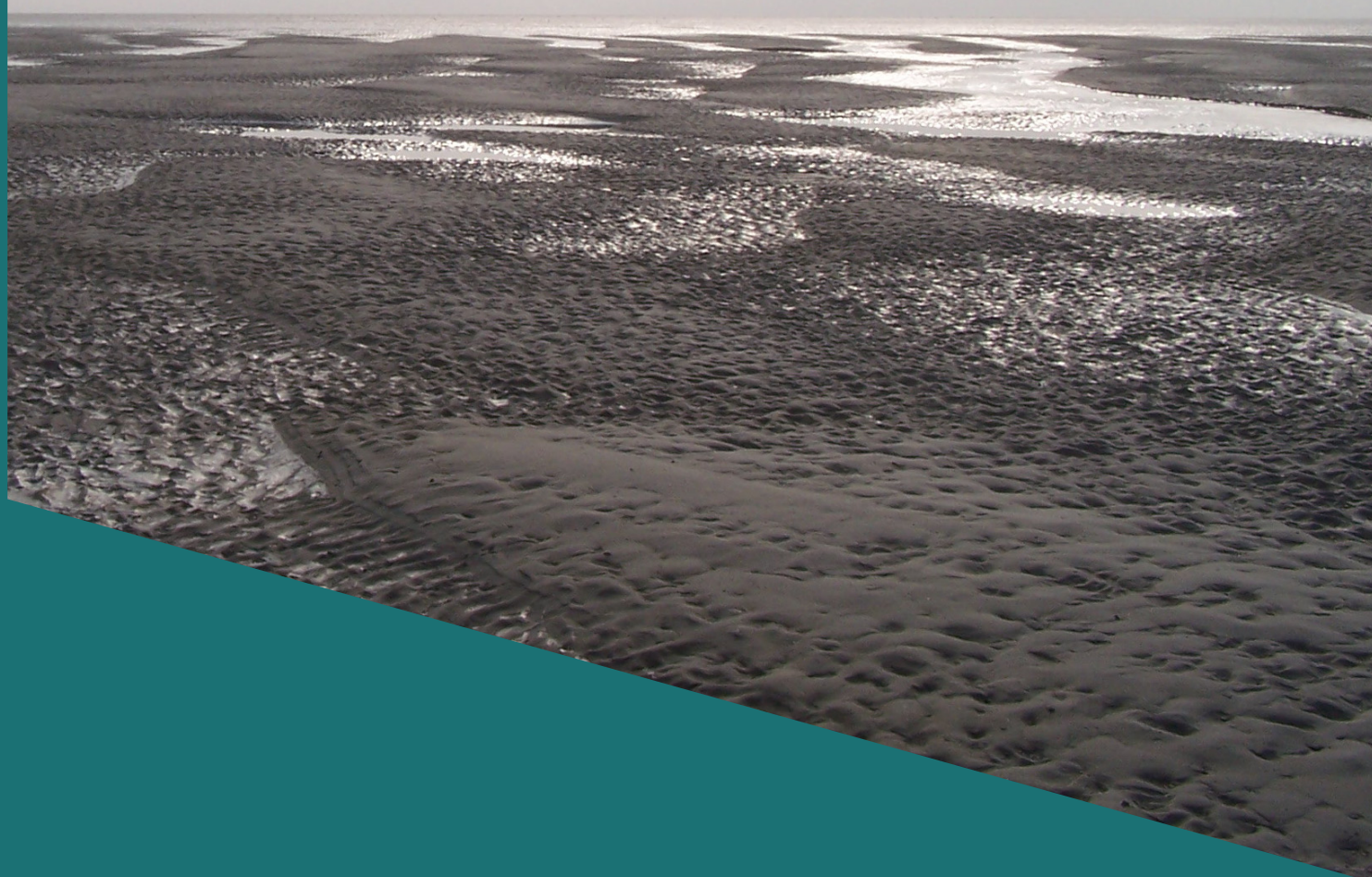




Vlaanderen
is wetenschap



14_024_9
WL rapporten

AvdT – Morfologie mesoschaal

Deelrapport 9
Toekomstige stortstrategie Westerschelde

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

AvdT – Morfologie mesoschaal

Deelrapport 9 – Toekomstige stortstrategie Westerschelde

Plancke, Y.; Vanlede, J.; Mostaert, F.

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 2019
D/2019/3241/203

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; Vanlede, J.; Mostaert, F. (2019). AvdT – Morfologie mesoschaal: Deelrapport 9 – Toekomstige stortstrategie Westerschelde. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_024_9. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	VNSC	Ref.:	WL2019R14_024_9
Keywords (3-5):	Baggeren, stortstrategie, sediment, Westerschelde		
Tekst (p.):	31	Bijlagen (p.):	2
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Plancke, Y.
------------	-------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vanlede, J.	Getekend door: Joris Vanlede (Signature) Getekend op: 2019-12-23 10:56:36 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Joris Vanlede</i>
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2019-12-13 12:38:06 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-12-13 11:53:47 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Frank Mostaert</i>
-----------------	--------------	---



Abstract

In het kader van het Vlaams-Nederlandse onderzoeksprogramma Agenda voor de Toekomst wordt, als onderdeel van het project 'Hydro- en sedimentdynamische en morfologische processen op mesoschaal', een bijdrage geleverd aan de invulling van de toekomstige sedimentstrategie in de Westerschelde.

Op basis van de resultaten van de afgelopen decennia, is een beoordeling gemaakt van de verschillende stortzones die in aanmerking komen voor de toekomstige stortstrategie (vanaf 2022). Op basis van een beoordelingskader is voor elke stortzone een score bepaald. Hieruit volgt dat de bepaalde stortzones (stortzones in het oostelijke deel van de Westerschelde, zones in diepe delen en nabij de Plaat van Walsoorden) het best scoren.

Voor elke stortzone zal een afbakening moeten gedefinieerd worden. Gelet op de morfologische ontwikkelingen in de Westerschelde, wordt voorgesteld de stortzones zo ruim mogelijk af te bakenen, in combinatie met een aantal restricties, om de verschillende estuariene functies te garanderen. Daarnaast wordt voorgesteld om voor elke stortzone aanbevolen storthoeveelheden vast te leggen. De bepaling van deze hoeveelheden is verschillend voor elk type stortzone en houdt rekening met de verschillende functies die het estuarium vervult.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
1 Inleiding	1
2 Literatuurstudie	2
2.1 Stortingen in nevengeulen	4
2.1.1 Stortcapaciteit nevengeul.....	5
2.1.2 Dynamiek stortlocaties (Ides <i>et al.</i> , 2007)	5
2.2 Stortingen in hoofdgeulen.....	7
2.2.1 Inschatting van het effect op de getij-indringing bij stortingen in diepe delen	7
2.2.2 Proefstortlocaties Westerschelde	10
2.2.3 Monitoringsresultaten.....	10
2.3 Stortingen langs plaatranden	11
2.3.1 Determinatieonderzoek plaatrandstortingen	11
2.3.2 Natuurlijke ontwikkelingen nabij plaatrand stortlocaties	11
2.3.3 Monitoringsresultaten.....	12
3 Huidige stortstrategie.....	13
3.1 Vergunning conform 3 ^e verruiming vaargeul	13
3.1.1 Uitgangspunten	13
3.1.2 Sedimentverspreiding.....	14
3.2 Proefstortlocaties	16
3.2.1 Verkenning potentiële proefstortlocaties	16
3.2.2 Resultaten proefstortlocaties.....	17
4 Toekomstige stortstrategie	19
4.1 Stortzones.....	19
4.1.1 Afwegingskader stortzones	19
4.1.2 Selectie potentiële stortzones	20
4.1.3 Beoordeling stortzones.....	21
4.2 Ruimtelijke afbakening stortzones	24
4.3 Maximale stortcapaciteit stortzones.....	25

4.3.1	Nevengeulen.....	25
4.3.2	Hoofdgeulen en diepe putten	25
4.3.3	Plaatranden	26
5	Conclusies	28
6	Referenties	29
	Bijlage A – Overzichtskaart.....	B1
	Bijlage B – resultaten verkenning locaties proefstortingen	B2

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht stortcapaciteit nevengeulen (in Mm ³ /jaar)	5
Tabel 2 – Overzicht bergingsvolumes voor verschillende scenario's	7
Tabel 3 – Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal langs plaatranden (opp. in ha) Bron: Tabel 2-13 uit (IMDC, 2016b).....	12
Tabel 4 – overzicht van de stortcapaciteit conform de vergunning.....	13
Tabel 5 – Scoretabel potentiële stortlocaties.....	23

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht storthoeveelheden (absoluut) sinds 1960 voor verschillende types stortlocatie.....	2
Figuur 2 – Overzicht storthoeveelheden (relatief) sinds 1960 voor verschillende types stortlocatie	3
Figuur 3 – Overzicht macrocellen in de Westerschelde	4
Figuur 4 – Bathymetrie voor referentiescenario (boven), opvulling oostelijke (midden) en alle diepe delen (onder)	8
Figuur 5 – Invloed van scenario's op hoog- en laagwater langsheen het estuarium	9
Figuur 6 – Jaargemiddelde hoogwater (links) en laagwater (rechts) te Liefkenshoek.....	10
Figuur 7 – Gemiddelde onderhoudsvolumes per macrocel over de periode 2011-2016	14
Figuur 8 – Onderhoudsvolumes per macrocel: gebaggerd (boven) en gestort (onder)	15
Figuur 9 – Potentiële kansrijke proefstortzones in de Westerschelde	16
Figuur 10 – Afwegingskader potentiële stortlocaties.....	19
Figuur 11 – Ligging van de verschillende stortzones (westelijk deel Westerschelde)	20
Figuur 12 – Ligging van de verschillende stortzones (oostelijk deel Westerschelde)	21
Figuur 13 – Gemiddelde score voor verschillende stortlocaties	23
Figuur 14 – Illustratie van DREMO-model voor stortzone INOS	26
Figuur 15 – Situering geulen en platen Westerschelde.....	B1

1 Inleiding

Dit rapport is een onderdeel van het project 'Hydro- en sedimentdynamische en morfologische processen op mesoschaal', dat kadert binnen Agenda voor de Toekomst. Deze Agenda voor de Toekomst kwam tot stand in het kader van de eerste evaluatie van het Verdrag Gemeenschappelijk Beleid en Beheer. De Vlaams-Nederlandse Schelde-Commissie (VNSC) heeft met deze Agenda ingestemd op de najaarsvergadering van 2013. Hierop volgend werd een Plan van Aanpak opgemaakt (Beirinckx *et al.*, 2013), dat de leidraad vormt voor het onderzoek 2014-2017.

Het project 'Hydro- en sedimentdynamische en morfologische processen op mesoschaal', dat onderdeel is van thema 7 uit de Agenda "Morfologische en ecologische effecten sedimentstrategie", tracht de inzichten in de hydro- en sediment-dynamische en morfologische processen op mesoschaal te verbeteren.

Doel van voorliggend rapport is het leveren van een bijdrage aan de invulling van de toekomstige sedimentstrategie in de Westerschelde. Daartoe wordt onderzocht welke stortvakken in aanmerking komen voor de toekomstige stortstrategie, alsook welke prioritering en restricties (in ruimte, tijd en hoeveelheden) voor deze zones kunnen overwogen worden.

2 Literatuurstudie

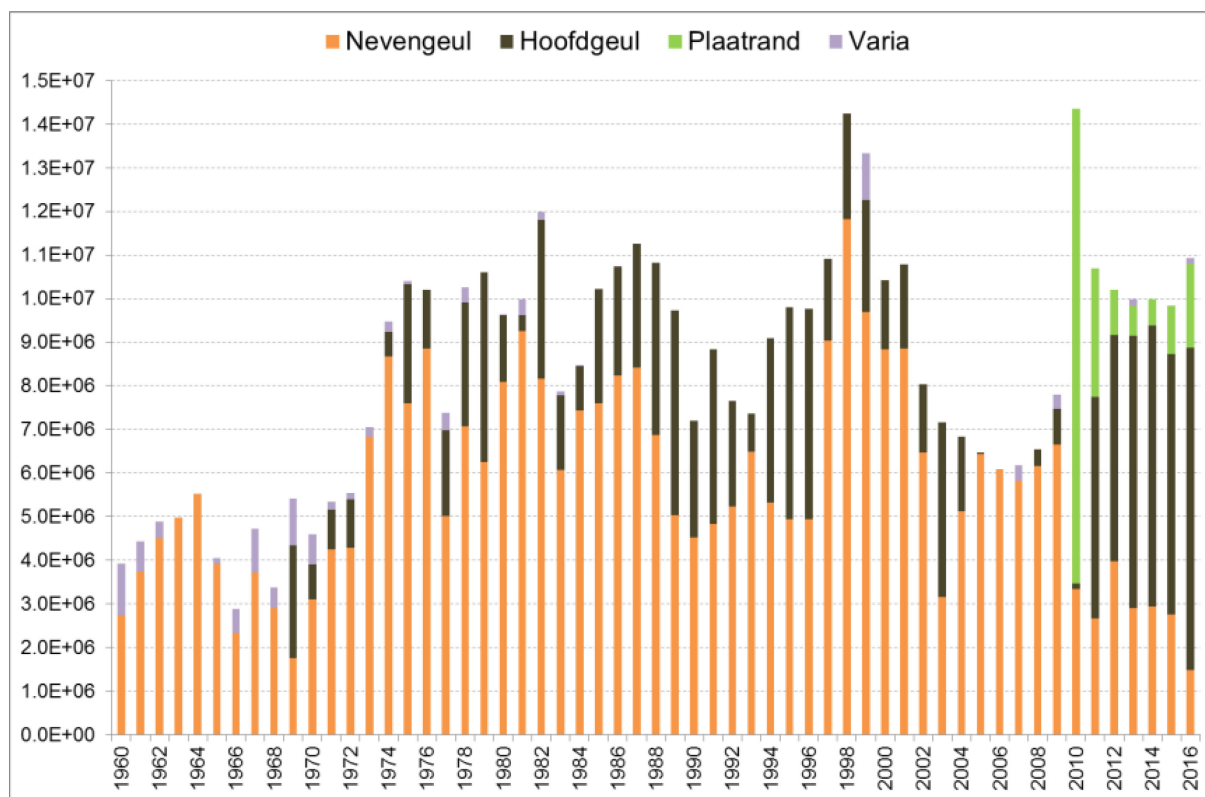
In voorliggend hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten uit vroegere studies en onderzoeken opgelijst. Het richt op relevante aspecten van de stortstrategieën zoals deze in de afgelopen decennia is toegepast. Daarbij wordt zowel ingegaan op resultaten uit voorspellende studies, veelal op basis van numerieke modellen, als resultaten uit de analyse van de monitoring van de uitgevoerde stortingen. Deze inzichten dragen bij aan het optimaliseren van de toekomstige stortstrategie.

