



Vlaanderen
is wetenschap



14_025_8
WL rapporten

Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde

Deelrapport 8 – Samenvatting

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be



Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde

Deelrapport 8 – Samenvatting

Plancke, Y.; Van Braeckel, A.; Cox, T.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

Maart 2016

WL2016R14_025_8

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.;Van Braeckel, A.;Cox, T.;Verwaest, T.;Mostaert, F. (2016). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 8 – Samenvatting. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium, Antea Group, INBO en Universiteit Antwerpen : Antwerpen, België.



DEPARTEMENT **MOBILITEIT EN OPENBARE WERKEN**

Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

mow.vlaanderen.be

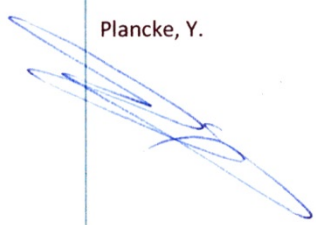
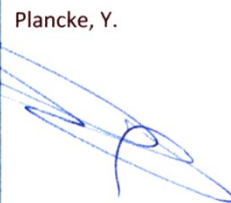
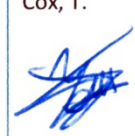
waterbouwkundiglaboratorium.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 8 – Samenvatting		
Opdrachtgever:	VNSC	Ref.:	WL2016R14_025_8
Keywords (3-5):	Sediment, stortstrategie, Beneden-Zeeschelde		
Tekst (p.):	20	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Ja	Uitzondering:	☒ Opdrachtgever
			☐ Intern
			☐ Vlaamse overheid
	☐ Nee	☐ Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur	Revisor	Projectleider	Coördinator Studie & Advies	Afdelingshoofd
Plancke, Y.	Van Braeckel, A.	Plancke, Y.	Verwaest, T.	Mostaert, F.
	 Cox, T.			
				

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1.0	13/01/2016	Conceptversie	Plancke, Y.
2.0	08/02/2016	Revisie opdrachtgever	Beirinckx, K.; Roose, F.; Meersschaut, Y.
3.0	26/02/2016	Inhoudelijke revisie	Van Braeckel, A.
3.1	07/03/2016	Inhoudelijke revisie	Cox, T.
4.0	11/03/2016	Definitieve versie	Plancke, Y.

Abstract

De studie "Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde" werd in het kader van de Agenda voor de Toekomst uitgevoerd door het Waterbouwkundig laboratorium in samenwerking met Antea Group, Instituut voor Natuur en Bosonderzoek en de Universiteit Antwerpen. Binnen deze studie werd onderzoek uitgevoerd om invulling te geven aan de toekomstige stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde. Uitgaande van de huidige strategie binnen de vigerende stortvergunningen, werd naar een optimalisatie gezocht die rekening houdt met de uitdagingen die geïdentificeerd werden binnen de Agenda voor de Toekomst.

Het onderzoek geeft aan dat een aantal alternatieve locaties mogelijk zijn om een deel van de onderhoudsbaggerspecie terug te storten en die zo een potentieel positieve bijdrage leveren aan de vooropgestelde doelstellingen. Voor de slibrijke specie wordt het terugstorten ter hoogte van de Ketelputten als potentieel positief geïdentificeerd, terwijl het terugstorten van zandige specie ter hoogte van de Parelputten als potentieel positief geïdentificeerd.

In voorliggend rapport worden de belangrijkste resultaten van de studie samengevat.

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel.....	I
Lijst van de tabellen.....	II
lijst van de figuren	III
1 Inleiding	1
1.1 Situering.....	1
1.2 Onderliggende rapporten.....	1
2 Baggeren en storten in de Beneden-Zeeschelde.....	2
2.1 Bagger- en storttechnieken	2
2.2 Overzicht locaties	3
2.3 Overzicht bagger- en storthoeveelheden.....	3
3 Methodologie	5
3.1 Numerieke stromings- en sedimentmodellen.....	5
3.1.1 Modelbeschrijving	5
3.1.2 Waterbeweging	6
3.1.3 Cohesief sediment (“slib”)	6
3.1.4 Niet-cohesief sediment (“zand”)	7
3.2 Ecologische modellen	7
3.2.1 Sedimentatie.....	7
3.2.2 Primaire productie.....	8
3.2.3 Ecotopen.....	9
4 Resultaten.....	10
4.1 Slibscenario’s	10
4.1.1 Beschrijving scenario’s.....	10
4.1.2 Effecten op slibconcentratie.....	11
4.1.3 Effecten op sedimentatie	14
4.1.4 Effecten op primaire productie	14
4.2 Zandsenario’s	15
4.2.1 Beschrijving scenario’s.....	15
4.2.2 Effecten op zandtransport.....	16
4.2.3 Effecten op ecotopen	18
5 Conclusies	19
6 Referenties	20

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1 – Overzicht slibscenario's (getallen geven percentage weer van totale hoeveelheid die op deze locatie wordt gestort).....	10
---	----

LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1 – Sleephopperzuiger (links) en sweepbeam (rechts) Bron: www.scheepvaartwest.be	2
Figuur 2 – Overzicht bagger- (oranje polygonen) en stortlocaties (groene polygonen)	3
Figuur 3 – Overzicht jaarlijkse baggerhoeveelheden per baggerlocatie	4
Figuur 4 – Overzicht jaarlijkse storthoeveelheden per stortlocatie voor zand (boven) en slib (onder)	4
Figuur 5 – Modelgrid van het Delft3D NEVLA-model (groen) en het studiemodel (rood).....	5
Figuur 6 – Verloop gemeten (oranje) en gesimuleerde (blauw) sedimentconcentratie tijdens een periode met intensieve stortingen (individueel (groen) en cumulatief (paars)) te Oosterweel. De dikke vloeiende lijn geeft de getijgemiddelde sedimentconcentratie weer.	6
Figuur 7 – Vergelijking zandtransport model (rood) en metingen (blauw) voor Oosterweel (links) en Kruibeke (rechts).....	7
Figuur 8 – Overzicht ligging stortlocaties voor de verschillende slibscenario's	11
Figuur 9 – Lengteprofiel Westerschelde – Zeeschelde met 5 ^{de} , 50 ^{ste} en 95 ^{ste} percentiel voor de absolute (boven) sedimentconcentratie en relatieve veranderingen ten opzichte van S421 voor het 50 ^e percentiel sedimentconcentratie (onder)– volledige simulatieperiode (gekleurde verticale lijnen geven ligging weer van de stortlocaties langsheen het lengteprofiel)	12
Figuur 10 – Relatieve invloed (-) van de alternatieve stortlocatie (Appelzak) op de totale slibconcentratie TIM ten opzichte van de huidige stortlocatie (Plaat van Boomke) (<1: daling TIM; >1: stijging TIM) in de Beneden-Zeeschelde [IMDC, 2013a].....	13
Figuur 11 – Overzicht van de gebruikte stortvakken binnen de zandsenario's.....	16
Figuur 12 – Vergelijking sedimenttransportcapaciteit voor en na de storting van 2 Mm ³ voor locatie Schaar van Ouden Doel.....	17
Figuur 13 – Vergelijking sedimenttransportcapaciteit voor en na de storting van 2 Mm ³ voor locatie Parelputten.....	18

1 INLEIDING

1.1 Situering

Om de toegankelijkheid naar de Scheldehavens te kunnen garanderen dienen quasi continu onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd te worden. Om deze werken uit te voeren zijn vergunningen nodig. Voor de Westerschelde werd in 2013 een verlenging van de benodigde vergunningen aangevraagd, die in 2014 werd toegekend. Hierdoor zijn de bagger- en stortactiviteiten in het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium vergund tot februari 2022.

Voor het Vlaamse deel van het estuarium, de Beneden-Zeeschelde, lopen de huidige onderhoudsvergunningen nog tot december 2017. Momenteel wordt zandige specie teruggestort in de Schaar van Ouden Doel (waar ook zandwinning plaatsvindt) en slibrijke specie ter hoogte van de Punt van Melsele (linkeroever) en Plaat van Boomke, Oosterweel en Vlake van Hoboken (rechteroever). Ten behoeve van een nieuwe vergunning vond onderzoek plaats om de stortstrategie zo optimaal mogelijk in te vullen, rekening houdend met toekomstige ontwikkelingen zoals zandwinstrategie, aanleg Oosterweeltunnel en risico op regime shift.

Voorliggend rapport beschrijft op een beknopte manier de resultaten van de verschillende onderzoeken die in het kader van de studie “Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde” plaatsvonden. Deze zullen worden gebruikt om uiteindelijk tot de optimale invulling te komen van de toekomstige stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde.

1.2 Onderliggende rapporten

De studie “Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde” werd in het kader van de Agenda voor de Toekomst¹ uitgevoerd door het Waterbouwkundig laboratorium in samenwerking met Antea Group, Instituut voor Natuur en Bosonderzoek en de Universiteit Antwerpen. De resultaten van de studie worden beschreven in 8 deelrapporten:

- DR 1. Opzet en validatie slibmodel
- DR 2. Opzet en validatie zandmodel
- DR 3. Slibscenario's.
- DR 4. Zandscenario's
- DR 5. Wijziging sedimentatie ter hoogte van baggerlocaties en slikken en schorren
- DR 6. Effecten op primaire productie van verschillende scenario's voor het teruggestorten van slib
- DR 7. Ecologische effect inschatting van de verschillende zandstortscenario's
- DR 8. Samenvatting

¹ De Agenda voor de Toekomst is een Vlaams-Nederlands onderzoeksprogramma binnen de Werkgroep Onderzoek en Monitoring van de VNSC waarbinnen de prioritaire onderzoeksthema's onderzocht worden, volgend uit de evaluatie van het verdrag Beleid & Beheer (<http://www.vnsc.eu/agenda-voor-de-toekomst/>).

