het initiële bresbodempeil.

Dieptegroei werd beperkt tot het maaiveld en breedtegroei tot maximaal 300 m. De zijdelingse helling (breach slope) werd ingesteld op 1.

De studie leidde tot de volgende conclusie m.b.t. bresafmetingen, overstromingen en schade:

“Wat de bresafmetingen betreft, zijn de niet-cohesieve dijklichamen verantwoordelijk voor de grootste bressen (zowel in diepte als in breedte), terwijl in de cohesieve dijklichamen kleinere bressen gevormd worden. In de zogenaamde Sigmadijk worden bressen gevormd die kleiner zijn dan de bressen in de niet-cohesieve dijklichamen, maar die even groot of groter zijn dan de bressen in de cohesieve dijklichamen. Bij alle dijktypes ontstaan de grootste bressen in de kleinste restprofielen en omgekeerd.

De resulterende overstromingen in het poldergebied achter de dijk zijn bijgevolg het grootst (zowel wat omvang als diepte betreft) voor de niet-cohesieve dijktypes en het kleinst voor de cohesieve dijktypes. Het samengesteld dijktype (Sigmadijk) bevindt zich hiertussen, maar in sommige gevallen zijn de overstromingen van dezelfde grootte-orde als bij de cohesieve dijktypes. Voor alle dijktypes is er steeds minder overstroming bij een groter restprofiel. De berekeningen van de schade bevestigen dit verhaal.”

5 Conclusies

Uit eerdere studies zijn reeds vier bresgroeiparametersets beschikbaar. Slechts drie daarvan zijn bedoeld voor de studie van rivierdijken.

De beschikbare parametersets zijn allen gebaseerd op een aantal veronderstellingen m.b.t. het al of niet modelleren van de bresinitiatiefase. De bresgroeiparameters moeten dus steeds gebruikt worden in combinatie met een daarop afgestemde methode voor het bepalen van het tijdstip waarop de simulatie van de bresgroei aanvangt en het (resterende) dijkprofiel bij de aanvang van de simulatie van de bresgroei. In een eerdere vergelijkende studie was dat niet het geval.

De parameterset gebruikt bij de actualisatie van het Sigmaplan werd gevalideerd aan de hand van twee historische dijkdoorbraken in het Zeescheldebekken. De voorgestelde bresgroeiparameters vallen binnen het fysisch realistische bereik.

De parametersets ontwikkeld voor cohesieve en niet-cohesieve rivierdijken geven eigenlijk het specifieke gedrag van één bepaalde artificiële testdijk met een homogene opbouw weer. Het is niet duidelijk in hoeverre deze sets representatief zijn voor echte rivierdijken met een complexe opbouw. Bovendien werd aan sommige parameters een waarde buiten het fysisch realistische bereik toegekend om een goede overeenstemming met het gedrag van de testdijk te bekomen, met inbegrip van de bresinitiatiefase.

Met betrekking tot de impact van de gekozen bresgroeiparameters zijn de conclusies uit eerdere studies niet eenduidig. Een eerste studie suggereert dat de bresgroeiparameters vooral een invloed hebben op de initiële overstromingen en maar een beperkte invloed op de uiteindelijke overstromingen. Een latere studie suggereert dat de bresgroeiparameters ook een invloed kunnen hebben op de uiteindelijke overstromingen en de overstromingsschade. Hierbij dient opgemerkt dat deze tweede studie gebruik maakte van bresgroeiparameters die soms buiten het fysisch realistische bereik vielen.

6 Aanbevelingen

Alhoewel de bresgroeiparameters een invloed kunnen hebben op de overstromingen en de schade in de onmiddellijke omgeving van een bres, worden de totale overstromingen en de totale schade in het volledige Sigmagebied toch vooral bepaald door het aantal en de ligging van de bressen. Voor een studie van de impact van bressen in het volledige Sigmagebied lijkt het uitwerken van een onderbouwde methode voor het bepalen van het aantal en de ligging van de bressen dan ook belangrijker dan de keuze van de bresgroeiparameters. Voor de opmaak van het bresinstrumentarium Sigma wordt dan ook voorgesteld om de bestaande parameterset ontwikkeld ten behoeve van de actualisatie van het Sigmaplan te behouden.

7 Referenties

Kortenhaus, A. (2003). Probabilistische Methoden für Nordseedeiche, PhD, Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Technische Universität Braunschweig.

Neyskens, I.; Peeters, P.; Deckers, P.; D'Haeseleer, E.; Mostaert, F. (2012). Analyse bresgroeiparameters: bresgroei-, overstromings- en schadeberekningen. Versie 2.0. WL Rapporten, 756_08. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen. 41 + 36 p. bijl. pp.

Smets, S.; Pereira, F.; Bulckaen, D. (2005). Sigmaplan. Maatschappelijke KostenBatenAnalyse: deelopdracht 1. Faserapport 2: Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico. Versie 2.0. Projectconsortium MKBA Sigmaplan. Resource Analysis: Antwerpen. IX, 38 + appendices pp.

Van Hoestenbergh, T.; Huygens, M.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2010a). Opstellen bresgroeiparameters Vlaamse rivierdijken: deelopdracht 1. Literatuurstudie bresgroeiproces. WL Rapporten, 706_08c. Waterbouwkundig Laboratorium/Soresma: Antwerpen.

Van Hoestenbergh, T.; Verdel, S.; Peeters, P.; Huygens, M.; Mostaert, F. (2010b). Opstellen bresgroeiparameters Vlaamse rivierdijken: deelopdracht 3. Opstellen bresgroeiparameters. WL Rapporten, 706_08c. Waterbouwkundig Laboratorium/Soresma: Antwerpen.

Van Hoestenbergh, T.; Verdel, S.; Ysenboot, S.; Vanderkimp, P.; Huygens, M.; Peeters, P.; Mostaert, F. (2010c). Opstellen bresgroeiparameters Vlaamse rivierdijken: deelopdracht 2. Sterkte/zwakte analyse van bresgroeimodellen. WL Rapporten, 706_08c. Waterbouwkundig Laboratorium/Soresma: Antwerpen.

Verheij, H.J. (2003). Aanpassen van het bresgroeimodel binnen HIS-OM. WL|Delft Hydraulics, verslag Q3299, Delft.

Verwaest, T.; Vanpoucke, P.; Reyns, J.; Van der Biest, K.; Vanderkimp, P.; Peeters, P.; Kellens, W.; Vanneuville, W. (2008). SAFECOast: Comparison between different flood risk methodologies. Action 3B report - SAFECOAST Interreg IIIb North Sea Project. Flanders Hydraulics Research: Antwerp. 128 pp.

Visser, P.J. (1998). Breach growth in sand dikes, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

Zhu, Y. (2006). Breach growth in clay dikes, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be