De stortzones die in de afgelopen decennia gebruikt zijn, worden onderverdeeld in volgende types:

- Nevengeul
- Hoofdgeul
- Plaatrand
- Varia

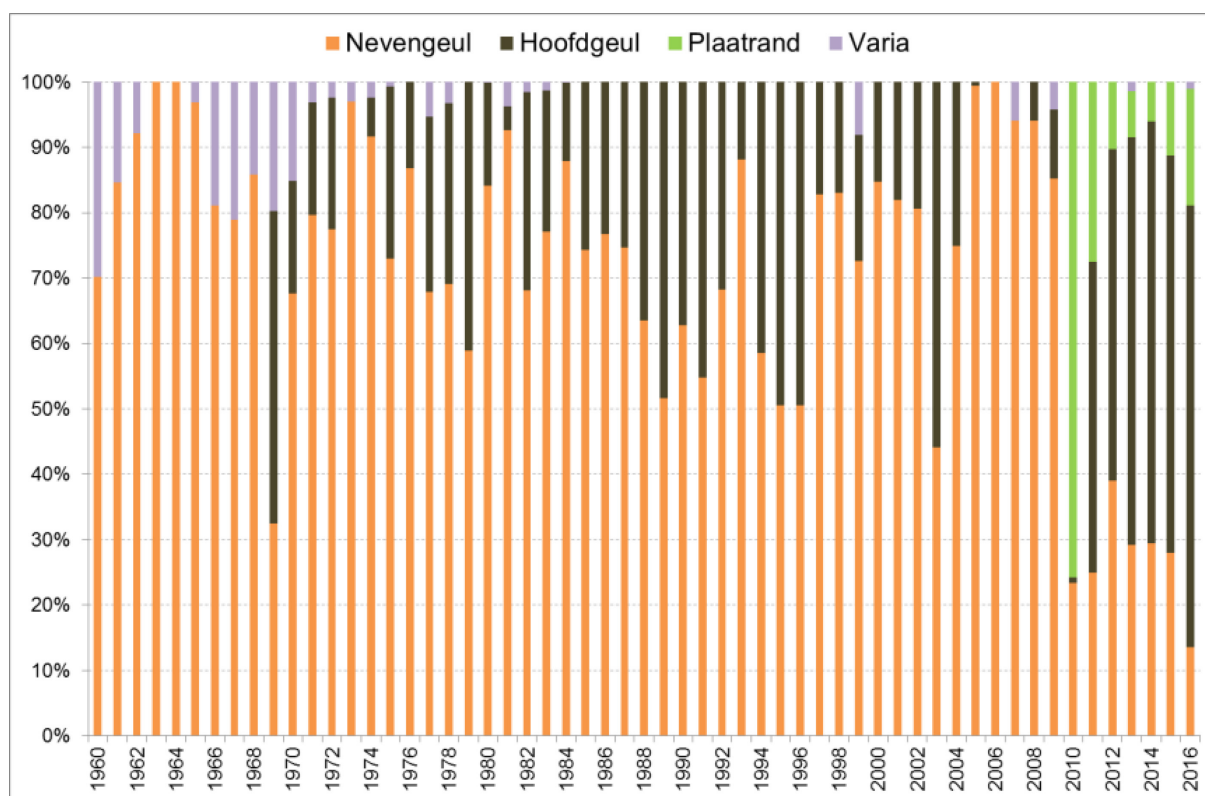
Figuur 1 geeft het overzicht van de storthoeveelheden, geaggregeerd per type stortlocatie, sinds 1960. De toename begin jaren 1970 is toe te schrijven aan de eerste verdieping van de vaargeul (Belmans, 1988). De piek eind jaren 1990 is te verklaren door het aanlegbaggerwerk van de 2^e vaargeulverruiming (Rijksinstituut voor Kust en Zee, 2007), terwijl deze in 2010 te verklaren is door het aanlegbaggerwerk van de 3^e vaargeulverruiming (Consortium Arcadis & Technum, 2007a).

Figuur 1 – Overzicht storthoeveelheden (absoluut) sinds 1960 voor verschillende types stortlocatie



Figuur 2 geeft een overzicht van de relatieve bijdrage van de verschillende types stortzones in de totale jaarlijkse storthoeveelheid. Hieruit blijkt dat tot de 3^e verruiming van de vaargeul in 2010 het merendeel (50 – 90%) van de baggerspecie teruggestort werd in de nevengeulen. Het overige deel werd in de hoofdgeul gestort, terwijl sporadisch een deel van de onderhoudsspecie werd gebruikt voor specifieke doeleinden (geulwandverdediging, suppleties, ... | “varia” genoemd in Figuur 2). Sinds de 3^e verruiming in 2010 wordt een deel van de gebaggerde specie ook langs de plaatranden gestort. Het grote aandeel van dit type in 2010 kan toegeschreven worden aan het feit dat de volledige hoeveelheid aanlegbaggerspecie langsheen de plaatranden werd teruggestort.

Figuur 2 – Overzicht storthoeveelheden (relatief) sinds 1960 voor verschillende types stortlocatie

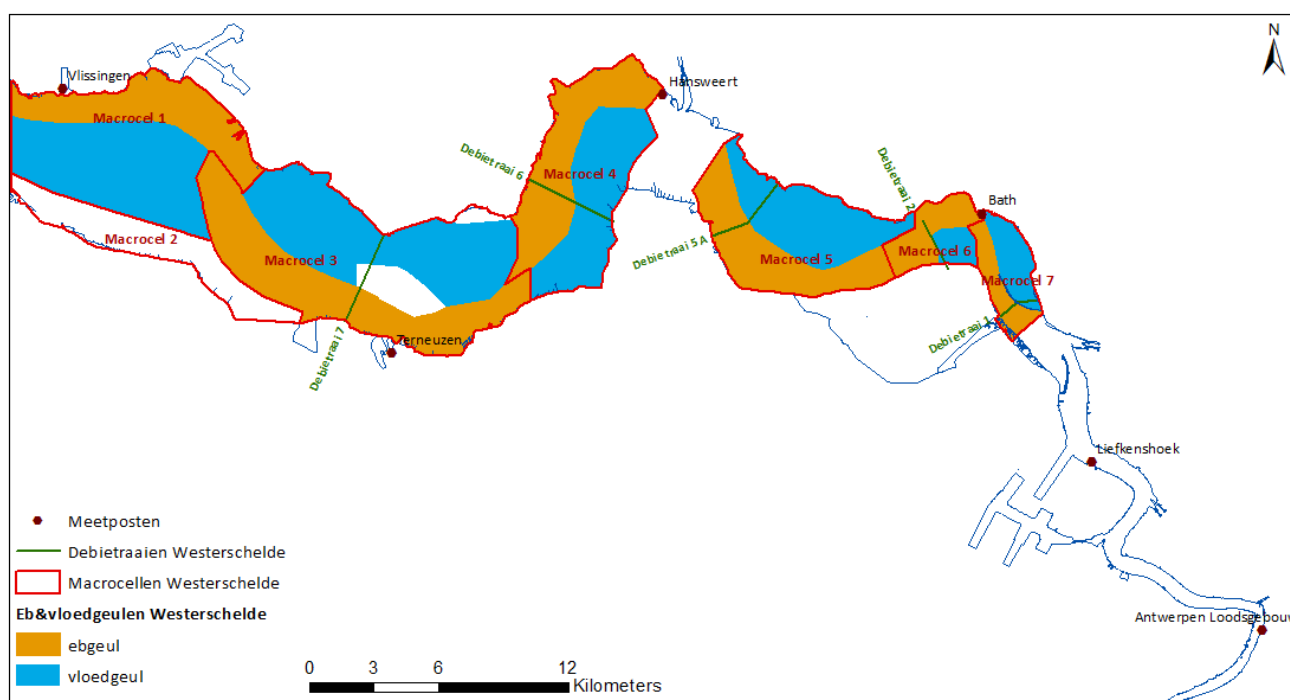


2.1 Stortingen in nevengeulen

Tot de 3^e verruiming van de vaargeul in 2010 werd het merendeel (> 70%) van de onderhoudsbaggerspecie teruggestort in de nevengeulen (zie Figuur 3 voor ligging macrocellen). De belangrijkste motivatie voor deze stortstrategie is de langere tijd die nodig is voor het gestorte sediment om terug naar de drempels te keren. Na de 2^e verruiming van de vaargeul eind jaren 1990 werd daarenboven de “Oost-West” strategie toegepast (Rijkswaterstaat Directie Zeeland, 1998), waarbij gebaggerde specie uit het oostelijk deel van het estuarium in het westelijke deel teruggestort werd.

Een belangrijk aspect is de maximale stortcapaciteit van de nevengeulen. Dit is opgesteld om te voorkomen dat het meergeulenstelsel in gedrang zou komen en evolueren naar een één-geul-stelsel, wat als ongewenst beschouwd wordt (Jeuken, 2001). In volgende paragrafen wordt op de verschillende aspecten ingegaan voor de nevengeulen.

Figuur 3 – Overzicht macrocellen in de Westerschelde



2.1.1 Stortcapaciteit nevengeul

De stortcapaciteit in de nevengeulen wordt bepaald op basis van het uitgangspunt dat het meergeulenstelsel in stand gehouden dient te worden. In verschillende studies worden waarden voor de maximale stortcapaciteit gegeven voor de nevengeulen in de Westerschelde. Voor de hoofdgeul wordt dit niet gedaan.

Tabel 1 – Overzicht stortcapaciteit nevengeulen (in Mm³/jaar)

Macrocel	Basisrapport morfologie (Winterwerp <i>et al.</i> , 2000)	MER – morfologie (Consortium Arcadis & Technum, 2007b)	<i>Advies flexibel storten</i> (Deltares, 2014) [CONCEPT RAPPORT]
1 – vloed	1,6	1,5 – 1,7	0,7
3 – vloed	1,8	1,5	1,8
4 – eb	0	0	0
5 – vloed	1,4	1,3 – 1,5	0,3
6 – vloed	0,5	0,4 – 0,5	0,6
7 – vloed	0,4	0,4 – 0,5	0,3

2.1.2 Dynamiek stortlocaties (Ides *et al.*, 2007)

Ides *et al.* (2007) stelt dat op verschillende stortlocaties (in de nevengeulen) in het Schelde-estuarium sediment wordt gestort met als doel dat dit sediment na verloop van tijd zal eroderen. De keuze van de locaties is zo dat de tijd die de gestorte specie nodig heeft om de drempels, i.e. de locaties van natuurlijke aanzanding, te bereiken maximaal is. Het estuarium ruimt dus van nature de stortlocaties op, zodat er elk jaar opnieuw capaciteit is in deze stortzones om onderhoudsbaggerwerk te storten. De dynamiek van de stortlocaties – m.a.w. de snelheid waarmee het gestorte sediment van de stortlocatie zal eroderen – is bijzonder belangrijk. Per stortlocatie wordt deze dynamiek ingeschat, en de belangrijkste bevindingen worden hieronder weergegeven. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de analyse is uitgevoerd voor de periode 2000-2005 en louter de zandfractie in rekening is gebracht, die veruit de belangrijkste is in de Westerschelde. Bijlage A – Overzichtskaart geeft een overzicht van de ligging van de geulen en platen in de Westerschelde.

- Schaar van de Spijkerplaat: In het meer centrale deel van de stortzone worden grotere volumes gestort. Deze worden onder invloed van de grote dynamiek in deze zone eveneens getransporteerd. Uit de verschilkaarten volgt dat de vloedstroming het gestorte zand richting Pas van Terneuzen en Vloedgeul Everingen transporteert, terwijl de eb de stortspectie in het Spijkerplaat complex stuwt.
- Vloedschaar Everingen: Het zwaartepunt van de stortingen op deze locatie is het meest zeewaartse gedeelte van het westelijke deelvak. In het westelijke deelvak is – ondanks het feit dat er jaarlijks grotere hoeveelheden werden gestort – niet echt sprake van een ophoging. Het gestorte sediment lijkt zich onder invloed van de vloedstromen landinwaarts te bewegen met lichte erosie in westelijk deelvak, beperkte sedimentatie in oostelijk deelvak.

- Ellewoutsdijk: De mobiliteit van de stortingen in dit vak is niet overal dezelfde: zo zorgt de dynamiek van de kortsluitgeul Zuid Everingen voor een snelle opruiming van het sediment gestort in het centrale deel van dit vak, terwijl de oostelijke en de westelijke stortingen minder snel eroderen. In het oostelijk deel van dit stortvak lijken de stortingen zelfs een belangrijke sedimentatie te veroorzaken: op de topo-bathymetrische kaarten is inderdaad te zien dat de uitgesproken put in de vloedgeul in 2000 aanzienlijk is opgehoogd in 2005.
- Biezelingse Ham: Hier blijkt dat er in het stortgebied voornamelijk zand sedimenteert. Uit de topo-bathymetrische kaarten blijkt dat dit een opvullen van bestaande putten betreft. Juist naast het stortgebied zijn er eveneens belangrijke zones van sterke erosie terug te vinden. Afwaarts de stortlocatie – in de geul Middelgat – is er dan weer een zone van sterke sedimentatie te zien: een groot deel van de gestorte specie in de Biezelingse Ham wordt onder invloed van de vloedstroming naar hier getransporteerd.
- Schaar van Waarde: Over het algemeen zijn er in het stortvak Schaar van Waarde zowel zones van erosie als sedimentatie terug te vinden, al blijven deze beperkt van grootte. Waar er in het afwaartse deel van het stortvak eerder een trend van sedimentatie is terug te vinden, wordt in het opwaartse gedeelte eerder erosie waargenomen.

2.2 Stortingen in hoofdgeulen

Vanaf de 3^e verruiming wordt een aanzienlijk deel van de onderhoudsspecie in de diepe delen van de hoofdgeulen gestort. De drijfveer was enerzijds het principe om zoveel mogelijk dichtbij de baggerlocaties te storten om de sedimentbalans in het estuarium zo min mogelijk te verstoren, en anderzijds de beperkte stortcapaciteit die beschikbaar was in de nevengeulen in het oostelijk deel van het estuarium. Daarnaast kan het verondiepen van de diepe delen van de hoofdgeulen bijdragen tot een reductie van de getij-indringing, wat als positief beschouwd wordt.