2 BAGGEREN EN STORTEN IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE

In de Beneden-Zeeschelde wordt specie gebaggerd om de toegankelijkheid tot de haven van Antwerpen te kunnen garanderen. Deze onderhoudsspecie wordt zowel in de vaargeul ("drempels"), in het Deurganckdok als in de verschillende toegangsgeulen tot de sluizen gebaggerd. Het gebaggerde sediment wordt teruggestort in de Beneden-Zeeschelde. Ook achter de sluizen vinden onderhoudsbaggerwerken plaats, doch deze specie wordt vandaag de dag nauwelijks terug in de Schelde gebracht.

2.1 Bagger- en storttechnieken

De onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde gebeuren met behulp van enerzijds sleeppopperzuigers (vaargeul, toegangsgeulen, centrale deel Deurganckdok) en anderzijds een ploeg of sweepbeam (nabij kaaimuren, toegangsgeulen) (zie Figuur 1).

Een sleeppopperzuiger (Trailing Suction Hopper Dredger, TSHD) is een zelfvarend baggerschip dat door middel van pompen het sediment van de bodem opzuigt en in een eigen ruim ("beun") opvangt. Het opzuigen gebeurt door één of twee zuigbuizen die zich op de bodem bevinden en waar op het uiteinde een sleepkop het sediment van de bodem loswoelt. Bij zanderige specie zal het sediment vrij snel bezinken in het beun en kan het overtollige water overvloeien om een maximale vulling te bekomen. Bij slibrijke specie zal het sediment quasi niet bezinken en zal er geen overvloed plaatsvinden. Wanneer het beun vol zit, zal het schip zelf naar de stortlocatie varen, waar het het sediment kan lossen. In het Schelde-estuarium gebeurt dit quasi uitsluitend door middel van het storten via de kleppen, i.e. deuren onderaan het schip die geopend worden zodat het sediment kan bezinken op de bodem ter hoogte van de aangewezen stortlocatie. Naast deze techniek kan men ook het sediment lossen via leidingen (verbonden met sproeiopontoon of locatie aan de wal) of rainbowen. Deze technieken worden echter zo goed als niet toegepast in de Beneden-Zeeschelde.

Een ploeg (sweepbeam) maakt gebruik van een balk die over de bodem wordt gesleept om het sediment lokaal te verplaatsen. De balk kan uitgerust zijn met jets die water en/of lucht kunnen injecteren in de bodem om het sediment te fluïdiseren. Deze techniek verplaatst het sediment over korte afstanden nabij de bodem en wordt met name ingezet nabij kaaimuren waar het onmogelijk is om met een sleeppopperzuiger te werken omwille van het risico op beschadiging van de kaaimuren en/of bodembescherming.



Figuur 1 – Sleeppopperzuiger (links) en sweepbeam (rechts)

Bron: www.scheepvaartwest.be

2.2 Overzicht locaties

Figuur 2 geeft een overzicht van de belangrijkste bagger- en terugstortlocaties in de Beneden-Zeeschelde. De belangrijkste baggerlocaties zijn enerzijds de drempels in de vaargeul (cfr. drempel van Zandvliet, drempel van Frederik) en anderzijds de stroomluwe dokken en toegangsgeulen tot de sluisen (Deurganckdok, toegangsgeulen tot Zandvliet- en Berendrechtsluis, Boudewijn en Van Cauwelaertsluis en Kallosluis).

De terugstortlocaties kunnen onderverdeeld worden volgens type sediment dat er teruggestort wordt: in de Schaar van Ouden Doel wordt zanderige specie teruggestort, terwijl ter hoogte van Punt van Melsele en Oosterweel slibrijke specie wordt teruggestort. Daarnaast zijn er stortzones aanwezig in de diepe delen in de vaargeul ter hoogte van Kallosluis en Boudewijn en Van Cauwelaertsluis (Ketelputten).

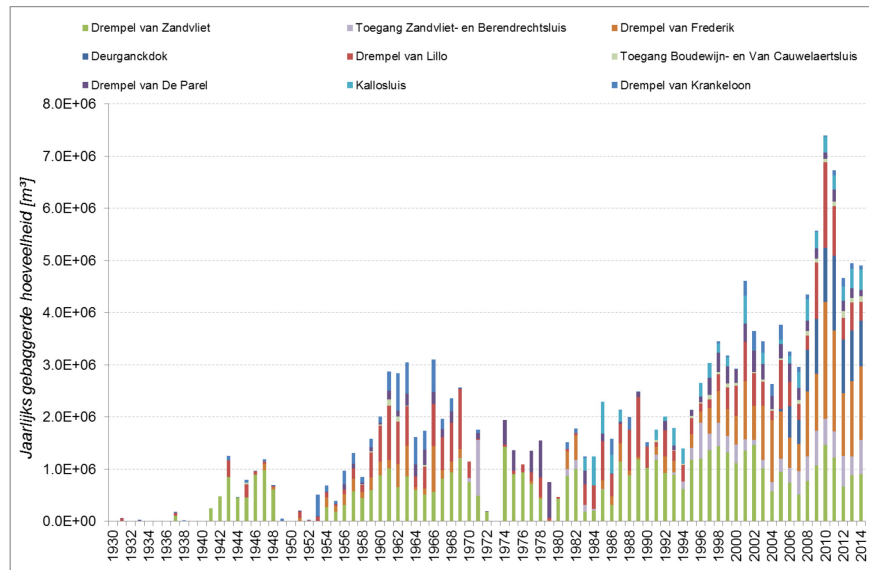


Figuur 2 – Overzicht bagger- (oranje polygonen) en stortlocaties (groene polygonen)

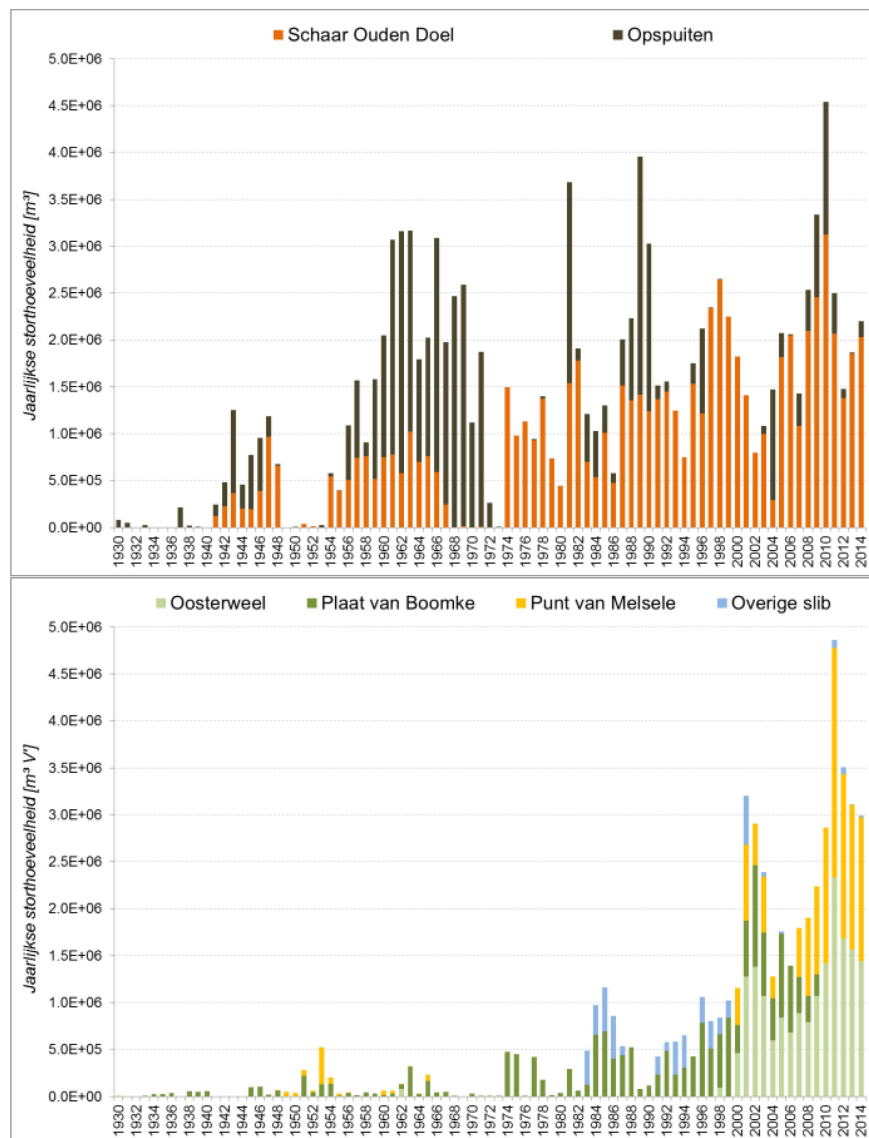
2.3 Overzicht bagger- en storthoeveelheden

De bagger- en storthoeveelheden worden sinds het begin van de werken geregistreerd. Figuur 3 geeft de jaarlijkse baggerhoeveelheden per baggerlocatie weer, terwijl Figuur 4 de jaarlijkse storthoeveelheden opgesplitst in zand en slib weergeeft (bron: “baggerstatistiek”). Voor zand worden de beunvolumes weergegeven, en voor slib worden de gereduceerde volumes V' getoond. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de commerciële sedimentonttrekking die plaatsvindt in de Schaar van Ouden Doel hier niet in is opgenomen.

Voor 1950 bleef de baggerinspanning beperkt (maximaal 1 Mm^3 beunvolume zand per jaar). Na de eerste verruiming in de jaren 1960 nam het onderhoudsvolume op Vlaamse grondgebied toe tot 1 à 1,5 Mm^3 beunvolume zand per jaar en 0,5 à 1 Mm^3 V' slib per jaar. Na de tweede verruiming eind jaren 1990 steeg het onderhoudsvolume verder met een verhoging in 2005 na de opening van Deurganckdok tot 1,5 à 2,5 Mm^3 beunvolume zand per jaar en 2 à 3 Mm^3 V' slib per jaar. In 2010-2011 werd een tijdelijk maximum bereikt dat toe te schrijven is aan de 3^e verruiming van de vaargeul en het op diepte brengen van Deurganckdok (baggerdiepte TAW -17,0 m (aanlegdiepte dok), daar waar dit tot 2010 eerder TAW -15,5 m was).



Figuur 3 – Overzicht jaarlijkse baggerhoeveelheden per baggerlocatie



Figuur 4 – Overzicht jaarlijkse storthoeveelheden per stortlocatie voor zand (boven) en slib (onder)

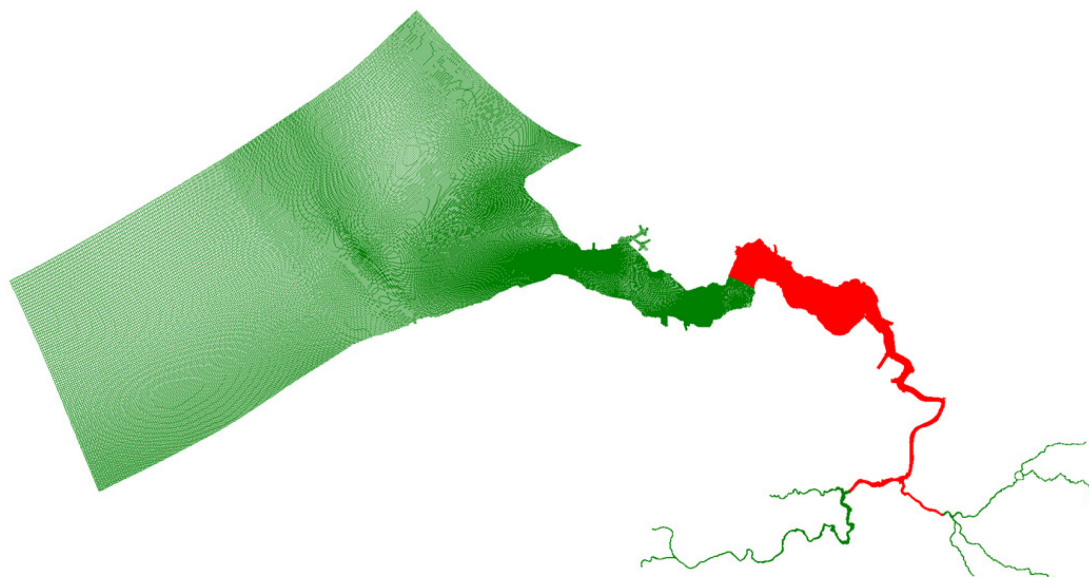
3 METHODOLOGIE

Om tot de optimale invulling te komen van de toekomstige stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde werd gebruik gemaakt van modellen. Enerzijds werden complexe numerieke modellen gebruikt om de effecten op de water- en sedimentbeweging in beeld te brengen, anderzijds werden empirische modellen gebruikt om deze veranderingen door te vertalen naar de ecologie. In volgende paragrafen wordt een bondige beschrijving gegeven van de modellen die in het kader van deze studie werden ingezet, voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar de onderliggende deelrapporten.

3.1 Numerieke stromings- en sedimentmodellen

3.1.1 Modelbeschrijving

Het numeriek 2D-model gebruikt in deze studie is een detailmodel van de Beneden-Zeeschelde dat geknipt is uit het zogenaamde NEVLA-model [Verheyen *et al.*, 2012 en Maximova *et al.*, 2013]. Het detailmodel heeft een afwaartse rand ter hoogte van Ossensisse (debietraai 6 van RWS). De opwaartse randen zijn gelegen ter hoogte van Tielrode op de Zeeschelde en ter hoogte van Terhagen op de Rupel (Figuur 5). Deze randen zijn gelegen op circa 20 km van de uiterste stortlocaties.



Figuur 5 – Modelgrid van het Delft3D NEVLA-model (groen) en het studiemodel (rood)

Het rekenrooster van het gebruikte detailmodel is 3 x 3 keer fijner dan dit van het oorspronkelijke NEVLA-model. De grootte van een rekencel ter hoogte van Schaar van Ouden Doel (lengte x breedte) bedraagt circa 26 m x 18 m. Ter hoogte van het Deurganckdok bedraagt een grootte van een gridcel circa 16 m x 18 m, en ter hoogte van Kruibeke circa 30 m x 14 m. De topo-bathymetrie van de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde is gebaseerd op metingen van 2011 aangeleverd door respectievelijk Rijkswaterstaat en Vlaamse Hydrografie. De bathymetrie van de intertidale gebieden is gebaseerd op LIDAR-metingen van 2011. TAW is gebruikt als verticaal referentievlak. De bathymetrie van het Deurganckdok is bepaald op basis van de waarde van de oorspronkelijke diepte van het dok.

De opgelegde tijdreeksen aan de op- en afwaartse randen van het model zijn afkomstig uit een simulatie met het NEVLA-model. De simulatieperiode omvat twee representatieve springtij-doodtij-cycli (van 24/09/2009 tot 24/10/2009). Aan de afwaartse rand van het model wordt een tijdreeks van waterstanden opgelegd, aan de opwaartse randen te Tielrode en Terhagen wordt een tijdreeks van 10-minuutelijkse debieten opgelegd. De tijdstap die gebruikt werd, bedraagt 0,05 min (3 sec), wat resulteert in een Courantgetal over het volledige modelgrid kleiner dan 15, en zelfs grotendeels kleiner dan 10.

De berekeningen van het sedimenttransport zijn uitgevoerd met het Delft3D 'SEDonline' model, waarbij het sedimenttransport simultaan met de hydrodynamica berekend wordt. Aangezien de Beneden-Zeeschelde wordt gekarakteriseerd door sedimenttransport van zowel slib als zand, werd gekozen om de scenario's te onderzoeken met verschillende modellen, die het meest geschikt zijn. Binnen deze modellen zou enerzijds gerekend worden met louter de cohesieve fractie ("slib"), terwijl anderzijds een model met louter de niet-cohesieve fractie ("zand") zou worden opgezet. Een aantal deskundigen (o.a. Commissie Monitoring Westerschelde) benadrukten het belang van beide fracties en de onderlinge interactie. Hierop werd dan ook besloten om beide fracties mee te nemen. Bij de modelkalibratie werd wel een traject gevolgd waarbij enerzijds specifiek gefocust werd op de cohesieve slibfractie (zie § 3.1.3) en anderzijds op de niet-cohesieve zandfractie (zie § 3.1.4).