2.2.1 Inschatting van het effect op de getij-indringing bij stortingen in diepe delen

In Dujardin *et al.* (2008) wordt een inschatting gemaakt van de invloed op het hoog- en laagwater in het Schelde-estuarium voor verschillende scenario's (Figuur 4) waarbij diepe delen in de Westerschelde worden opgevuld tot -16 m GLLWS. In totaal worden 4 scenario's (T1-T4) beschouwd en één variante met andere topo-bathymetrie (T-1):

- Scenario T-1: Westerschelde met bathymetrie van het jaar 2000
- Scenario T0: Westerschelde met bathymetrie van het jaar 2005
- Scenario T1: T0 met opvulling van de diepe delen in de vaargeulen in het meest oostelijke gedeelte van de Westerschelde
- Scenario T2: T0 met opvulling van de diepe delen in de vaargeulen in het meest oostelijke én centrale gedeelte van de Westerschelde
- Scenario T3: T0 met opvulling van de diepe delen in de vaargeulen in het meest oostelijke, centrale én westelijke gedeelte van de Westerschelde
- Scenario T4: T0 met opvulling van de diepe delen in de vaargeulen in het meest oostelijke, centrale, westelijke gedeelte van de Westerschelde én de Vlake van de Raan

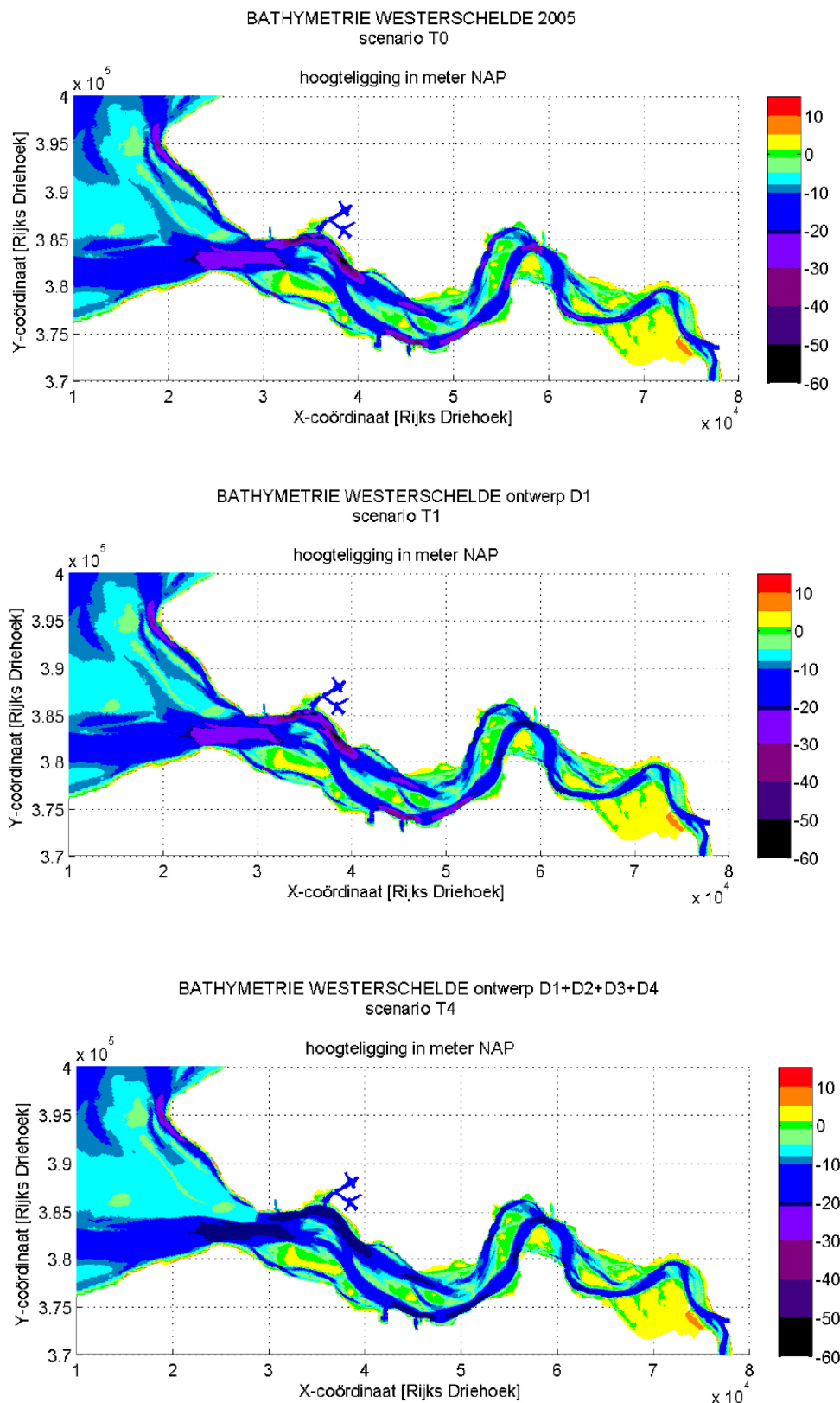
In Tabel 2 worden sedimentvolumes weergegeven die nodig zijn om de diepe delen in de verschillende delen van de Westerschelde op te vullen, zoals beschreven in bovenstaande scenario's.

Tabel 2 – Overzicht bergingsvolumes voor verschillende scenario's
Bron: Dujardin *et al.*, 2008

Scenario	Verskil in bergingsvolume ten opzichte van scenario T0
T-1	$-7.79 \times 10^6 \text{ m}^3$
T1	$-25.68 \times 10^6 \text{ m}^3$
T2	$-84.02 \times 10^6 \text{ m}^3$
T3	$-226.57 \times 10^6 \text{ m}^3$
T4	$-235.88 \times 10^6 \text{ m}^3$

Binnen deze studie is gekeken naar het effect van de opvulling op de hoog- en laagwater, voor zowel spring- als doodtij (Figuur 5). Hieruit blijkt dat het effect het grootst is bij springtij. Wanneer enkel in het oostelijk deel (tot diepe put Hansweert) de diepe delen opgevuld worden (T1), bedraagt ter hoogte van Belgisch-Nederlandse grens de daling van het hoogwater ca. 5 cm en de toename van het laagwater ca. 10 cm. In het meest extreme geval (T4), waarbij alle diepe delen opgevuld worden, bedraagt ter hoogte van Belgisch-Nederlandse grens de daling van het hoogwater ca. 20 cm en de toename van het laagwater ca. 15 cm.

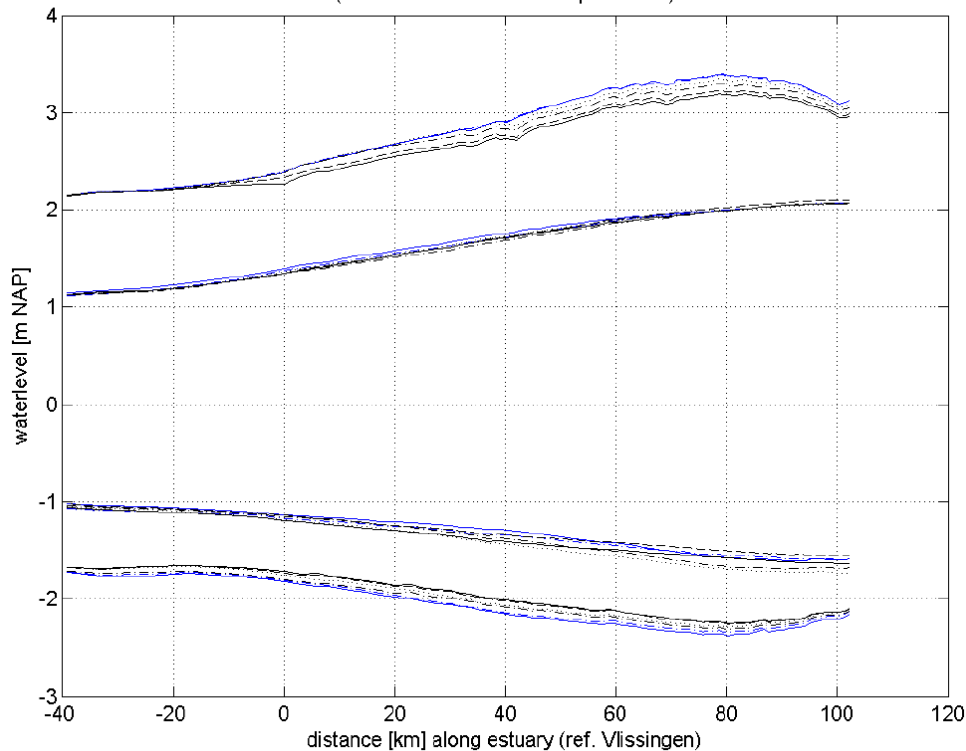
Figuur 4 – Bathymetrie voor referentiescenario (boven), opvulling oostelijke (midden) en alle diepe delen (onder)
Bron: Dujardin *et al.*, 2008



Figuur 5 – Invloed van scenario's op hoog- en laagwater langsheen het estuarium
Hoog- en laagwater bij spring- en doottij (boven), verschil op hoog- en laagwater springtij (onder)
Bron: Dujardin *et al.*, 2008

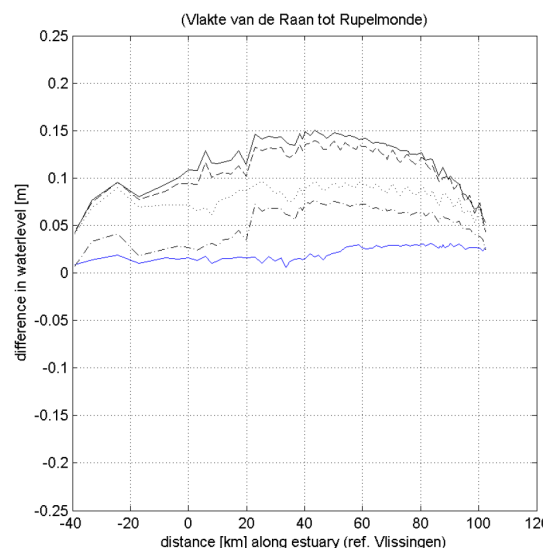
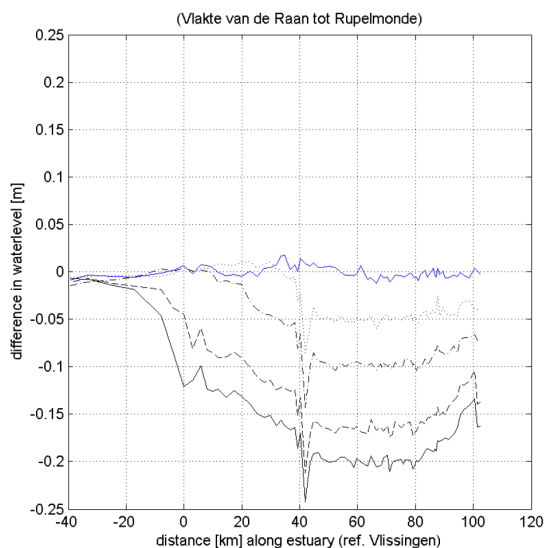
Langsverloop hoog- en laagwater bij spring- en doodtij

(Vlakte van de Raan tot Rupelmonde)



Verskil in langsverloop van hoogwater bij springtij
ten opzichte van scenario T0

Verskil in langsverloop van laagwater bij springtij
ten opzichte van scenario T0



2.2.2 Proefstortlocaties Westerschelde

In Arcadis (2015) wordt voor 5 locaties het effect onderzocht voor het terugstorten van onderhoudsspecie. Twee locaties (Diepe Put Hansweert en Inloop Ossensisse) situeren zich in de diepe delen van de vaargeul. Door te storten in deze diepe delen wordt als doelstelling opgegeven om op langere termijn een effect te kunnen hebben op de reductie van getijslag. In de Passende Beoordeling wordt geconcludeerd dat bij een proefstorting waarbij 1 Mm³ wordt teruggestort op deze locaties geen effecten kunnen verwacht worden op de morfologie en de stroming. Hierbij kan opgemerkt worden dat de hoeveelheid van 1 Mm³ beperkt is, één grootte-orde kleiner dan de jaarlijkse onderhoudsvolume in de Westerschelde (~ 10 Mm³/jaar) en zelfs 2 grootte-orde kleiner dan in de scenario's van Dujardin *et al.* (2008) is onderzocht.

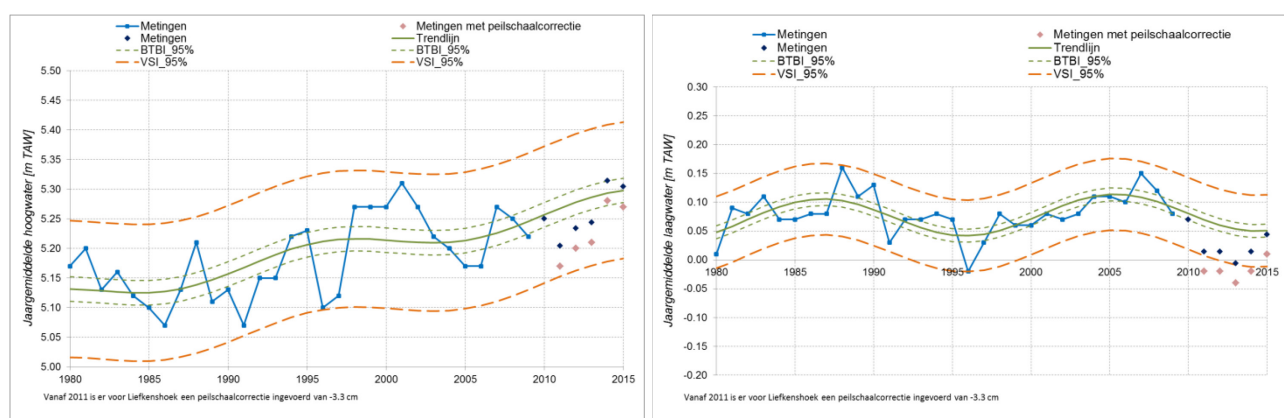
2.2.3 Monitoringsresultaten

De opvolging van de stabiliteit van de gestorte specie in de diepe delen is voor de klassieke stortzones SH41 en SH51 terug te vinden in jaarlijkse analyse rapporten (IMDC, 2015), doch werd ook ge-update in het kader van het project Morfologie meoschaal in het kader van de Agenda voor de Toekomst (Plancke *et al.*, 2019b). De opvolging van de stabiliteit van de gestorte specie in de diepe delen is voor de proefstortzones Diepe put Hansweert en Inloop Ossensisse terug te vinden in de 2-maandelijks voortgangsrapporten (IMDC, 2016a). Voor de stabiliteit van de gestorte specie in de diepe delen worden volgende getallen gerapporteerd (opgelet, verschillende lengte van beschouwde periode!):

- SH41: 4 % na ca. 6 jaar (17,86 Mm³ gestort sinds 12/02/2010)
- SH51: 19 % na ca. 6 jaar (4,06 Mm³ gestort sinds 12/02/2010)
- Diepe put Hansweert: 48 % na 4 maanden (1,00 Mm³ gestort sinds 21/03/2016)
- Inloop Ossensisse: 73 % na 4 maanden (1,00 Mm³ gestort sinds 28/04/2016)

Figuur 6 geeft het jaargemiddelde hoog- en laagwater te Liefkenshoek weer, inclusief de trendlijn (lineaire trend (~ zeespiegelstijging) gecombineerd met sinusoidale trend (~ 18,6 jarige cyclus)) voor de periode 1980-2009. Een eventueel effect van de stortingen in de diepe delen zou zich moeten manifesteren in een afname van het hoogwater en een toename van het laagwater. Uit deze figuren, evenals in de analyse van het getij binnen het voortgangsrapport (IMDC, 2016b), kan worden vastgesteld dat zowel het hoog- als laagwater onder de trendlijn liggen, maar binnen de 95%-voorspelinterval. In het voortgangsrapport wordt dit verklaard door een combinatie van relatief lage windopzet in de Noordzee en relatief lage bovenafvoer. Er is dan ook geen relatie met de stortingen in de diepe delen, waarbij kan opgemerkt worden dat het netto-effect van deze stortingen zeer beperkt is omwille van de lage stabiliteit: voor SH51 en SH41 is amper 1,5 Mm³ van de gestorte 21,9 Mm³ nog binnen de stortpolygoon aanwezig. Dit is in tegenstelling tot de simulaties uit Dujardin *et al.* (2008), waarbij voor de verschillende scenario's uitgegaan wordt dat de gestorte specie aanwezig blijft in de diepe delen.