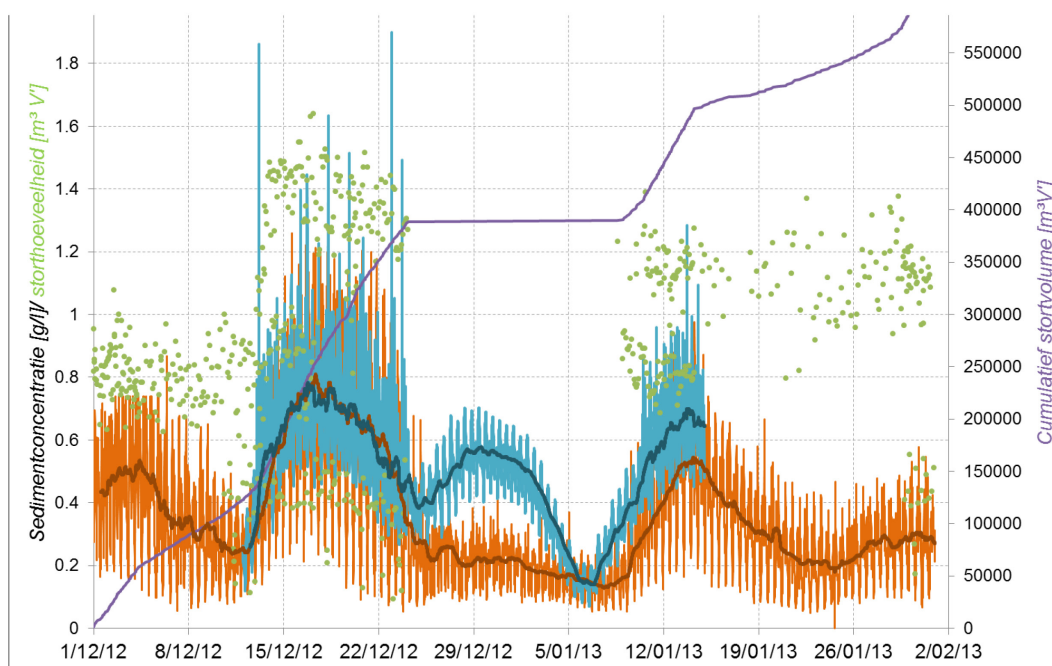
3.1.2 Waterbeweging

De waterbeweging werd uitgebreid gekalibreerd en gevalideerd voor het NEVLA-model. Bij vergelijking met het detailmodel, bleken de afwijking tussen beide modellen zeer gering te zijn. Er werd dan ook geen specifieke kalibratie uitgevoerd voor het detailmodel voor wat betreft de waterbeweging.

3.1.3 Cohesief sediment ("slib")

In het model dienen een aantal sedimentkarakteristieken opgelegd te worden. Aangezien de keuze van deze waarden onderdeel uitmaken van de kalibratie/validatie van het model, werden slechts een aantal parameters constant (cfr. droge en specifieke dichtheid, korrelgrootte zandfractie) gehouden. De overige modelparameters (o.a. valsnelheid, kritische erosieschuifspanning en erosieparameter) werden gevarieerd in een gevoeligheidsanalyse om also het effect ervan op de slibconcentratie in beeld te krijgen. Deze gesimuleerde waarden werden tevens vergeleken met de beschikbaar metingen in het studiegebied.

Specifiek voor deze studie werd een aanvullende kalibratie uitgevoerd: hiervoor werd een periode gekozen waarbij eerst zeer intensief slib werd teruggestort, en vervolgens geen stortingen plaatsvonden (Figuur 6). Op basis van deze kalibratie werd besloten om naast de zandfractie, 2 slibfracties in het model te gebruiken: één fractie die representatief is voor vlokken, en één fractie die representatief is voor de individuele slibdeeltjes. Een uitgebreide beschrijving van de kalibratie alsook de finale modelinstellingen kan teruggevonden worden in deelrapport 1 [Coen *et al.*, 2015a]. Op basis van deze uitgebreide validatie kan besloten worden dat het model, ten behoeve van de scenarioberekeningen, in staat is de sedimenttransport processen goed te reproduceren.

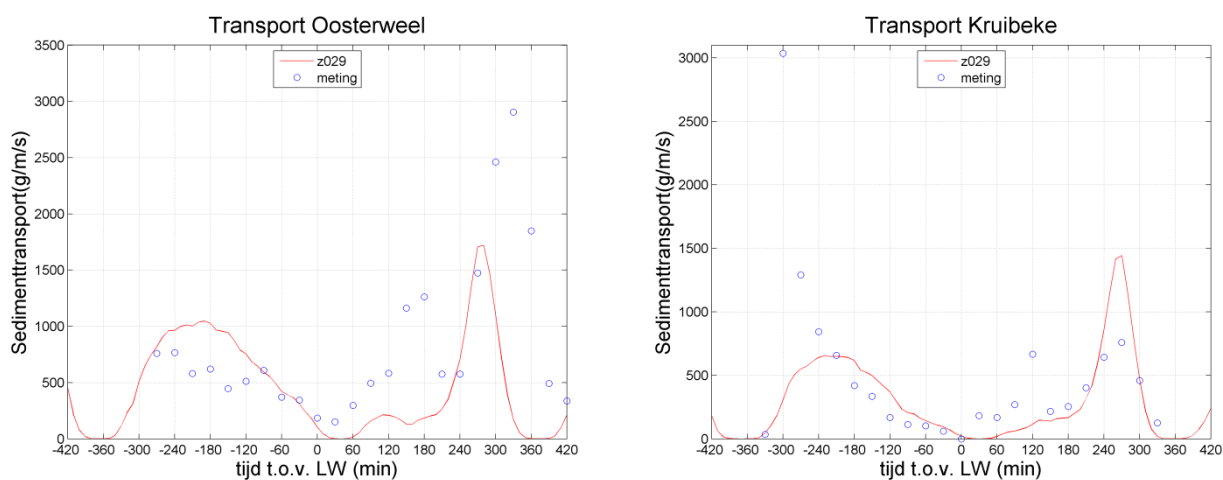


Figuur 6 – Verloop gemeten (oranje) en gesimuleerde (blauw) sedimentconcentratie tijdens een periode met intensieve stortingen (individueel (groen) en cumulatief (paars)) te Oosterweel. De dikke vloeiende lijn geeft de getijgemiddelde sedimentconcentratie weer.

3.1.4 Niet-cohesief sediment (“zand”)

Ook voor de zandfractie dienen een aantal modelinstellingen (o.a. sedimenttransport formule, aantal fracties, korrelgrootte,...) gekozen worden. Ook hier werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om alzo het effect ervan op het zandtransport in beeld te krijgen. In tegenstelling tot de sedimentconcentratie, is het aantal meetgegevens specifiek voor het zandtransport zeer beperkt. Desalniettemin, werden de modelresultaten vergeleken met de beschikbare meetgegevens om tot de finale modelinstellingen te komen (Figuur 7).

Om de effecten van het terugstorten van zand in beeld te brengen, kan de verspreiding van de gestorte specie als bodemveranderingen in het model gesimuleerd worden. Het bestaande zandtransportmodel werd dan ook uitgebreid tot een morfologisch model waarin deze bodemveranderingen gesimuleerd werden. In het verleden werd dergelijke exercitie nog niet voor de Beneden-Zeeschelde uitgevoerd. Uit de validatie bleek echter dat het model niet in staat was om de in realiteit optredende sedimentatie-erosie patronen te reproduceren, noch ruimtelijk, noch qua grootte. Op basis hiervan is beslist om de effecten van het terugstorten van zand niet morfologisch te onderzoeken, maar door een interpretatie van de veranderingen in sedimenttransporten die door het model berekend worden. Deze worden beschreven in deelrapport 2 [Vos *et al.*, 2016a].



Figuur 7 – Vergelijking zandtransport model (rood) en metingen (blauw) voor Oosterweel (links) en Kruibeke (rechts)

3.2 Ecologische modellen

3.2.1 Sedimentatie

De wijziging van stortlocaties in de verschillende scenario's leidt mogelijks tot een wijziging in de sedimentatie op enerzijds de huidige baggerlocaties, en anderzijds ter hoogte van intergetijdengebieden, de slikken en schorren. Uit vroegere studies [o.a. IMDC, 2011] is gebleken dat de huidige complexe numerieke modellen niet in staat zijn om de sedimentatie ter hoogte van deze gebieden met een aanvaardbare nauwkeurigheid te voorspellen. Ook het binnen voorliggende studie gebruikte model bleek niet in staat deze morfologische veranderingen op de mesoschaal goed te reproduceren. Om alsnog een betrouwbare uitspraak te kunnen doen, is ervoor geopteerd om op basis van een aantal empirische modellen een inschatting te maken van de sedimentatie ter hoogte van baggerlocaties en intergetijdengebieden in het studiegebied. Deze modellen werden in het kader eerdere studies uitgebreid gevalideerd.

Voor de baggerlocaties wordt op basis van de wijziging in sedimentconcentratie per scenario een inschatting gemaakt van de wijziging in sedimentatie ten opzichte van het huidige stortscenario. Deze methode is gebaseerd op de gebruikte formule voor afzetting van cohesief sediment (Krone, 1962), waarbij de afzettingssnelheid evenredig is met de sedimentconcentratie (nabij de bodem). Bij hogere sedimentconcentratie, zal er dus meer sediment kunnen afzetten.

Per scenario wordt de verhouding berekend tussen de gemiddelde sedimentconcentratie over de volledige simulatieperiode, ter hoogte van een baggerlocatie ten opzichte van de referentietoestand (het huidige stortscenario). De relatieve verandering wordt per locatie vermenigvuldigd met de gemiddelde baggerhoeveelheid over de periode 2012-2013² voor die locatie. Hiermee wordt een “gewicht” toegekend per baggerlocatie. Deze totalen worden opgeteld en procentueel uitgedrukt ten opzichte van de totale baggerhoeveelheid over de verschillende baggerlocaties over de periode 2012-2013.

Ter hoogte van intergetijdengebieden wordt gebruik gemaakt van het empirisch ophogingsmodel uit Vandenbruwaene et al. (2011). Dit model is gebaseerd op een empirische relatie tussen de ophogingssnelheid en de gemiddelde waterdiepte. Het oorspronkelijke ophogingsmodel werd in [Vandenbruwaene *et al.*, 2015] verder geoptimaliseerd om de ophoging in intergetijdengebieden te kunnen voorspellen. Binnen deze studie is ervoor gekozen een aantal representatieve schorren te beschouwen, en niet elk specifiek schor afzonderlijk te beschouwen. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar deelrapport 5 [Coen *et al.*, 2015c]. In Van Braeckel et al. (2015) zijn de voorspelde waardes vergeleken met sedimentatie/erosiemetingen in o.a. Ketenisse.

3.2.2 Primaire productie

Zoals in elk troebel estuarium is primaire productie in de Schelde grotendeels lichtgelimiteerd. De lichtbeschikbaarheid wordt bepaald door de hoeveelheid slib in suspensie. Bijgevolg zal een verandering in slibconcentraties zich doorvertalen in een verandering in primaire productie. Om dit effect door te rekenen voor de verschillende scenario's van het terugstorten van slibrijke specie wordt het ecosysteemmodel gebruikt dat terug gaat op het MOSES model [Soetaert en Herman, 1994] en dat in opeenvolgende projecten met specifieke doelstellingen aangepast werd. In het kader van het voorliggende project en van het parallel lopende project “duurzaam beheersplan voor de Boven-Zeeschelde” wordt een nieuwe implementatie en parameterisatie uitgevoerd, in overeenstemming met de huidige kennis van het ecosysteemfunctioneren. Met dit model kan het effect op primaire productie van verschillende strategieën voor het terugstorten van baggerspecie dynamisch doorgerekend worden [Van Engeland *et al.*, 2015].

Het modeldomein reikt van Melle tot Vlissingen. Concentraties en debieten aan de zijrivieren worden opgedrukt als randcondities. De groei van fytoplankton wordt gesimuleerd als afhankelijk van nutriëntenbeschikbaarheid (DIN, PO₄ en DSI), lichtbeschikbaarheid en temperatuur. De fotosynthese wordt geïntegreerd over de fotische diepte (berekend uitgaande van SPM-concentraties). Deze wordt berekend met een klassieke Plattformulering voor lichtafhankelijkheid van fotosynthese, gebruik makend van fotosynthetische parameters afgeleid uit directe metingen in het kader van OMES en MONEOS. Zoöplankton predeert op fytoplankton met een graassnelheid die afhankelijk is van totale zoöplankton biomassa en van temperatuur. Een deel van het begraasde fytoplankton wordt geïncorporeerd in nieuwe zoöplankton biomassa. Horizontaal transport wordt gesimuleerd met behulp van een tijgemiddeld advectie-dispersie model dat gekalibreerd is op opgemeten saliniteit [Van Engeland *et al.*, 2015].

Om de impact van verschillende stortscenario's op een dynamische manier door te vertalen naar primaire productie, werden de simulatieresultaten van het slibmodel (zie § 3.1.3) gebruikt om de opgedrukte SPMconcentraties in het ecosysteemmodel te herschalen. Hiertoe werd eerst het gemiddelde over de eerste springtij-doodtij cyclus berekend van de verhouding van de gesimuleerde SPM-concentratie in de verschillende stortscenario's ten opzichte van het referentiescenario. De uitvoerpunten van het slibmodel werden geprojecteerd op de boxen van het ecosysteemmodel, en lineair geïnterpoleerd voor enkele boxen waarin geen uitvoerpunt beschikbaar was. Deze correctiefactoren werden vervolgens toegepast op de SPM-forcings die opgedrukt worden op elke modelbox. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar deelrapport 6 [Cox *et al.*, 2016].

² De periode 2012-2013 wordt binnen deze studie beschouwd als representatief voor de nabije toekomst. Uit de recente gegevens voor het jaar 2014, blijkt deze aanname geldig te zijn voor 2014.

3.2.3 Ecotopen

Waar het terugstorten van slib voornamelijk de primaire productie kan beïnvloeden, zal het terugstorten van zand een invloed kunnen hebben op de lokale morfologie en daar uit voortvloeiend de ecotopen. Om het effect hiervan voor de verschillende scenario's te begroten, worden per kansrijk scenario de veranderingen in ecotopen in beeld gebracht. Hiervoor wordt uit de numerieke modelbodems van de verschillende stortscenario's een verschilbodem berekend ten opzichte van het referentiescenario. Deze verschilgrids worden gecombineerd met het gedetailleerd waterdiepteraster (1x1m) dat de basis vormde voor de Ecotopenkaart van de Beneden-Zeeschelde 2013 [Van Braeckel A. & Elsen R. in Van Ryckegem et al. 2015]. Hieruit worden de waterdiepteklassen per scenario afgeleid. Deze dieptekaarten dienen vervolgens gecombineerd te worden met een kwalitatief oordeel (i.e. hoog- of laagdynamisch) om tot een ecotopenkaart te komen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de stroomsnelheidsdata uit de scenarioberekeningen. Vergelijkbaar zoals in Habitatmapping Zeeschelde [Van Braeckel *et al.*, in voorbereiding] wordt het ecologisch waardevol laagdynamisch areaal afgelijnd op basis van een maximale vloedsnelheid van 0.9 m/s in zones met een maximale waterdiepte van 5 meter. Deze gebieden hebben de hoogste kans op hoge macrobenthosdensiteiten. Verder is op basis van monitoringsgegevens en expert judgement nagegaan welke effecten de veranderingen van ecotopen kunnen hebben op de overwinterende watervogels. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar deelrapport 7 [Van Braeckel *et al.*, 2016].

4 RESULTATEN

4.1 Slibscenario's

4.1.1 Beschrijving scenario's

In de eerste fase van de studie werden een aantal “extreme” terugstortscenario's gedefinieerd. Hierbij werd de totale terug te storten sedimenthoeveelheid op één of twee locaties in het estuarium gestort. Het referentiescenario is de huidige stortstrategie waarbij slibrijke specie teruggestort wordt ter hoogte van Oosterweel en Punt van Melsele. Daarnaast zijn drie alternatieve scenario's gedefinieerd. Een uitgangspunt is het beperken van de verstoring in sedimenthuishouding door sediment terug te storten in de nabije omgeving van de baggerlocaties. Tevens beoogt de invulling van deze scenario's het risico op een mogelijke regime shift [Winterwerp, 2013] te reduceren. Recent onderzoek binnen het kader van de Agenda voor de Toekomst [Schramkowski *et al.*, 2016] geeft aan dat het gedrag inzake sedimentdynamica tussen de Eems (die hypertroebel is) en de Schelde verschillende is: daar waar de Eems sediment gevangen houdt, is er in de Schelde eerder een tendens van uitspoeling. Hoewel dit in eerste instantie beneficiair lijkt voor de Zeeschelde, worden er geen uitspraken gedaan over het risico van een systeemomslag in het Schelde-estuarium. Verder onderzoek lopend in het kader van de Agenda voor de Toekomst, zal het inzicht hierin verbeteren.

Op basis van de resultaten uit deze eerste fase, die met name bedoeld waren om grootteordes van veranderingen in beeld te krijgen, werd een tweede reeks “realistische” stortscenario's gedefinieerd. Het uitgangspunt van deze scenario's is om een deel (ca. 50%) terug te storten ter hoogte van de huidige locaties en het resterende deel meer afwaarts te storten, en zodanig een bijdrage te leveren aan een beperking van het risico op een mogelijke regime shift. Onderstaande Tabel 1 geeft een overzicht van deze verschillende scenario's, terwijl de ligging van de verschillende stortlocaties is weergegeven in Figuur 8.