Figuur 6 – Jaargemiddelde hoogwater (links) en laagwater (rechts) te Liefkenshoek
Bron: (Vanlierde *et al.*, 2016)



2.3 Stortingen langs plaatranden

In het kader van het milieueffectenrapport (MER) en de passende beoordeling (PB) van de verruiming van de vaargeul in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde (Consortium Arcadis & Technum, 2007a; c), werd de strategie waarbij de aanlegspecie en een deel van het onderhoud langs plaatranden wordt gestort, als meest milieuvriendelijke alternatief gevonden. De stortingen langs de plaatranden bieden de mogelijkheid om extra laagdynamisch gebied te creëren, wat als positief wordt beschouwd. In de volgende paragrafen worden de bevindingen gepresenteerd voor de uitgevoerde plaatrandstortingen.

2.3.1 Determinatieonderzoek plaatrandstortingen

In het Determinatieonderzoek plaatrandstortingen (Ides *et al.*, 2008; Ides & Plancke, 2008; Plancke *et al.*, 2008a) wordt op basis van terreinmetingen, numerieke modelsimulaties en expert judgement invulling gegeven aan de stortstrategie nabij plaatranden, met als doel de ecologische winst te maximaliseren. In (Plancke *et al.*, 2009) wordt een inschatting gemaakt van de ecologische winst, waarbij expliciet rekening wordt gehouden met de locale stroming- en sedimenttransportcondities. Volgende getallen worden hierbij gepresenteerd voor de voorspelde toename in laagdynamisch areaal na 5 jaar:

- Hooge Platen: 0 tot 70 ha
- Rug van Baarland: 30 tot 75 ha
- Plaat van Walsoorden: 20 tot 50 ha

In (Plancke *et al.*, 2008b) gebeurt dit ook, waarbij de methodiek uit het MER (Consortium Arcadis & Technum, 2007a) gevolgd wordt. Hier wordt een toename van 114 ha voorspeld. Deze resultaten worden in dit rapport ook doorvertaald naar de Passende Beoordeling (Consortium Arcadis & Technum, 2007c) van de verruiming van de vaargeul in de Westerschelde.

2.3.2 Natuurlijke ontwikkelingen nabij plaatrand stortlocaties

Voor de verschillende gebieden langs plaatranden waar in het kader van het project “verruiming vaargeul” stortingen van baggerspecie plaatsvinden, is in (Plancke *et al.*, 2011) een beschrijving van de referentiesituatie van de morfologie gepresenteerd. Hierbij is o.a. ingegaan op de volumeveranderingen binnen de polygonen van de stortvakken langs plaatranden in de periode 1990 – 2009.

Voor de Hooge Platen West vond er tussen 1990 en 2000 een zwakke erosie (100.000 m³/jaar) van de plaatpunt plaats, terwijl sinds 2000 de volumeverandering een sedimenterende trend (125.000 m³/jaar) geven te wijten aan het vormen en groeien van een zandtong. In het noordelijk deel van het stortvak vindt nog steeds een (beperkte) erosie plaats.

Voor de Hooge Platen Noord worden de volumeveranderingen bepaald door de grootschalige morfologische verandering van de Schaar van de Spijkerplaat. Over de periode 1990 – 2009 heeft een beperkte erosie plaatsgevonden (< 50.000 m³/jaar), die kan toegeschreven worden aan het doorbreken van de Schaar van de Spijkerplaat door de Spijkerplaat.

Voor de Rug van Baarland worden de volumeveranderingen bepaald door de grootschalige morfologische veranderingen van het Middelgat. Tussen 1990 en 2000 vond het Middelgat aansluiting met het Gat van Ossensisse waardoor er in het gebied erosie (125.000 m³/jaar) optrad. Sinds 2000 vindt er een sterke sedimentatie plaats in het Middelgat wat zich vertaalt in een sedimentatie binnen het gebied (400.000 m³/jaar).

Voor de Plaat van Walsoorden vond er over de volledige periode een sterke erosie (ca. 450.000 m³/jaar) van de plaatpunt plaats. Sinds 2004 is deze trend afgevlakt door de uitvoering van twee in situ stortproeven. Hierdoor is het noordelijke deel van het gebied sedimentatie is opgetreden.

2.3.3 Monitoringsresultaten

Op jaarlijkse basis worden de kwaliteitsparameters uit het protocol flexibel storten getoetst. Elke 2 jaar resulteert dit in een voortgangsrapport dat voorgelegd wordt aan de Commissie Monitoring Westerschelde (CMW). In het meest recente voortgangsrapport (IMDC, 2016b) worden de resultaten van de jaren 2014-2015 gerapporteerd. Met betrekking tot de plaatrandstortingen zijn de stabiliteit van de gestorte specie en de ecologisch winst de belangrijkste kwantitatieve toetsparameters. Voor de stabiliteit van de gestorte specie worden volgende getallen gerapporteerd na 5 jaar:

- Hooge Platen West: 64 % (3,28 Mm³ gestort sinds 12/02/2010)
- Hooge Platen Noord: 84 % (4,29 Mm³ gestort sinds 12/02/2010)
- Rug van Baarland: 723 % (1,31 Mm³ gestort sinds 12/02/2010)
- Plaat van Walsoorden: 37 % (6,81 Mm³ gestort sinds 12/02/2010)

Voor de ecotopen worden volgende arealen gepresenteerd na 5 jaar voor het ecologische waardevolle laagdynamisch areaal:

- Hooge Platen West: -1 ha
- Hooge Platen Noord: +50 ha
- Rug van Baarland: +72 ha
- Plaat van Walsoorden: +36 ha

Tabel 3 – Samenvatting waardevol laagdynamisch areaal langs plaatranden (opp. in ha)
Bron: Tabel 2-13 uit (IMDC, 2016b)

<i>Totaal waardevol laagdynamisch areaal</i>	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015
Hooge Platen West	0	32	43	6	12	39	24	11
Hooge Platen Noord	208	224	252	236	259	286	280	309
Plaat van Walsoorden	100	87	97	80	67	91	92	103
Rug van Baarland	58	19	48	41	60	90	98	132

3 Huidige stortstrategie

De huidige stortstrategie (periode 02/2015 – 02/2022) is een verderzetting van de stortstrategie zoals in het kader van de 3^e verruiming van de vaargeul is vastgesteld. Vanuit de opvolging van de monitoringsresultaten op basis van het “Protocol flexibel storten – kwaliteitsparameters” (Rijkswaterstaat Zeeland *et al.*, 2008) is binnen het Overleg Flexibel Storten besloten om een aantal stortlocaties (tijdelijk) niet meer te gebruiken. Door het verdwijnen van deze capaciteit, werd in 2015 een aanvullende vergunning aangevraagd om een aantal nieuwe proeflocaties te mogen gebruiken, weliswaar onder de voorwaarde dat de totaal stortcapaciteit uit de oorspronkelijke vergunning niet overschreden zou worden.

3.1 Vergunning conform 3^e verruiming vaargeul

3.1.1 Uitgangspunten

De huidige sedimentstrategie in de Westerschelde is gebaseerd op het meest milieuvriendelijke alternatief uit het onderzoek in het kader van de verruiming van de vaargeul. Binnen deze sedimentstrategie wordt de onderhoudsbaggerespecie teruggestort in het estuarium in zowel de hoofd- als nevengeulen als langs een aantal plaatranden. Het uitgangspunt is eerst terug te storten binnen dezelfde macrocel waarbinnen gebaggerd werd en, indien de capaciteit onvoldoende is, in de afwaartse macrocellen te storten.

Na afloop van de eerste vergunning (periode 2010-2015), werd deze strategie verdergezet binnen een nieuwe vergunning die loopt tot 2022. Voor de verschillende stortzones worden maximale stortcapaciteit opgegeven, zowel over de periode van 7 jaar als per jaar. Tabel 4 geeft een overzicht van de jaarlijks gemiddelde (capaciteit over 7 jaar gedeeld door 7 jaar) en maximale stortcapaciteit conform de vigerende vergunning. Het uitgangspunt binnen deze vergunning is om van het totale onderhoudsbaggerwerk 20% langs plaatranden, 38% in de nevengeulen en 42% in de hoofdgeulen te storten.

Tabel 4 – overzicht van de stortcapaciteit conform de vergunning

	Plaatrand	Nevengeul		Hoofdgeul
	Gemiddeld [Mm ³ /jaar]	Gemiddeld [Mm ³ /jaar]	Maximum [Mm ³ /jaar]	Gemiddeld [Mm ³ /jaar]
Macrocel 1	1,0	1,1	3,0	-
Macrocel 3	-	1,2	3,2	-
Macrocel 4	0,5	0,4	2,4	3,1
Macrocel 5	0,9	1,6	3,8	0,7
Macrocel 6	-	0,3	1,0	0,7
Macrocel 7	-	-	-	0,4
TOTAAL	2,4	4,6	-	4,9

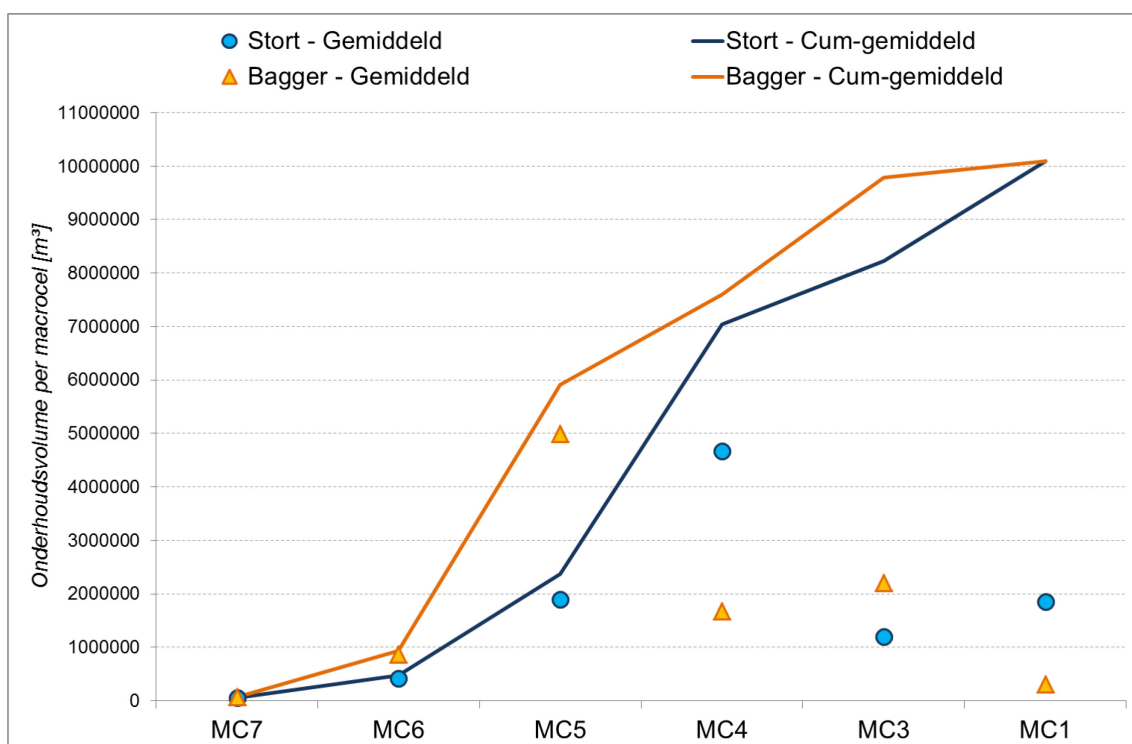
De opvolging van de bagger- en stortwerkzaamheden gebeurt via verschillende overlegstructuren (bron: www.vnsc.eu):

- Technisch baggeroverleg: hierin zorgen ambtenaren van Maritieme Toegang en Rijkswaterstaat voor het dagelijkse technische beheer van de baggerwerken
- Overleg flexibel storten: hierin zetelen deskundigen van verschillende overheidsinstellingen en worden de onderhoudswerken opgevolgd met monitoringgegevens vanuit MONEOS-T, toetst deze gegevens aan het Protocol flexibel storten – kwaliteitsparameters ("Protocol FS") en wordt advies gegeven om de stortstrategie bij te sturen binnen de randvoorwaarden van de vergunning;
- Commissie Monitoring Westerschelde: op basis van de tweejaarlijkse voortgangsrapporten geeft de Commissie Monitoring Westerschelde onafhankelijk advies aan het overleg flexibel storten over aanpassingen van de stortstrategie. Op basis daarvan wordt de definitieve voortgangsrapportage vastgesteld. De commissie bestaat uit onafhankelijke deskundigen uit Vlaanderen en Nederland. Ze werd in december 2009 formeel ingesteld.