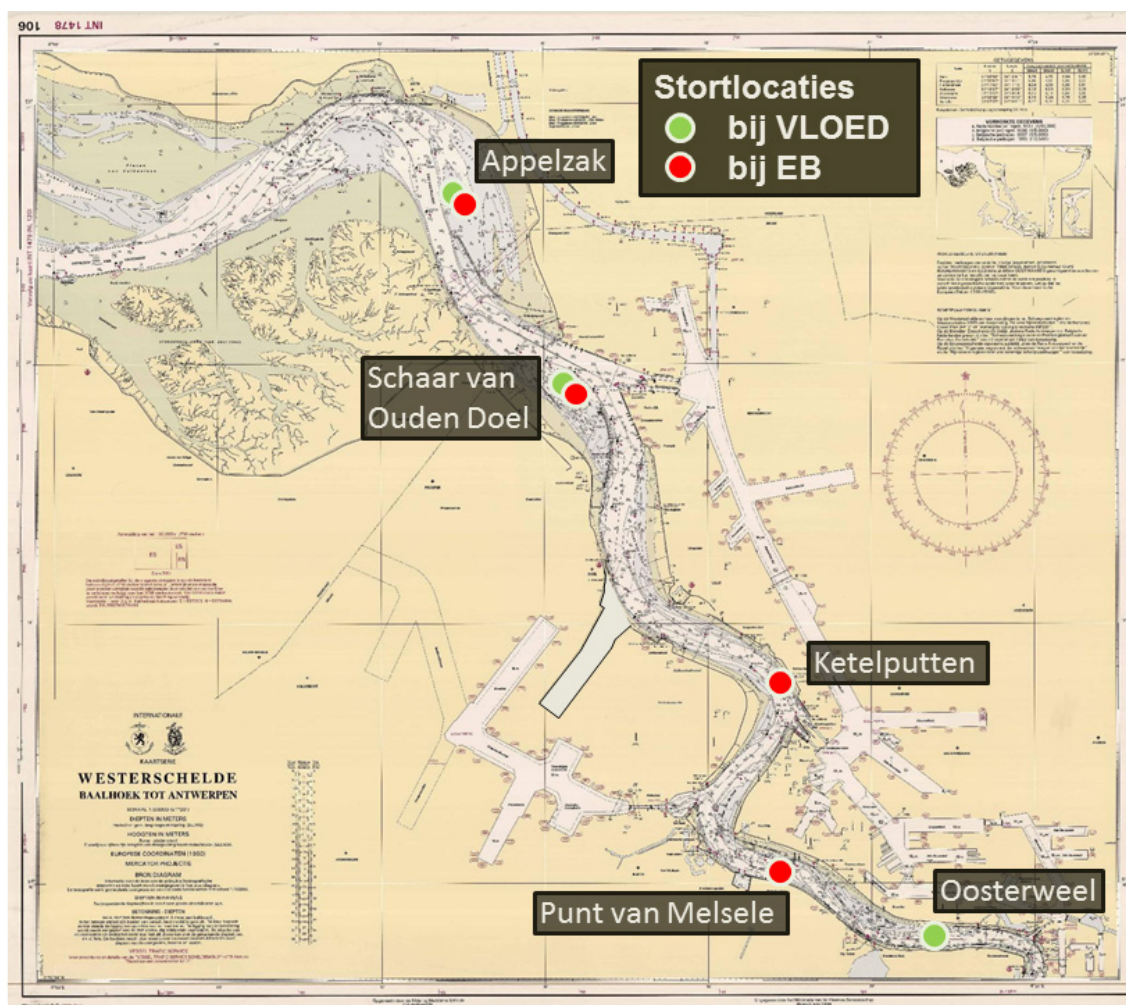
Tabel 1 – Overzicht slibscenario's (getallen geven percentage weer van totale hoeveelheid die op deze locatie³ wordt gestort)

Scenario		Eb		Vloed		Cyclustijd [minuten]		Periode [dagen]	
ID	Naam	EB1	EB2	VL1	VL2 ⁴	Eb	Vloed	Stort	Niet
S421	Huidig	OWL [49%]		PvM [51%]		147	114	28	7
S422	Dichtbij	SOD [51%]		KP [49%]		89	85	19	16
S423	Afwaarts I	SOD [100%]				89	91	20	15
S424	Afwaarts II	APZ [100%]				131	134	29,5	5,5
S428	Huidig+dichtbij opwaarts	OWL [39%]		KP [45%]	PvM [16%]	147	85 114	24,5	10,5
S429	Huidig+dichtbij afwaarts	SOD [35%]	OWL [16%]	PvM [49%]		89 147	114	23,5	11,5
S434	Huidig+dichtbij op- en afwaarts	SOD [21%]	OWL [30%]	KP [34%]	PvM [15%]	89 147	85 114	23,5	11,5

³ OWL = Oosterweel | PvM = Punt van Melsele | SOD = Schaar van Ouden Doel | KP = Ketelputten | APZ = Appenzak (ligging zie Figuur 7)

⁴ EB1 = HW tot HW+3u | EB2 = HW+3u tot LW | VL1 = LW tot LW+3u | VL2 = LW+3u tot HW

Uit de analyse van de bagger- en stortgegevens is gebleken dat de werkzaamheden in de realiteit een bepaalde periodiciteit vertonen (o.a. periode tussen opeenvolgende baggercampagnes per drempel). Deze periodiciteit, in combinatie met een aanvaardbare rekentijd, hebben ertoe geleid dat voor de modelscenario's uitgegaan wordt van een simulatie van 5 weken. Binnen deze 5 weken wordt, rekening houdend met de duur van één bagger- en stortcyclus, bepaald hoe lang de stortingen in het model dienen plaats te vinden op de jaarlijkse totale storthoeveelheden te realiseren (i.e. 5/52 van de totale jaarlijkse hoeveelheid wordt in de simulatie teruggestort). Deze periode van stortingen verschilt dan ook per scenario aangezien de duur van een bagger- en stortcyclus verschillend is, met name door een verschil in vaartijd (zie Tabel 1). De stortingen op hun beurt worden geïmplementeerd door gedurende 6 minuten een lozing van sediment uit te voeren, die overeenkomt met een storting door een baggerschip van gemiddelde grootte. Deze methodiek zorgt ervoor dat de stortactiviteiten waarheidsgetrouw worden uitgevoerd in het model. Hoewel de rekentijden aanzienlijk zijn (ca. 10 dagen op 16 rekencores), houdt deze methodiek maximaal rekening met de werkelijkheid en zullen de resultaten de werkelijkheid benaderen.

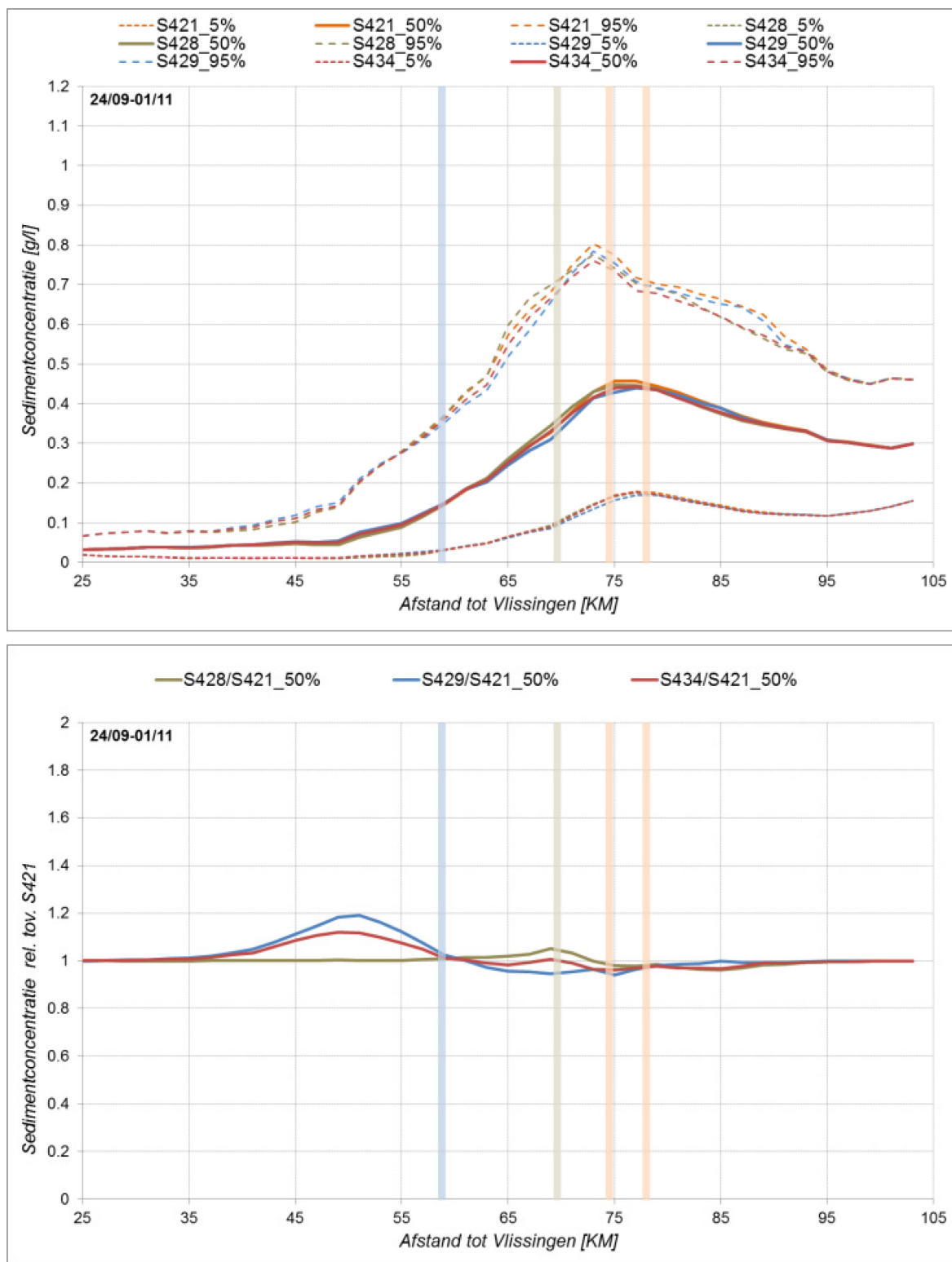


Figuur 8 – Overzicht ligging stortlocaties voor de verschillende slibscenario's

4.1.2 Effecten op slibconcentratie

Aangezien de scenario's uit de eerste fase momenteel weinig waarschijnlijk zijn om in de realiteit uitgevoerd te worden (o.a. voorkeur om meer dan één terugstortzone te kunnen benutten, grensoverschrijdende effecten), worden hierna enkel de "realistische" scenario's uit de tweede fase gepresenteerd. De resultaten van de eerste fase zijn terug te vinden in deelrapport 3.