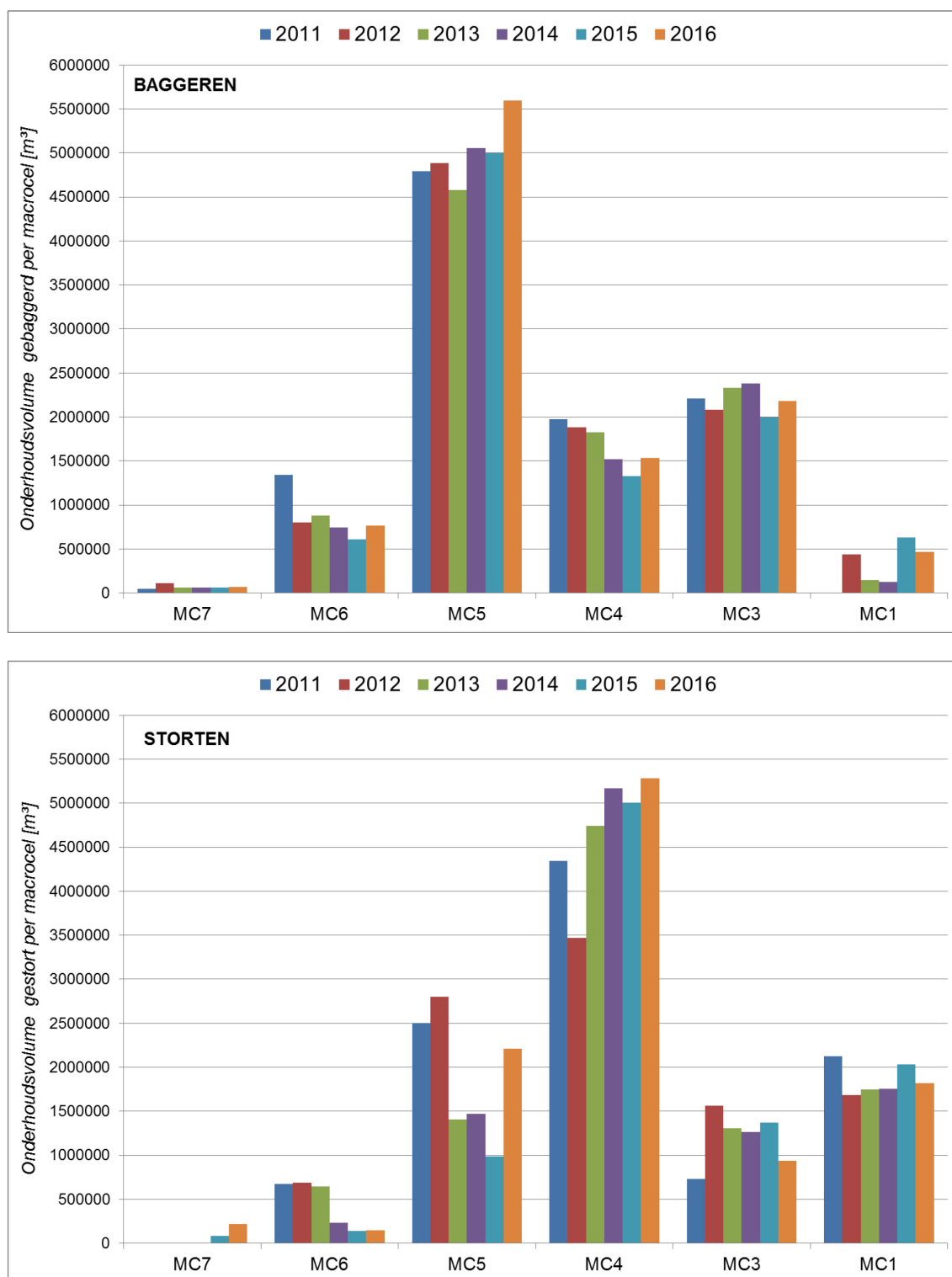
3.1.2 Sedimentverspreiding

Om de sedimentverplaatsing door de menselijke ingrepen in beeld te brengen, is voor de periode 2011-2016 zowel de hoeveelheid gebaggerde specie als de hoeveelheid teruggestorte specie in beeld gebracht (Figuur 8). Uit deze figuur blijkt duidelijk dat in macrocel 5 het meest wordt gebaggerd (ca. 5 Mm³/jaar), terwijl in macrocel 4 het meest wordt teruggestort (ca. 4,5 Mm³/jaar). In Figuur 7 worden de gemiddelde waarden over de periode 2011-2016 weergegeven. Deze figuur toont eveneens de cumulatieve bagger- en storthoeveelheden over de verschillende macrocellen, vertrekkende van de meest opwaarts gelegen macrocel (MC7) tot de meest afwaarts gelegen macrocel (MC1). Hieruit blijkt dat in de huidige stortstrategie netto sediment van het oosten naar het westen wordt gebracht. Dit verschil is het grootst ($\Delta \sim 3,5 \text{ Mm}^3$) ter hoogte van macrocel 5, en wordt grotendeels teniet gedaan in macrocel 4 ($\Delta \sim 0,5 \text{ Mm}^3$).

Figuur 7 – Gemiddelde onderhoudsvolumes per macrocel over de periode 2011-2016



Figuur 8 – Onderhoudsvolumes per macrocel: gebaggerd (boven) en gestort (onder)



3.2 Proefstortlocaties

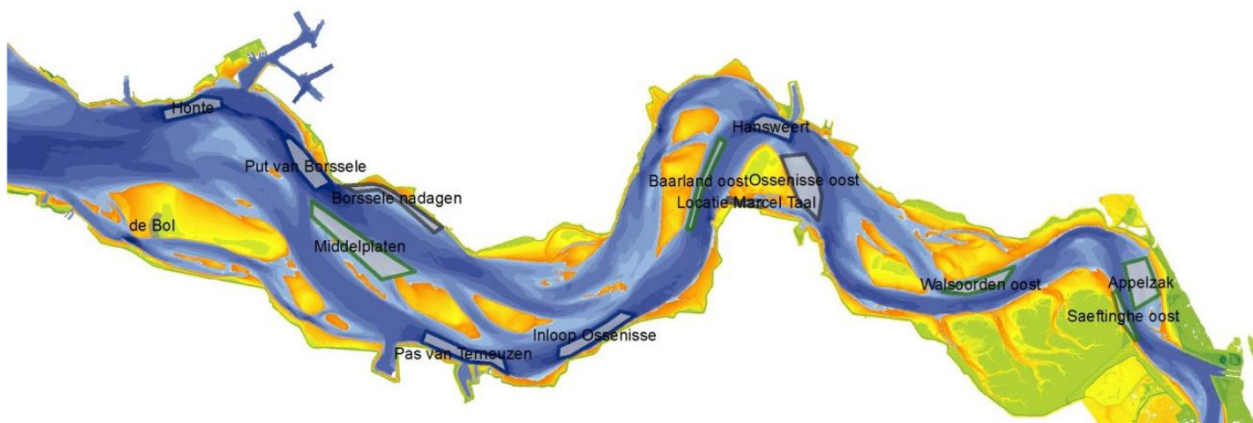
Met het oog op de optimalisatie van de toekomstige stortstrategie voor de Westerschelde, werd in 2015 een verkenning uitgevoerd naar potentiële nieuwe stortlocaties in de Westerschelde (Arcadis Nederland B.V., 2015). Deze locaties werden in een eerste fase geanalyseerd naar de haalbaarheid om ze te gebruiken. Op basis van de eerste selectie werd voor 5 locaties een vergunning aangevraagd om op elk van deze locaties een proefstorting van 1 Mm³ te kunnen uitvoeren (1 keer herhaalbaar). In de volgende paragrafen worden de resultaten van de verkenning en de voorlopige resultaten van de proefstortlocaties beschreven.

3.2.1 Verkenning potentiële proefstortlocaties

In (Arcadis Nederland B.V., 2015) wordt voor verschillende kansrijke locaties (Figuur 9) een afweging gemaakt om te komen tot een selectie van de meest kansrijke locaties voor het uitvoeren van een stortproef. De locaties worden ingedeeld in 3 clusters:

- **CLUSTER A. PROEFSTORTZONES GETIJ EN ONTLASTING BESTAANDE LOCATIES**
 - 1. Diepe put Hansweert
 - 2. Inloop Ossenis
 - 3. Pas van Terneuzen
 - 4. Diepe put Borssele
 - 5. Diepe put Honte
- **CLUSTER B. BIJDRAGE AAN VERGROTEN ECOLOGISCHE KWALITEIT**
 - 6. Plaatrand Saeftinghe Oost
 - 7. Appelzak
 - 8. Valkenisse Zuid
 - 9. Baarland Oost
 - 10. Suikerplaat
 - 14. De Bol
- **CLUSTER C. BIJDRAGE AAN DOELSTELLINGEN STABILITEIT OEVER OF NAUTISCHE VEILIGHEID**
 - 11. Geul van Borssele
 - 12. Schaar van Ossenis (op de kaart terug te vinden als “locatie Marcel Taal”)
 - 13. Ossenis Oost

Figuur 9 – Potentiële kansrijke proefstortzones in de Westerschelde
Bron: Arcadis Nederland B.V. (2015)



Een afwegingskader werd opgesteld waarbij voor elke locatie de evaluatie gebeurde welke potentiële positieve of negatieve effecten gepaard gaan met het gebruik van een bepaalde stortlocatie. Voor de volledige beschrijving wordt verwezen naar bovenstaand rapport. In Bijlage B worden de tabellen gepresenteerd voor de verschillende clusters.

Op basis hiervan werden volgende locaties weerhouden voor het uitvoeren van een proefstorting:

- 1. Diepe put Hansweert
- 2. Inloop Ossensisse
- 10. Suikerplaat
- 11. Geul van Borssele
- 13. Ossensisse Oost

Voor deze 5 locaties werd een nieuwe vergunning aangevraagd waarbij voor elke locatie een stortproef van 1 Mm³ kon uitgevoerd worden en dit 2 maal in de tijd. Echter, in de praktijk bleken een aantal van de vergunde locaties een aantal risico's met zich mee te brengen: (1) voor de Geul van Borssele was het quasi onmogelijk voor de baggerschepen om de locatie veilig te bereiken en werd de locatie voorlopig niet gebruikt; (2) voor Ossensisse Oost ging de stortproef gepaard met de doelstelling de hinderlijke dwarsstroming te reduceren; de oplossing die hiervoor is voorgesteld in (Deltares *et al.*, 2013), gaat echter uit van de toenmalige bathymetrie. Deze is in de afgelopen jaren gewijzigd waardoor zich de vraag stelt of de voorgestelde strategie ook voor de huidige bathymetrie effectief is; omwille hiervan wordt deze locatie vooralsnog niet gebruikt.

3.2.2 Resultaten proefstortlocaties

Ten behoeve van de opvolging en de evaluatie van de proefstortingen werd een monitoringprogramma opgesteld (Schrijver & Plancke, 2015). De focus ligt hierbij hoofdzakelijk op de ingreepgegevens en de bathymetrie. Voor de diepe delen wordt ook het getij beschouwd, terwijl voor de Suikerplaat er een eco-morfologische verkenning op de plaat plaatsvindt.

Medio 2017 werd op 3 locaties reeds een proefstorting uitgevoerd. De gestorte hoeveelheden variëren tussen de verschillende locaties. In volgende paragrafen wordt per locatie ingegaan op de doelstelling voor elk van de gebruikte locaties. Voor een beschrijving van de uitgevoerde stortingen en de stabiliteit van de gestorte specie wordt verwezen naar de maandelijkse opvolgingsrapporten die in het kader het Overleg Flexibel Storten (IMDC, 2018).

Diepe put Hansweert

In het rapport (Arcadis Nederland B.V., 2015) waarbij de proefstortzones verkend worden, wordt volgende probleemstelling en doel geformuleerd: *“De verspreiding in deze diepe zone heeft als doel om op langere termijn een effect te kunnen hebben op de reductie van getijslag. Van de verschillende ‘diepe put’ proefstortzones ligt deze het meest oostelijk. Daarmee biedt deze locatie in potentie de meeste kans om de afname van het sedimentvolume in de oostelijke helft van de Westerschelde te beperken en daarmee de toename van de getijslag te reduceren. Een belangrijke nevendoelstelling van deze diepe proefstortzonestortzone is om bestaande stortzones, met name in de nevengeul Middelgat, te ontlasten. Deze proefstortzone ligt direct aangrenzend aan het Middelgat, waar al sinds jaar en dag sedimentatie plaatsvindt. Een belangrijke randvoorwaarde voor het verspreiden op de proefstortzone Diepe put Hansweert is dat hiermee de sedimentatie in het Middelgat niet toeneemt of versnelt. Mogelijk is getijafhankelijk storten (bij vloed) een manier om het initiële transport vanaf de proefstortzone naar het Middelgat te beperken.”*

Inloop Ossensisse

In het rapport waarbij de proefstortzones verkend worden, wordt volgende probleemstelling en doel geformuleerd: *“De verspreiding in deze diepe zone heeft als doel om op langere termijn een effect te kunnen hebben op de reductie van getijslag. Een belangrijke nevendoelstelling van deze diepe proefstortzones is om bestaande proefstortzones te kunnen ontlasten.”*

Suikerplaat

In het rapport waarbij de proefstortzones verkend worden, wordt volgende probleemstelling en doel geformuleerd: *“Aan de westzijde van het Middelplootcomplex, waar deze proefstortzone is voorgesteld, liggen een aantal kleine plotelementen die overwegend een hoogdynamisch karakter hebben. De autonome ontwikkeling in het gebied is een afname/erosie van het droogvallende areaal. Op deze locatie zou ten opzichte van de huidige situatie extra ondiep water en intergetijdengebied gecreëerd kunnen worden.”*

4 Toekomstige stortstrategie

De uitgangspunten voor de toekomstige stortstrategie zijn de bestaande vergunning in combinatie met de vaststellingen gebeurd in de hoogfrequente opvolging van de monitoringsresultaten binnen het Overleg Flexibel storten, de resultaten van de proefstortingen, de kansrijke locaties waar vooralsnog geen stortproef heeft plaatsgevonden en een eigen voorstel van een nieuwe benadering om stortzones af te bakenen rekening houdend met de morfologische dynamiek in het systeem.

4.1 Stortzones

De vigerende vergunning in combinatie met de kansrijke proefstortlocaties geeft aanleiding tot een reeks van potentiële stortzones die kunnen gebruikt worden in de toekomstige vergunning. Om de verschillende stortzones onderling te vergelijken werd, analoog aan de methodologie van de proefstortzones, een afwegingskader gedefinieerd. Voor elke zone werd een afweging gemaakt voor de verschillende aspecten. Daarnaast kunnen er voor de verschillende stortzones maximale stortcapaciteiten gedefinieerd worden (§ 4.3).

4.1.1 Afwegingskader stortzones

Binnen de verkenning van de proefstortlocaties werd een afwegingskader gedefinieerd waarbij veiligheid, toegankelijkheid, natuur en uitvoerbaarheid werden beoordeeld voor de verschillende locaties (zie Bijlage B). Binnen voorliggend rapport werd een gelijkaardig afwegingskader (Figuur 10) gebruikt waarbij enkele aanpassingen werden doorgevoerd. Belangrijkste aanpassing is het expliciet opnemen van het aspect "behoud van sediment". Aangezien systematisch sediment brengen vanuit het oostelijk naar het westelijk deel van het estuarium leidt tot het uitruimen van het oostelijk deel. Dit uitruimen wordt als negatief beschouwd. Aangezien het zwaartepunt van de onderhoudsbaggerwerken in het oostelijk deel plaatsvinden, zullen stortlocaties in het westelijk deel van het estuarium slechter scoren dan meer oostelijk gelegen stortlocaties.

Figuur 10 – Afwegingskader potentiële stortlocaties

NAUTISCH	VEILIGHEID	ECO-MORFOLOGIE	BEHOUD SEDIMENT	UITVOER-TECHNISCH
Effecten op het gebruik van de hoofdgeul Effecten op het gebruik van de nevengeul Effecten op het gebruik van (nood)ankergebieden Toegankelijkheid van havens en sluizen	Effecten op de voortplanting van het getij in het estuarium (hoogwater, laagwater, getijverschil) Effecten op de hydraulische belasting van dijken en oevers	Toename laagdynamisch areaal op korte termijn Duurzaamheid ecologische winst Behoud van het meergeulenstelsel Morfologische dynamiek	Behoud van sediment binnen de macrocel Verstoring sedimenttransport doorheen het estuarium	Uitvoer-technische haalbaarheid stortingen (toegankelijkheid voor schepen, inzetbaarheid storttechniek) Effect op onderhoudsvolumes Kosten-effectiviteit (vaarafstand) Capaciteit van de stortlocatie Aanwezigheid obstakels

4.1.2 Selectie potentiële stortzones

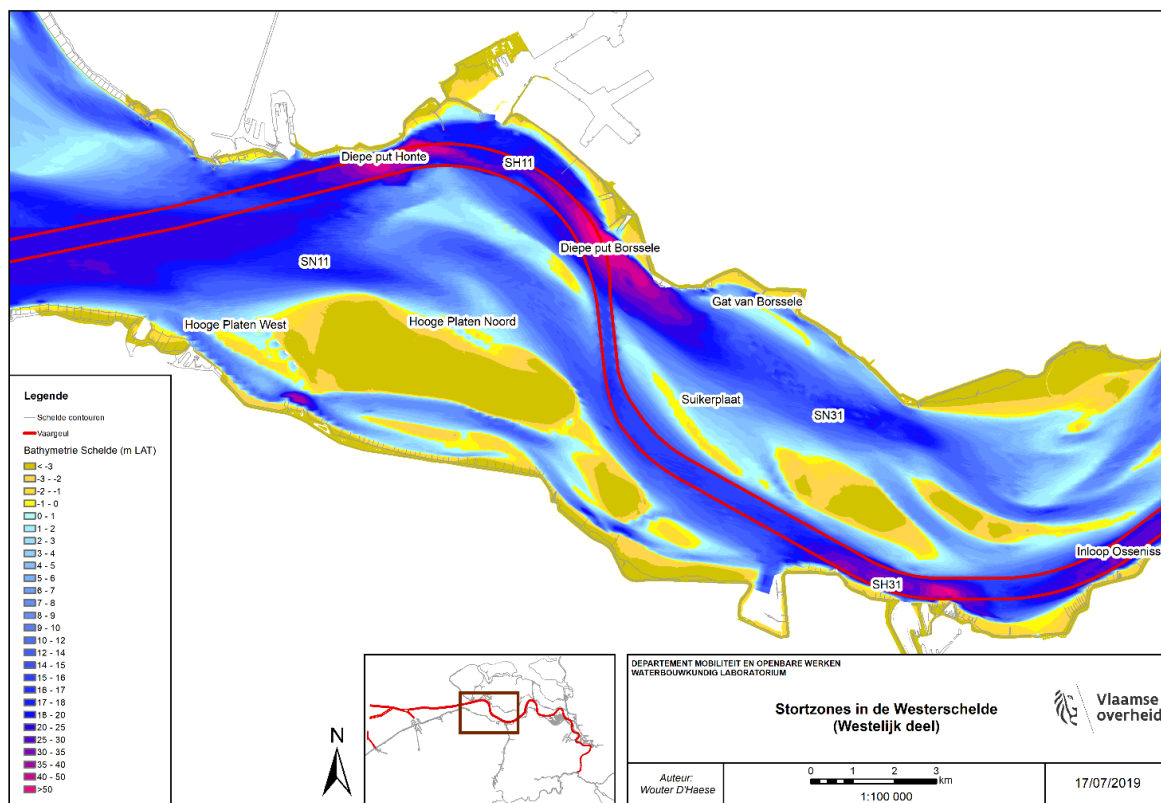
De selectie van potentiële stortzones gaat uit van de huidige vergunde stortzones, de proefstortlocaties alsook een aantal bijkomende zones. Per macrocel wordt één stortzone in de hoofdgeul ("SH") en één in de nevengeul ("SN") beschouwd. Ook de zone die momenteel gebruikt wordt voor het suppleren van de geulwand nabij Ossensisse (GWO in MC4) wordt meegenomen. Daarnaast zijn ook de zones langs de plaatranden (Walsoorden, Rug van Baarland, Suikerplaat en Hooge Platen) opgenomen in de selectie. Hieraan werd ook de rand van de Platen van Ossensisse toegevoegd, die vanuit nautische standpunt interessant kan zijn om de optredende dwarsstroming te mitigeren (Deltares *et al.*, 2013).

Naast deze zones werden ook de diepe putten in de hoofdgeul expliciet opgenomen. Het betreft volgende zones: diepe put Hansweert (DPHW in MC5), inloop Ossensisse (INOS in MC4), diepe put Borssele (DPBo in MC3) en diepe put Honte (DPHo in MC1).

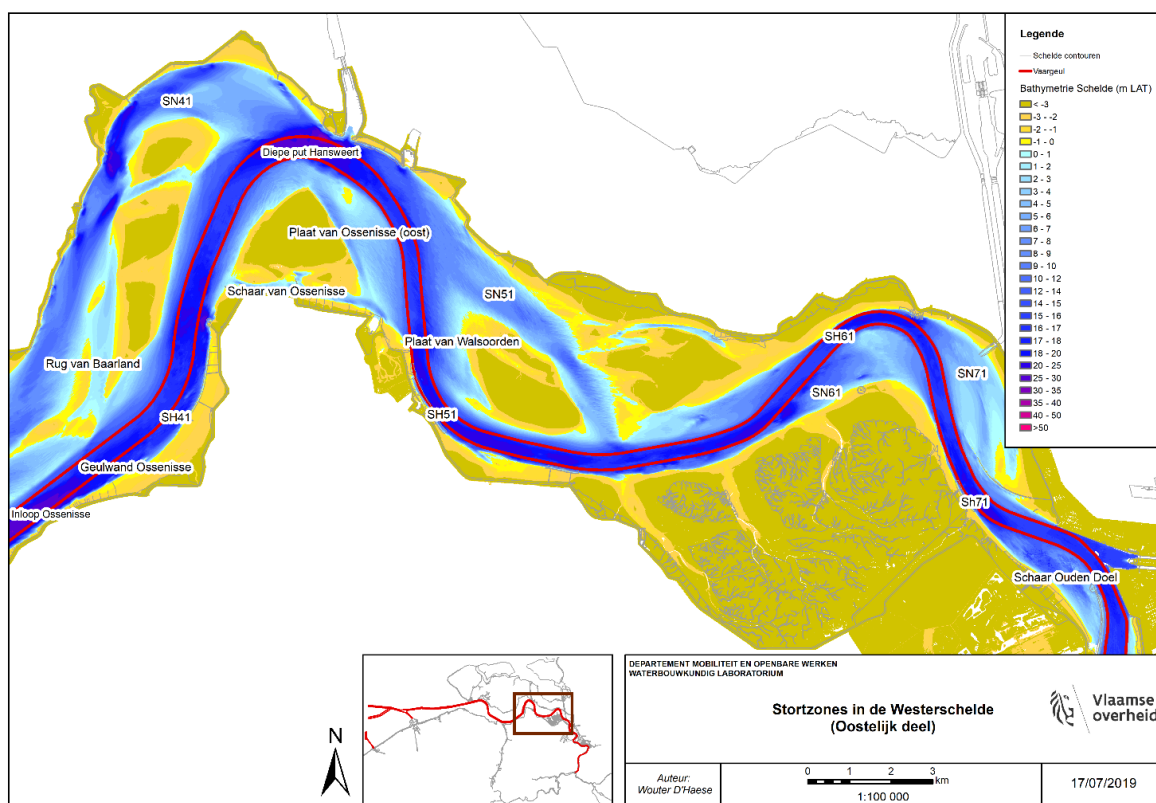
Tenslotte werden ook de secundaire nevengeulen in de lijst opgenomen. Het betreft hier volgende zones: Schaar van Ossensisse (SvO in MC4) en de geul van Borssele (GvBo in MC3).

De ligging van de verschillende stortzones is terug te vinden in Figuur 11 (westelijk deel van de Westerschelde) en Figuur 12 (oostelijk deel van de Westerschelde). Hierop zijn enkel de toponiemen terug te vinden, zonder afbakening. Er moet opgemerkt worden dat de afbakening van deze stortzones kan afwijken van de huidige vergunde contouren, gelet op het voorstel om expliciet rekening te houden met de morfologische dynamiek (zie § 4.2).

Figuur 11 – Ligging van de verschillende stortzones (westelijk deel Westerschelde)



Figuur 12 – Ligging van de verschillende stortzones (oostelijk deel Westerschelde)



4.1.3 Beoordeling stortzones

Voor alle potentiële stortlocaties beschreven in voorgaande paragraaf werden de verschillende aspecten uit het beoordelingskader geëvalueerd (Tabel 5). Er werd een scoring uitgevoerd met volgende indeling:

- -2 Grote negatieve effecten of risico's
- -1 Potentiële negatieve effecten of risico's
- 0 Geen potentiële effecten of risico's
- +1 Potentiële positieve effecten of risico's
- +2 Grote positieve effecten of risico's

Voor het aspect “behoud sediment” scoren oostelijke locaties hoger dan westelijke locaties, omwille van het grotere aanbod van baggerspecie in het oostelijke deel dat idealiter in dit deel van het estuarium teruggestort wordt om het risico op uitruimen te beperken. Daarnaast scoren vloedgeulen beter dan ebgeulen omwille van het verschil in residueel sedimenttransport (vloed-gedomineerd in vloedgeul, eb-gedomineerd in ebgeul, zie ook (Coen *et al.*, s.d.)).

Voor het aspect “nautisch” wordt een negatieve score toegekend aan de nevengeulen in het oostelijk deel (omwille van het belang van de nevengeulen voor de scheiding van zeevaart en binnenvaart/pleziervaart, zie ook (IMDC *et al.*, 2013)). Ook wordt in de nautisch meest uitdagende zones, i.e. Bocht van Bath (SH61) (omwille van de beperkte breedte van de vaargeul in combinatie met de scherpe bocht) en Pas van Rilland (SH71) (omwille van nautische activiteiten van opvarende schepen naar de Zandvliet en Berendrecht sluizen (sleepboten)), een negatieve score toegekend.

Het aspect “veiligheid” krijgt een positieve score waar een bijdrage wordt geleverd aan het reduceren van de hydraulische belasting op de oevers, o.a. voor de zogeheten nevengeulen in hun nadagen (cfr. Arcadis (2013)).

Voor het aspect “eco-morfologie” is er een positieve score voor de plaatrandstortingen omwille van hun positieve bijdrage aan het areaal laagdynamisch habitat. Hoewel er vanuit bepaalde instanties (o.a. CMW) bezorgdheden zijn geuit over de lange termijn effecten, werden deze tot op heden nog niet vastgesteld. Daarnaast bleek het gecreëerde laagdynamische areaal eenzelfde waarde te hebben op vlak van bodemdieren als de laagdynamische gebieden in dezelfde omgeving (eCoast, 2018). Voor de Hooge Platen Noord wordt een negatieve beoordeling omwille het verhoogd risico van de stortingen hier op de ophoging van de plaat, hoewel dit niet vastgesteld is. Voor de locatie SN41 wordt een negatieve score toegekend omwille van het potentieel negatief effect van het verdwijnen van de nevengeul, wat echter samenhangt met het aspect “behoud meergeulenstelsel”.

Het aspect “uitvoeringstechnisch” combineert de stortcapaciteit van de stortzone, de verwachte retourstroom naar de drempels en bereikbaarheid voor de baggerschepen, waarbij elk aspect voor 1/3 meegenomen wordt. Over het algemeen scoren diepe delen in de vaargeul hier beter dan de secundaire nevengeul, ondanks de potentiële snellere retourstroming vanuit de diepe delen naar de baggerlocaties.

In Tabel 5 is de score terug te vinden voor alle stortzones voor de verschillende aspecten. De score werd opgemaakt rekening houdend met bovenstaande argumenten en werd voorgelegd aan de projectgroep “storten & meergeulen” binnen het kader van de VNSC, werkgroep O&M, met vertegenwoordigers van o.a. afdeling Maritieme Toegang, Rijkswaterstaat, Deltares en INBO.

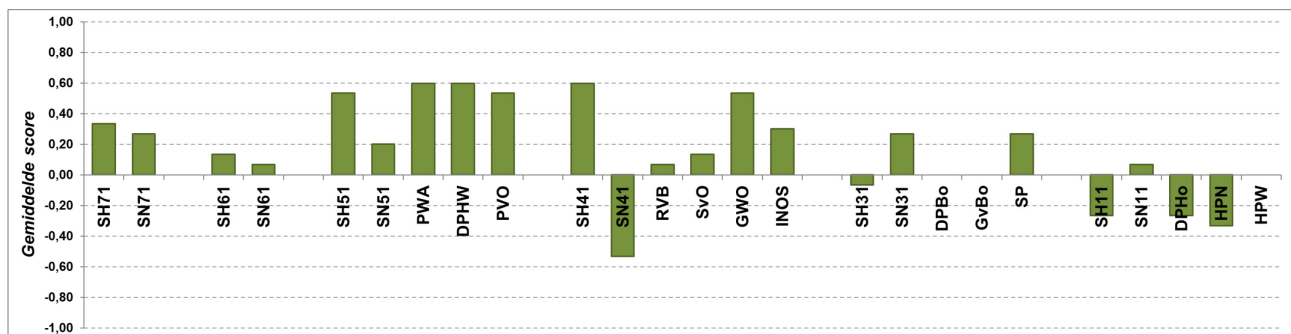
Wanneer de verschillende aspecten gecombineerd worden tot een totaalscore (zelfde gewicht (1/5) voor de 5 aspecten), kan beoordeeld worden welke stortzones de grootste waarde hebben voor de toekomstige stortstrategie. Dit is weergegeven in Figuur 13. Hieruit blijkt dat de stortzones in het oostelijk deel het best scoren, dit voornamelijk omwille van de bijdrage aan het behoud van sediment dat deze zones leveren. De hoogste scores worden genoteerd voor de stortzones diepe put Hansweert en SH41 (positief voor behoud sediment en uitvoer-technisch) alsook Plaat van Walsoorden (positief voor behoud sediment en eco-morfologie). Ook SH51, geulwant Ossenissee en Plaat van Ossenissee scoren goed, al dient bij deze laatste locatie opgemerkt worden dat de effectiviteit voor het mitigeren van de dwarsstroming gerevalueerd dient te worden, omwille van de morfologische ontwikkelingen in het gebied sinds de eerdere studie.

Zones die volgens het gebruikte beoordelingskader niet interessant zijn, zijn het Middelgat “SN41” en de Hooge Platen Noord, wat overeenkomt met de huidige beslissing om er niet te storten. Daarnaast scoren de nieuwe locaties in de hoofdgeul van MC1, SH11 en diepe put Honte, slecht omwille van het risico dat gestorte specie in deze eb-gedomineerde geul buiten het estuarium zal worden getransporteerd.