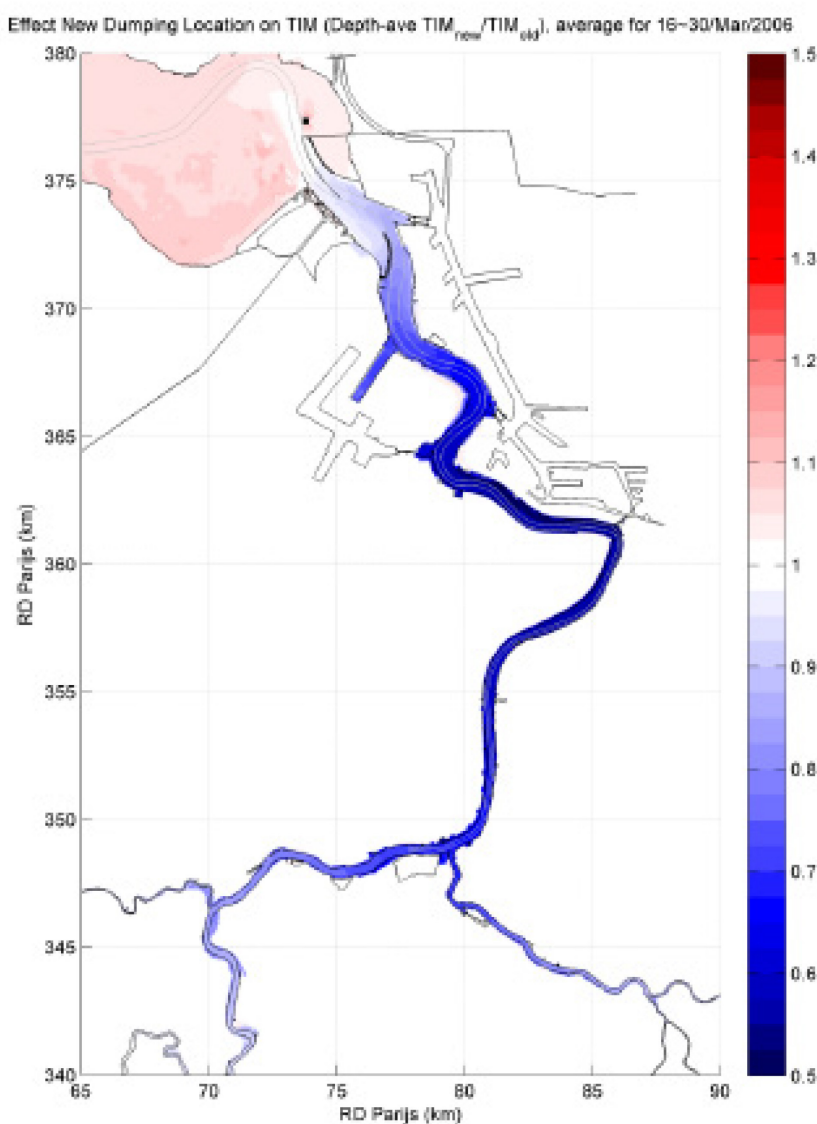
Bij deze tweede reeks scenario's (S428, S429, S434) zijn de wijzigingen in sedimentconcentratie ten opzichte van het referentiescenario (S421) beperkt. Uit de modelresultaten blijkt dat meer afwaarts storten leidt tot een verhoging van de sedimentconcentratie in de afwaartse delen, terwijl er een afname optreedt in de opwaartse delen (Figuur 9). Absoluut gezien is de toename afwaarts aanzienlijk kleiner dan de afname opwaarts, doch relatief gezien is de verhoging afwaarts groter dan de verlaging opwaarts omwille van het verschil in achtergrondconcentraties.



Figuur 9 – Lengteprofiel Westerschelde – Zeeschelde met 5^{de}, 50^{ste} en 95^{ste} percentiel voor de absolute (boven) sedimentconcentratie en relatieve veranderingen ten opzichte van S421 voor het 50^e percentiel sedimentconcentratie (onder) – volledige simulatieperiode (gekleurde verticale lijnen geven ligging weer van de stortlocaties langsheen het lengteprofiel)

Het is belangrijk te vernoemen dat de verschillen in relatieve verandering van de sedimentconcentratie gerelateerd is aan de lokale storthoeveelheden: in scenario “Huidig+dichtbij afwaarts” wordt 35% van de specie gestort ter hoogte van de Schaar van Ouden Doel, terwijl in scenario “Huidig+dichtbij op- en afwaarts” dit slechts 21% is; vertaalt zich door in de relatieve toename in sedimentconcentratie: +19% in het eerste scenario, +12% in het tweede.

Tenslotte dient opgemerkt te worden dat, omwille van de beperking van het studiegebied (focus op Beneden-Zeeschelde), de mogelijke effecten op de Boven-Zeeschelde niet in beeld worden gebracht. In het kader van het V&T-onderzoek [IMDC, 2013] is reeds gebleken dat het afwaarts storten leidt tot een beperkte afname van de sedimentconcentraties in de Zeeschelde en het risico op een eventuele regime shift kan reduceren. In Figuur 10 is een daling van de sedimentconcentratie in de Boven-Zeeschelde en Rupel te zien ten gevolge van het storten op een meer afwaarts gelegen stortlocatie.



Figuur 10 – Relatieve invloed (-) van de alternatieve stortlocatie (Appelzak) op de totale slibconcentratie TIM ten opzichte van de huidige stortlocatie (Plaats van Boomke) (<1: daling TIM; >1: stijging TIM) in de Beneden-Zeeschelde [IMDC, 2013a]

4.1.3 Effecten op sedimentatie

De wijzigingen in sedimentconcentratie kunnen leiden tot wijzigingen in sedimentatie, zowel op baggerlocaties (en daardoor een wijziging in baggerinspanning) als ter hoogte van slikken en schorren. Op basis van empirische modellen zijn deze effecten ingeschat. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar deelrapport 5.

Inzake de te verwachten sedimentatie ter hoogte van de baggerlocaties, resulteren de “realistische” scenario’s, waarbij de huidige stortlocaties gecombineerd worden met nieuwe locaties nabij de baggerlocaties - scenario ‘huidig + dichtbij opwaarts’ (S428), ‘huidig + dichtbij afwaarts’ (S429) en ‘huidig + dichtbij opwaarts + dichtbij afwaarts’ (S434) – tot minimale verschillen. Waar per drempel wijzigingen kunnen optreden tot 10% (zowel toename als afname), zal er gemiddeld over de verschillende baggerlocaties quasi geen extra onderhoud zijn (verschil kleiner dan 1%). Deze variatie is kleiner dan de natuurlijke (cfr. rol bovenafvoer op sedimentconcentratie) variatie die teruggevonden wordt in de jaarlijks baggerhoeveelheden.

Voor wat betreft de slikken en schorren, zal voor de gebieden waar er een verhoging in SPM-concentratie is, tevens een verhoging zijn in ophogingssnelheid ter hoogte van de intergetijdengebieden. Bij een referentie SPM-concentratie van 100 mg/l zal een toename in SPM concentratie van 10% resulteren in toename in ophogingssnelheid van 0,3 à 0,4 cm/jaar (gemiddeld over periode van 10 jaar) en 0,2 à 0,3 cm/jaar (gemiddeld over periode van 20 jaar). Bij een referentie SPM-concentratie van 200 mg/l zal een toename in SPM concentratie van 10% resulteren in toename in ophogingssnelheid van 0,5 à 0,6 cm/jaar (gemiddeld over periode van 10 jaar) en 0,6 à 1,5 cm/jaar (gemiddeld over periode van 20 jaar). Deze laatste toename is sterker omwille van het feit van het slik 1 à 2 jaar sneller begroeid zou kunnen worden, waardoor de ophogingssnelheid opnieuw groter wordt. Voor niet-begroeide intergetijdengebieden blijkt de relatieve toename in ophogingssnelheid (5-10%) in dezelfde grootte-orde van de relatieve toename in SPM concentratie (10%). Voor gebieden waar de SPM-concentratie verlaagt ten opzichte van het referentiescenario, zal tevens de ophogingssnelheid ter hoogte van de intergetijdengebieden afnemen.

De verwachte toename van sedimentatiesnelheid bij het storten van slib op de Ketelputten lijkt binnen de bestaande schommelingen te liggen van sedimentatie/erosie binnen deze gebieden. Tevens zijn de slikken nabij de Ketelputten reeds zeer slibrijk met aangepast pionierend benthos en iets minder benthivore en omnivore watervogels dan nabij de zuidelijke put van Kallo. De effecten van slibstorten in de Ketelputten lijken voor habitat en het bentisch systeem niet zeer beperkend te zijn.