Tabel 5 – Scoretabel potentiële stortlocaties

		TOTAAL	NAUTISCH	VEILIGHEID	ECO-MORFOLOGIE	BEHOUD SEDIMENT	UITVOERTECHNISCH
MC7	SH71	0,33	-1	0	1	2	-0,33
	SN71	0,27	0	0	0	2	-0,67
MC6	SH61	0,13	-1	0	0	2	-0,33
	SN61	0,07	-1	0	0	2	-0,67
MC5	SH51	0,53	0	0	0	2	0,67
	SN51	0,20	-1	0	0	2	0,00
	PWA	0,60	0	0	1	2	0,00
	DPHW	0,60	0	0	0	2	1,00
	PVO	0,53	1	0	0	2	-0,33
MC4	SH41	0,60	0	1	0	1	1,00
	SN41	-0,53	-1	0	-1	0	-0,67
	RVB	0,07	0	0	1	0	-0,67
	SvO	0,13	0	1	0	1	-1,33
	GWO	0,53	0	2	0	0	0,67
	INOS	0,30	0	0,5	0	0	1,00
MC3	SH31	-0,07	0	0	0	-1	0,67
	SN31	0,27	0	0	0	0	1,33
	DPBo	0,00	0	0	0	-1	1,00
	GvBo	0,00	0	1	1	-1	-1,00
	SP	0,27	0	0	1	0	0,33
MC1	SH11	-0,27	0	0	0	-2	0,67
	SN11	0,07	0	0	0	-1	1,33
	DPHo	-0,27	0	0	0	-2	0,67
	HPN	-0,33	0	0	-1	-1	0,33
	HPW	0,00	0	0	1	-2	1,00

Figuur 13 – Gemiddelde score voor verschillende stortlocaties



4.2 Ruimtelijke afbakening stortzones

In de vroegere en vigerende vergunning worden stortzones vastgelegd door expliciet coördinaten te definiëren per stortzone. De afgelopen jaren is gebleken dat deze benadering in een dynamisch morfologisch systeem zoals het Schelde-estuarium praktische problemen met zich kan meebrengen. Het voorbeeld wordt gegeven van de Schaar van de Noord (stortvak SN61) die ten tijde van de vergunningsaanvraag een ligging had die gebruikt werd om de stortpolygoon te definiëren. In de volgende jaren migreerde de geul en bleek de vergunde polygoon ontoegankelijk voor de baggerschepen.

Om rekening te houden met de morfologische dynamiek van het systeem, is het cruciaal dat de afbakening van de vergunde stortzones de ruimte biedt om hierop te anticiperen/reageren. Hiertoe wordt voorgesteld om de afbakening van de toekomstige stortzones zo ruim mogelijk te doen, doch aantal restricties op te leggen per zone om de effecten van het storten op de verschillende functies die het estuarium vervult te reduceren. Hierbij kunnen volgende restricties verkend worden (niet limitatief):

- Ruimtelijke beperkingen in planvorm rekening houdend met gebruiksfuncties
 - Aanwezigheid van (nood)akergebieden
 - Rustplaatsen van zeehonden
 - Nutsleidingen
 - ...
- Ruimtelijke beperkingen in diepte rekening houdend met gebruiksfuncties
 - Stortzones in hoofdgeul afbakenen op basis van dieptecontour (e.g. -17m LAT -contour)
 - Stortzones in nevengeul afbakenen op basis van dieptecontour (e.g. -4m LAT -contour)

Dergelijke aanpak biedt de mogelijkheid rekening te houden met de morfologische dynamiek van de geulen en de platen in de Westerschelde, en laat eveneens toe optimaal in te kunnen spelen met de stortstrategie om deze ontwikkelingen, wat in de geest van “flexibel storten” cruciaal is.

4.3 Maximale stortcapaciteit stortzones

Binnen de afgeleverde vergunningen sinds het begin van deze eeuw werden telkens voor elke stortzone maximale storthoeveelheden gedefinieerd. Voor de nevengeulen is deze waarde momenteel gebaseerd op de instandhouding van het meergeulenstelsel op basis van het cellenconcept (Wang & Winterwerp, 2001; Winterwerp *et al.*, 2001). Dit concept definieert de maximale stortcapaciteit op basis van bruto sedimenttransportcapaciteiten (5% of 10%). Voor de hoofdgeulen en de alternatieve stortlocaties (cfr. plaatranden, geulwandverdediging, geulen in nadagen, ...) bestaat er geen éénduidig kader om de maximale stortcapaciteit vast te leggen.

4.3.1 Nevengeulen

De stortcapaciteit in de nevengeul werd in het verleden bepaald op basis de bruto-sedimenttransportcapaciteit. In het kader van het onderzoek van de Agenda voor de Toekomst werden in Coen *et al.* (2019) modelberekeningen uitgevoerd waarbij de berekende sedimenttransporten sterk verschillen van deze uit eerdere studies (o.a. (Jeuken *et al.*, 2014)). Omwille van de continuïteit, wordt aanbevolen de berekeningen van de bruto-sedimenttransporten uit te voeren met dezelfde (weliswaar verbeterde) modellen die in het verleden werden ingezet. Daarnaast dringt een validatie van de modellen op vlak van sedimenttransport zich op, om duidelijkheid te verkrijgen in de performantie van de verschillende numerieke modellen. Uit recente metingen (Plancke *et al.*, 2019a) is gebleken dat er een groot verschil aanwezig is tussen het totaal transport (i.e. bodem + suspensie transport) en het pure bodemtransport, bepaald op basis van de migratie van bodemvormen. Tussen beide bleek een factor 1000 verschil te zitten.

Gelet op de morfologische ontwikkelingen in de Westerschelde, verdient het de aanbeveling de maximale storthoeveelheden die gehanteerd worden in de vigerende vergunning te updaten. Naast het risico op het degenereren van het meergeulenstelsel, dient rekening gehouden te worden met andere aspecten, zoals de minimale beschikbare diepte voor de binnenvaart (bv. door maximaal volume op te leggen in relatie tot bepaald peil tot waarop kan gestort worden), verspreiding van de gestorte specie naar aangrenzende gebieden, zowel vanuit het natuurstandpunt (bv. ophoging platen) als naar het onderhoudsbaggerwerk (retourstroming drempels) of de afkomst van het gebaggerde sediment ("verstoring" zandbalans).

4.3.2 Hoofdgeulen en diepe putten

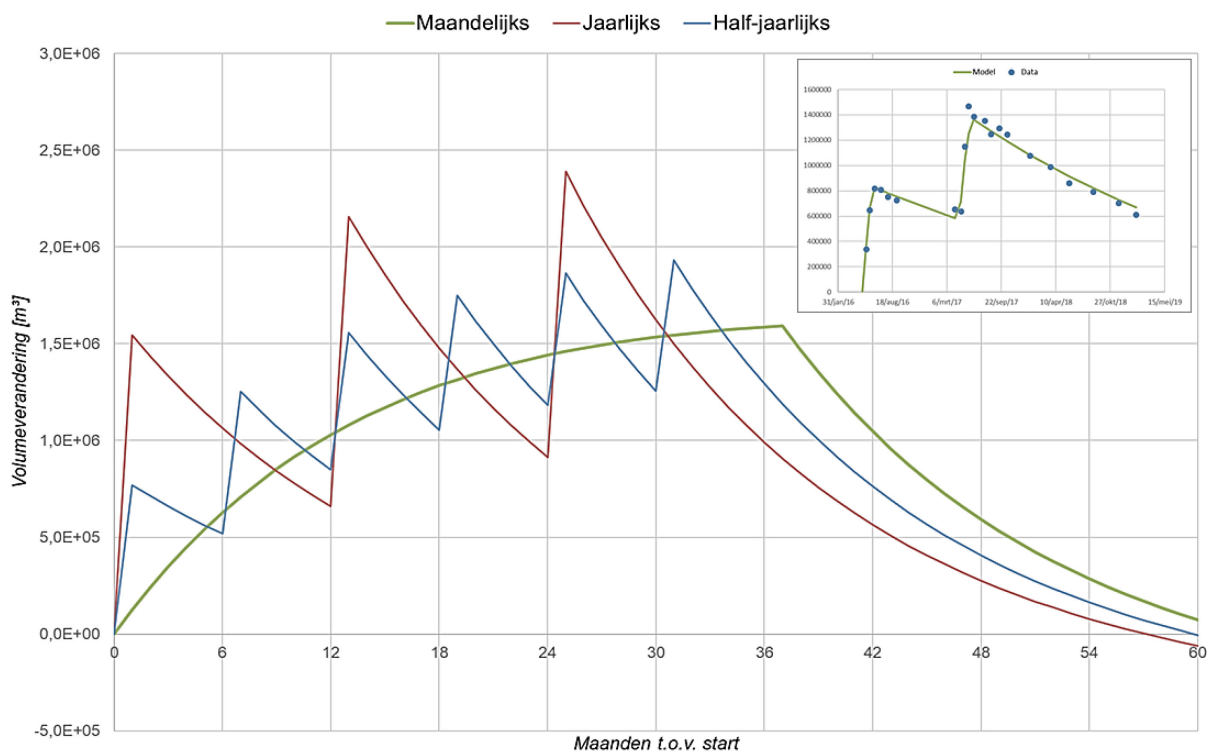
Voor de diepe delen in de hoofdgeulen ontbreekt momenteel een éénduidige manier om de stortcapaciteit te bepalen. Uit de metingen is gebleken dat slechts een zeer klein aandeel van de gestorte specie aanwezig blijft in de stortzone, waardoor de capaciteit van deze stortzone zeer groot is. Daarom wordt aanbevolen expliciet rekening te houden met volgende aspecten:

1. Minimale beschikbare diepte voor de zeevaart, bv. door een maximaal volume op te leggen in relatie tot bepaald peil tot waarop kan gestort worden
2. Verspreiding van de gestorte specie naar aangrenzend gebieden, zowel vanuit het natuurstandpunt (bv. ophoging platen) als naar het onderhoudsbaggerwerk (retourstroming drempels)
3. De afkomst van het gebaggerde sediment (minimaliseren "verstoring" zandbalans)

Door IMDC werd een empirisch model ("DREMO") opgesteld dat toelaat de stabiliteit van de gestorte specie in te schatten (Lanckriet *et al.*, 2017). Dit model is gekalibreerd op basis van bestaande metingen en kan ingezet worden om invulling te geven aan de toekomstige stortstrategie. Er wordt dan ook voorgesteld om voor de bestaande stortzones (SH51, SH41, DPHW en INOS) dit model in te zetten om de aanbevolen storthoeveelheid te bepalen die overeenkomt met de randvoorwaarden opgelegd vanuit de andere functies.

Ter illustratie van deze methodologie wordt deze weergegeven voor de stortzone INOS. Op basis van de metingen uitgevoerd bij de opvolging van de proefstortingen op deze locatie, werden de verschillende coëfficiënten bepaald voor de kalibratie van het model (zie uitsnede Figuur 14). Met behulp van deze coëfficiënten kan gesimuleerd worden hoe het gestorte sediment zich doorheen de tijd zal gedragen. In dit voorbeeld werd gedurende 3 jaar jaarlijks 2 Mm³ specie “gestort”, waarbij dit zowel in één keer (“jaarlijks”), in twee keer (“halfjaarlijks”) als maandelijks werd gestort in het model. Figuur 14 toont hoe de gestorte specie doorheen de tijd binnen de stortzone aanwezig blijft/verspreid wordt. Logischerwijs geven de jaarlijkse stortingen een veel grotere variatie van de sedimentvolumes dan wanneer maandelijks gestort wordt, al blijft het verschil op langere termijn beperkt (zie kleine verschillen in volume na 60 maanden). Wanneer bv. een maximale volumetoename gedefinieerd wordt, kan de aanbevolen jaarlijkse storthoeveelheid bepaald worden. Voor deze locatie bedraagt het watervolume onder -20m LAT meer dan 10 Mm³, zodat een resthoeveelheid sediment van 1,6 Mm³ na 3 jaar storten (2 Mm³/jaar, maandelijks gestort) geen probleem oplevert.

Figuur 14 – Illustratie van DREMO-model voor stortzone INOS
Uitsnede rechtsboven geeft resultaat kalibratie weer voor INOS



4.3.3 Plaatranden

In tegenstelling tot de stortzones in de hoofd- en nevengeul, beogen de stortzones nabij plaatranden een grotere stabiliteit van de gestorte specie. Voor deze zones zal een balans moeten gevonden worden tussen gewenst morfologische en ecologische ontwikkelingen ten gevolge van de stortingen (cfr. creëren zandlichaam waarachter laagdynamisch habitat ontstaat), potentiële risico's in de aangrenzende gebieden (cfr. ophoging platen) en beschikbare capaciteit (omwille van beperktere sedimentdynamiek in deze zones). Hierna wordt voor een aantal gebieden reeds een voorstel uitgewerkt, wat ook voor andere zones wenselijk is (cfr. Suikerplaat, Platen van Ossensisse (ostrand), ...).

Plaat van Walsoorden

De westwaartse punt van Plaat van Walsoorden is onderhevig aan erosie a rato van 450.000 m³/jaar (Plancke *et al.*, 2011). Aangezien in de afgelopen jaren dankzij de plaatrandstortingen een toename in het laagdynamisch areaal (36 ha) is gerealiseerd, zal de stortstrategie er hierop gericht zijn het areaal in te houden. Gelet op de hoeveelheden in de vigerende vergunning, wordt een jaarlijkse storthoeveelheid van 900.000 m³/jaar aanbevolen.

In het kader van de werkgroep soortenbeleid van de Provincie Zeeland wordt in Het Zeeuwse Landschap & Delta Project Management (2016) een voorstel gedaan om de broedgelegenheden voor de kustbroedvogels in het Zuidelijke Deltagebied te verbeteren. Hierbij wordt voorgesteld om eilanden aan te leggen op verschillende platen in de Westerschelde. Eén van de voorgestelde locaties is de Plaat van Walsoorden. Indien deze doelstelling als waardevol wordt beoordeeld, is een verhoging van de jaarlijkse storthoeveelheid noodzakelijk.

Rug van Baarland

Gelet op de uitvoeringstechnische moeilijkheden en de bezorgdheid rond de instandhouding van het Middelgat, in combinatie met het feit dat deze stortzone in de afgelopen jaren niet meer gebruikt is, wordt voorgesteld deze zone niet meer op te nemen in de toekomstige stortstrategie.

Hooge Platen Noord

Nabij de noordelijke plaatrand van de Hooge Platen is het areaal laagdynamisch ecotoop met 50 ha toegenomen. Desalniettemin bestaat de bezorgdheid dat de stortingen leiden tot een versnelde ophoging van de Hooge Platen die een cruciale rol vertolken in het foerageergedrag van vogels in de Westerschelde. Aangezien deze locatie in het westelijke deel van de Westerschelde is gelegen, wordt voorgesteld het al dan niet behouden van deze stortzone grondig te overwegen. Vanuit het uitgevoerde onderzoek (Plancke *et al.*, 2017) wordt voorgesteld de stortlocatie te behouden, maar met de nodige voorzichtigheid in te zetten en dit te combineren met opvolging met specifieke meetcampagnes die toelaten de patronen van het sedimenttransport in beeld te brengen.

Hooge Platen West

Nabij de westelijke plaatpunt van de Hooge Platen is het areaal laagdynamisch ecotoop quasi ongewijzigd gebleven. Desalniettemin zijn er hier belangrijke morfologische veranderingen (uitbreiding Plaat van Breskens, zandwal op de plaatpunt met daarachter een luwe zone) gebeurd die gerelateerd kunnen worden aan de verhoogde sedimentbeschikbaarheid door de plaatrandstortingen alhier. Aangezien deze locatie in het westelijke deel van de Westerschelde is gelegen, wordt voorgesteld de aanbevolen jaarlijkse hoeveelheid hier te beperken tot 500.000 m³/jaar, om de sedimentbalans minimaal te verstoren.

In het kader van de werkgroep soortenbeleid van de Provincie Zeeland wordt in Het Zeeuwse Landschap & Delta Project Management (2016) een voorstel gedaan om de broedgelegenheden voor de kustbroedvogels in het Zuidelijke Deltagebied te verbeteren. Hierbij wordt voorgesteld om eilanden aan te leggen op verschillende platen in de Westerschelde, waaronder op de Bol, gelegen in de onmiddellijke omgeving van de stortzone Hooge Platen West. Indien deze doelstelling als waardevol wordt beoordeeld, is een verhoging van de jaarlijkse storthoeveelheid noodzakelijk.

5 Conclusies

Voor het terugstorten van onderhoudsbaggerspecie in de Westerschelde zijn vergunningen nodig waarin de verschillende toegestane stortzone wordt gedefinieerd. De huidige vergunning loopt nog tot februari 2022 waardoor het noodzakelijk wordt om invulling te geven aan de toekomstige stortstrategie.

Op basis van de resultaten van de afgelopen decennia, is een beoordeling gemaakt van de verschillende stortzones die in aanmerking komen voor de toekomstige stortstrategie. Op basis van een beoordelingskader, waarbij de aspecten nautiek, veiligheid, eco-morfologie, behoud van sediment en uitvoeringstechnisch geëvalueerd worden, is voor elke stortzone een score bepaald. Hieruit volgt dat de stortzones in het oostelijke deel van de Westerschelde het best scoren, aangezien deze in de omgeving liggen van de belangrijkste baggerlocaties en hierdoor het behoud van sediment bevordert wordt. Daarnaast komen de diepe delen in de vaargeul als goed scorende locaties naar voor, aangezien deze een grote stortcapaciteit kennen en ook voor de baggerschepen makkelijk toegankelijk zijn. Tenslotte blijkt ook de Plaat van Walsoorden hoog te scoren, doordat deze locatie de mogelijkheid biedt ecologisch waardevol areaal in stand te houden.

Voor elke stortzone zal een afbakening moeten gedefinieerd worden. Gelet op de morfologische ontwikkelingen in de Westerschelde, wordt voorgesteld de afbakening van de vergunde stortzones zo te bepalen dat ze de ruimte biedt om op de wijziging in morfologie te anticiperen/reageren. Een zo ruim mogelijke afbakening van de toekomstige stortzones in combinatie met een aantal restricties (om de verschillende estuariene functies te garanderen) kan hieraan tegemoet komen.

Daarnaast wordt voorgesteld om voor elke stortzone aanbevolen storthoeveelheden vast te leggen. De bepaling van deze hoeveelheden is verschillend voor elk type stortzone en houdt rekening met de verschillende functies die het estuarium vervult.

6 Referenties

- Arcadis.** (2013). Project Veiligheid & Toegankelijkheid: rapport K-16 Ontwikkelingen mesoschaal Westerschelde (factsheets)
- Arcadis.** (2015). PASSENDE BEOORDELING EN NATUURTOETS GEBRUIK PROEFSTORTLOCATIES VAARGEULONDERHOUD WESTERSCHELDE. 148 pp.
- Arcadis Nederland B.V.** (2015). VERKENNINGEN PROEFSTORTZONES WESTERSCHELDE: EERSTE INSCHATTING HAALBAARHEID. 99 pp.
- Beirinckx, K.; Taal, M.; Plancke, Y.; Van den Bergh, E.** (2013). Plan van Aanpak Onderzoek Agenda voor de Toekomst
- Belmans, H.** (1988). Verdiepings- en onderhoudsbaggerwerken in Wester- en Zeeschelde. *Tijdschr. Water*
- Coen, L.; Plancke, Y.; De Maerschalck, B.; Mostaert, F.** (2019). Morfologie Mesoschaal – stortscenario's geulen: deelrapport 13. Stortscenario's hoofd- en nevengeulen. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 14_024_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Coen, L.; Plancke, Y.; De Maerschalck, B.; Mostaert, F.** (S.d.). Agenda voor de Toekomst Morfologie Mesoschaal: Deelrapport 13 – Scenario's morfologisch beheer
- Consortium Arcadis & Technum.** (2007a). Hoofdrapport Milieueffectrapport: verruiming vaargeul Beneden Zeeschelde en Westerschelde. 311 pp.
- Consortium Arcadis & Technum.** (2007b). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde: Basisrapport Morfologie
- Consortium Arcadis & Technum.** (2007c). Verruiming vaargeul - Hoofdrapport Passende Beoordeling. 130 pp.
- Deltares.** (2014). Advies Flexibel Storten
- Deltares; IMDC; Svasek; Arcadis.** (2013). Mitigatie dwarsstroming Zuidergat. LTV V&T - rapport B-25
- Dujardin, A.; Vanlede, J.; De Mulder, T.; Mostaert, F.** (2008). Advies getij-indringing Zeeschelde. *WL Adviezen*, 765/26. Waterbouwkundig Laboratorium: Borgerhout
- eCoast.** (2018). Ecologische validatie plaatrandstortingen - Synthese rapport. 19 pp.
- Het Zeeuwse Landschap; Delta Project Management.** (2016). 7-Eilandenplan Duurzame en korte termijn maatregelen voor het behoud van kustbroedvogels in de Zuidwestelijke Delta. 51 pp.
- Ides, S.; Plancke, Y.** (2008). Determinatieonderzoek plaatrandstortingen: deelrapport 2. Numerieke modellering. *WL Rapporten*, 791/06. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Ides, S.; Plancke, Y.; De Mulder, T.; Mostaert, F.** (2007). Morfologische analyse van de bagger- en stortintensiteitsdata van de Beneden Zee- en Westerschelde van 2000 tot en met 2005. *WL Rapporten*, 791/02. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

- Ides, S.; Plancke, Y.; Peters, J.J.** (2008). Determinatieonderzoek plaatrandstortingen: deelrapport 3. Voorstel stortstrategie. *WL Rapporten*, 791/06. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- IMDC.** (2015). Monitoringprogramma Flexibel Storten - Analyse van stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul - jaarrapport 2014
- IMDC.** (2016a). Monitoringprogramma Flexibel Storten: Deelopdracht 9: Maandrapport Plaatrandstortingen oktober - november 2016
- IMDC.** (2016b). Monitoringprogramma Flexibel Storten: Voortgangsrapportage 2014-2015: Syntheserapport
- IMDC.** (2018). Maandrapport Flexibel Storten februari - maart 2018. 57 pp.
- IMDC; Deltares; Svasek Hydraulics; Arcadis.** (2013). Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie - Gebruik van nevengeulen voor binnenvaart
- Jeuken, C.** (2001). Verificatie van het cellenconcept Westerschelde op basis van historische gegevens
- Jeuken, C.; Vroom, J.; Wang, Z.B.; Depreiter, D.; Holland, G. van; Dam, G.; Poortman, S.; Cleveringa, J.** (2014). Advies flexibel storten
- Lanckriet, T.; Depreiter, D.; van Holland, G.** (2017). Equilibrium-Type Response Model for the Sediment Volume of Dredging and Disposal Areas. *J. Waterw. Port, Coastal, Ocean Eng.* 143(5): 4017030. doi:10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000406
- Plancke, Y.; De Schrijver, M.; Meire, D.; Mostaert, F.** (2017). Overleg Flexibel Storten: deelrapport 20. Analyse van de waterbeweging, het sedimenttransport en de morfologie nabij de Hoge Platen. versie 1.0. *WL Rapporten*, 00_031_20. Rijkswaterstaat, Zee en Delta: Antwerpen; Middelburg. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=292109>
- Plancke, Y.; Ides, S.; Peters, J.J.** (2008a). Determinatieonderzoek plaatrandstortingen: deelrapport 1. Historische morfologische analyse en interpretatie terreinmetingen. *WL Rapporten*, 791/06. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Plancke, Y.; Meire, D.; Mostaert, F.** (2019a). Overleg flexibel storten: deelrapport 31. Stromings- en sedimenttransport metingen ter hoogte van de diepe put van Hansweert. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 00_031_31. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=317491>
- Plancke, Y.; Sas, M.; Heinis, F.; Ides, S.** (2008b). Nota plaatrandstortingen: verruiming vaargeul Westerschelde. *WL Rapporten*, 791_06. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Plancke, Y.; Vos, G.; Ides, S.; Mostaert, F.** (2009). Determinatieonderzoek plaatrandstortingen: ontwikkelingen van arealen op de korte termijn. *WL Rapporten*, 791_06. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Plancke, Y.; Vos, G.; Taverniers, E.; Mostaert, F.** (2011). Overleg flexibel storten: T0 morfologie plaatranden. *WL Rapporten*, 791_08. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Plancke, Y.; Wouters, K.; Meire, D.; Mostaert, F.** (2019b). Agenda voor de toekomst - Morfologie Mesoschaal: Deelrapport 5 – Data-analyse sedimentdynamica ter hoogte van stortingen

Rijksinstituut voor Kust en Zee. (2007). Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43' - MOVE-Rapport 9, deel I: Fysische hypothesen

Rijkswaterstaat Directie Zeeland. (1998). Milieuaspectenstudie baggerspeciastort Westerschelde: Middelburg

Rijkswaterstaat Zeeland; Departement Mobiliteit en Openbare Werken, afdeling M.; Toegang. (2008). Protocol voorwaarden voor flexibel storten – Kwaliteitsparameters. 6 pp.

Schrijver, M.; Plancke, Y. (2015). Monitoringprogramma proefstortlocaties. 34 pp.

Vanlinder, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsen, S.; Van De Moortel, I.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Meire, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2015: factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2015. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://www.vliz.be/nl/open-marien-archief?module=ref&refid=260354>

Wang, Z.B.; Winterwerp, J.C. (2001). Impact of dredging and dumping on the stability of ebb-flood channel systems, *in*: (2001). *2nd IAHR symposium on RCEM*

Winterwerp, J.C.; Jeuken, M.-C.J.L.; van Helvert, M.; Kuijper, C.; van der Spek, A.; Stive, M.J.F.; Thoolen, P.M.C.; Wang, Z.B. (2000). LTV Schelde-estuarium, cluster morfologie

Winterwerp, J.C.; Wang, Z.B.; Stive, M.J.; Arends, A.; Jeuken, C.; Kuijper, C.; Thoolen, P.M.C. (2001). A new morphological schematisation of the Western Scheldt estuary, *in*: (2001). *2nd IAHR symposium on River, Coastal and Estuarine morphodynamics*

Bathy 2015

Diepte [m TAW]
>5
5 - 2.5
2.5 - 1
1 - 0
0 - -1
-1 - -2.5
-2.5 - -5
-5 - -7.5
-7.5 - -10
-10 - -15
-15 - -20
-20 - -25
-25 - -35
-35 - -45
< -45

Bijlage B – resultaten verkenning locaties proefstortingen

In de onderstaande tabellen worden de resultaten getoond voor de verschillende proefstortzones in de Westerschelde. Deze tabel zijn overgenomen uit (Arcadis Nederland B.V., 2015).

Tabel 4.1 Overzichtstabel met de beoordeling voor alle aspecten voor proefstortzones in Cluster A.

	Naam	Veiligheid	Toegankelijkheid				Natuurlijkheid				Uitvoerbaarheid					
		Invoed hoogwaterveiligheid (geulwand/voorland)	Nautische effecten nevengeulen	Nautische effecten hoofdgeulen	Invoed (nood) ankergebieden	Westerscheldenhavens en -sluizen (effect op sedimentatie)	Kortetermijneffecten	Langetermijneffecten	Invoed meergeulen-stelsel	Morfologische diversiteit	Sedimentbehoefte	Beschikbaar stortvolume	Kosteneffectiviteit Techniek	Kosteneffectiviteit Vaarstand	Aanwezigheid obstakels	Invoed op havenstortlocaties
Cluster A.																
1	Diepe put Hansweert	0	0	0	?	0	0	0	?	0	?	++	+	++	0	?
2	Inloop Ossensisse	0	?	?	?	?	0	0	0	0	+	++	+	+	0	?
3	Pas van Terneuzen	0	0	0	0	?	0	0	0	0	+	++	+	+	+	?
4	Diepe put Borssele	0	0	?	?	0	0	0	0	0	0	++	+	+	0	0
5	Diepe put Honte	0	0	?	0	0	0	0	?	0	-	++	+	-	0	?

Tabel 4.2 Overzichtstabel met de beoordeling voor alle aspecten voor proefstortzones in Cluster B.

	Naam	Veiligheid	Toegankelijkheid				Natuurlijkheid					Uitvoerbaarheid				
		In/loed hoogwaterveiligheid (geulwand/voorland)	Nautische effecten nevengeulen	Nautische effecten hoofdgeulen	In/loed (nood) ankergebieden	Westerscheldenhavens en –sluizen (effect op sedimentatie)	Kortetermijn effecten	Langetermijn kansen	In/loed meergeulen- stelsel	Morfologische diversiteit	Sedimentbehoefte	Beschikbaar stortvolume	Kostenefectiviteit Techniek	Kostenefectiviteit Vaarstand	Aanwezigheid obstakels	In/loed op havenstortlocaties
Cluster B.																
6	Plaatrand Saeftinghe	0	0	-	0	0	-	+	0	-	+	-	-	++	-	0
7	Appelzak	0	0	0	0	0	-	+	-	?	+	0	-	+	-	0
8	Valkenisse Zuid	0	?	-	0	0	-	+	0	0	+	0	-	+	-	0
9	Baarland oost	0	0	-	0	0	-	+	0	0	-	0	-	+	0	0
10	Suikerplaat	0	0	0	0	0	-	+	0	0	+	+	-	-	0	0
14	De Bol	0	0	0	0	0	-	+	0	0	0	-	-	-	0	0

Tabel 4.3 Overzichtstabel met de beoordeling voor alle aspecten voor proefstortzones in Cluster C.

	Naam	Veiligheid	Toegankelijkheid				Natuurlijkheid					Uitvoerbaarheid				
		Invoed hoogwaterveiligheid (geulwand/voorland)	Nautische effecten nevengeulen	Nautische effecten hoofdgeulen	Invoed (nood) ankergebieden	Westerscheldenhavens en –sluizen (effect op sedimentatie)	Kortetermijneffecten	Langetermijneffecten	Invoed meergeulen-stelsel	Morfologische diversiteit	Sedimentbehoefte	Beschikbaar stortvolume	Kosteneffectiviteit Vaarstand	Kosteneffectiviteit Techniek	Aanwezigheid obstakels	Invoed op havenstortlocaties
Cluster B.																
11	Geul van Borssele	+	0	0	0	0	-	+	0	-	+	0	-	?	-	0
12	Schaar van Ossensisse	+	0	0	0	0	-	+	0	-	?	-	+	+	-	0
13	Ossensisse oost	0	0	+	0	?	-	+	0	-	+	?	+	+	0	0

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