4.1.4 Effecten op primaire productie

De wijzigingen in sedimentconcentratie resulteren in veranderingen in de lichtbeschikbaarheid en dus in veranderingen in primaire productie. Uit de berekeningen met het ecosysteemmodel blijkt dat alle doorgerekende scenario’s resulteren in een afname in de totale primaire productie in de bestudeerde gebied (Hansweert -Hoboken). De afname is niet evenredig verdeeld over deze zone: ze is beduidend groter in de zone Zandvliet-Hansweert dan in de zone Hoboken-Zandvliet. Dit valt te begrijpen omdat enerzijds de doorgerekende scenario's allen een stroomafwaartse verschuiving van de stortingen inhouden, en anderzijds omdat de primaire productie toeneemt in stroomafwaartse richting. Bovendien nemen ook de watervolumes toe en zal een procentuele wijziging in productie in meer stroomafwaartse zones zwaarder doorwegen in de totale productie dan wijzigingen in stroomopwaartse zones. Het scenario “huidig+dichtbij opwaarts” (S428) resulteert in de meest beperkte afname (< 1%). Van zodra ook de stortlocatie Schaar van Ouden Doel gebruikt wordt (“dichtbij afwaarts”) worden de afnames groter (10-20%).

Bij deze resultaten kunnen twee kanttekeningen gemaakt worden. Ten eerste behoort de Boven-Zeeschelde niet tot het modeldomein van het numerieke slibmodel en kunnen eventuele effecten op primaire productie in de Boven-Zeeschelde niet ingeschat worden. In de Boven-Zeeschelde is de primaire productie echter groot, zodat een wijziging in de slibconcentraties in de Boven-Zeeschelde ook van belang zal zijn op de totale productie in het estuarium.

Ten tweede vertoont primaire productie een seizoenaal patroon, zowel gerelateerd aan het seizoenaliteit in lichtingstraling als aan de seizoenale variabiliteit in de ligging van het turbiditeitsmaximum. De berekende verschillen tussen de verschillende scenario's ontstaan grotendeels in het voorjaar, wanneer er een sterke algenbloei optreedt tussen Punt van Melsele en Baalhoek. Dit houdt in principe de mogelijkheid in om met een gerichte planning in de tijd toch afwaarts storten toe te laten (in de periode van minimale primaire productie). Deze mogelijkheid is binnen het bestek van onderhavige studie niet verder onderzocht. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar deelrapport 6.

4.2 Zandscenario's

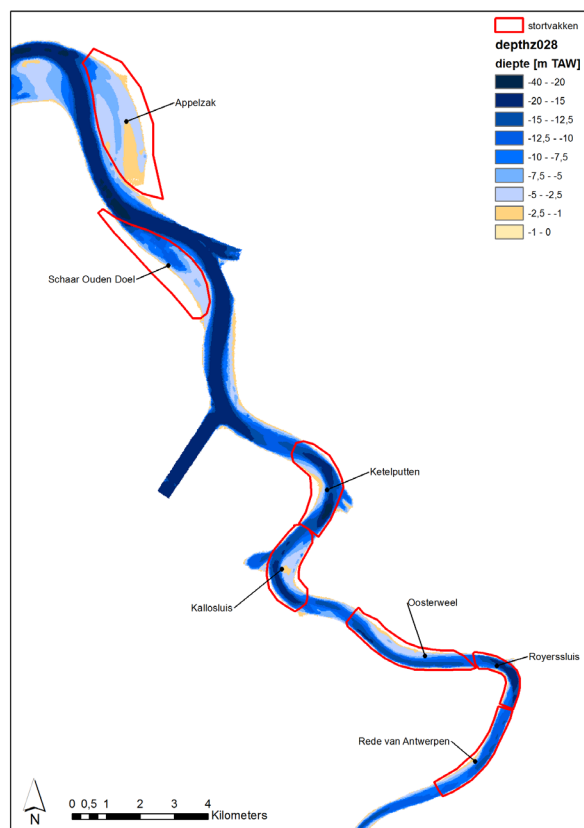
4.2.1 Beschrijving scenario's

Zoals reeds eerder aangehaald is ervoor gekozen de scenario's voor het terugstorten van zand te analyseren op basis van de sedimenttransporten. De stortingen worden geïmplementeerd door een aanpassing (verhoging) van de bodem uit te voeren. Deze implementatie dient gezien te worden als een potentieel netto-resultaat van stortingen waarbij een bepaalde hoeveelheid van het gestorte sediment aanwezig blijft in het gebied op de korte en middellange termijn.

Momenteel wordt zanderige specie enkel gestort in het stortvak Schaar Ouden Doel (ca. 2 Mm³ per jaar). Daarnaast wordt er op deze plaats ook aan zandwinning gedaan, eveneens a rato van 1,5 à 2 Mm³ per jaar. Aangezien het behoud van sediment in het systeem één van de toekomstige uitgangspunten in het beheer is (in de Westerschelde is de zandwinning reeds afgebouwd), is het afbouwen van de zandwinning in de Beneden-Zeeschelde een mogelijk scenario. In dit geval zal de stortcapaciteit binnen Schaar Ouden Doel snel afnemen en zal deze op termijn niet meer voldoende zijn. Daarom werden binnen dit onderzoek alternatieve locaties (Figuur 11) onderzocht voor het terugstorten van zanderige specie:

- Diepe delen ter hoogte van de Boudewijn en Van Cauwelaertsluis, of "Ketelputten"
- Diepe delen ter hoogte van Kallosluis, of "Parelputten"
- Diepe delen ter hoogte van Oosterweel
- Diepe delen ter hoogte van Royerssluis
- Diepe delen ter hoogte van de Rede van Antwerpen
- Nevengeul Appelzak

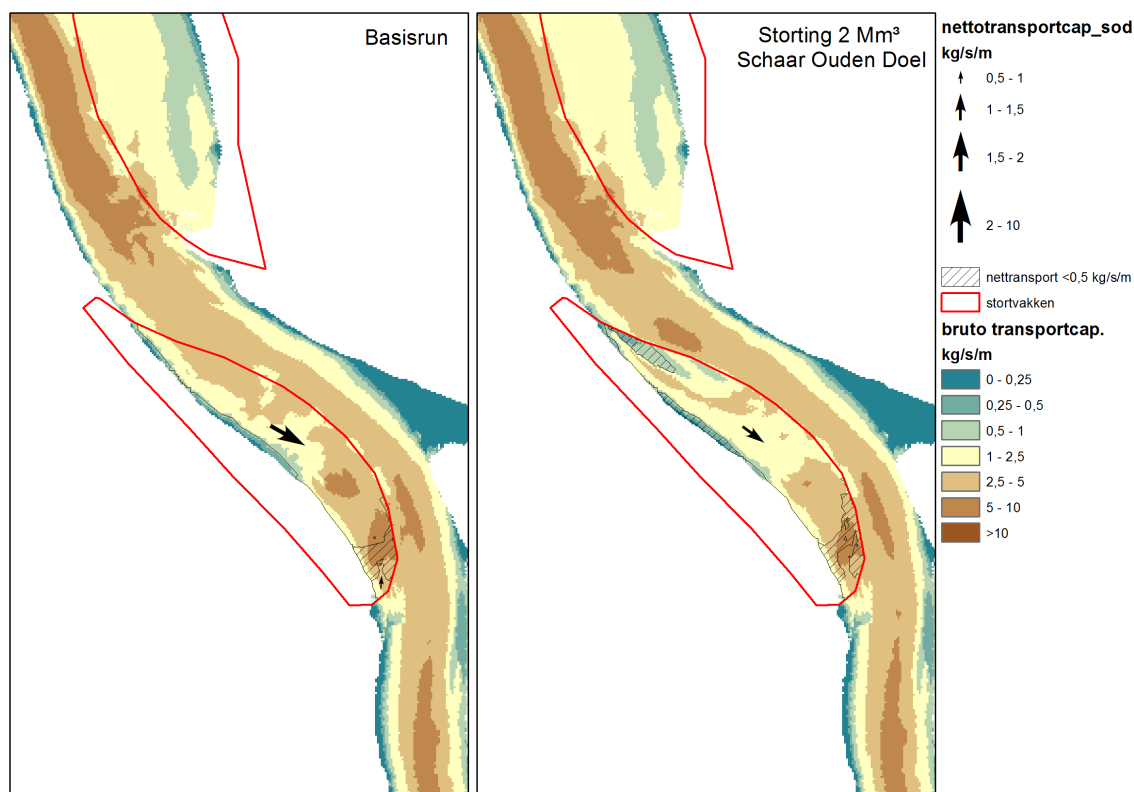
Voor deze verschillende locaties werden scenario's onderzocht waarbij een bodemverandering aangebracht werd van 0,5 Mm³ (dit stemt overeen met een initieel effect, of langere termijn effect op een dynamische locatie) tot 4 Mm³ (langere termijn effect op een minder dynamische locatie).



Figuur 11 – Overzicht van de gebruikte stortvakken binnen de zandsenario's

4.2.2 Effecten op zandtransport

Uit het onderzoek van de verschillende voorgestelde stortscenario's komt een onderscheid tussen verschillende types van stortlocaties naar voor wat betreft de waargenomen effecten van de gesimuleerde stortingen. Allereerst zijn er de afwaarts gelegen stortlocaties in de nevengeul (Schaar van Ouden Doel en Appelzak), waar er binnen de stortlocatie een grote stabiliteit is, terwijl in de naastgelegen geul een toename van stroomsnelheden is (Figuur 12). Storten in deze stortzones leidt ertoe dat de bergingscapaciteit geleidelijk zal afnemen door de grote stabiliteit. Indien de stortingen gecombineerd worden met zandwinning (huidige situatie voor Schaar van Ouden Doel), blijft de bergingscapaciteit wel behouden.

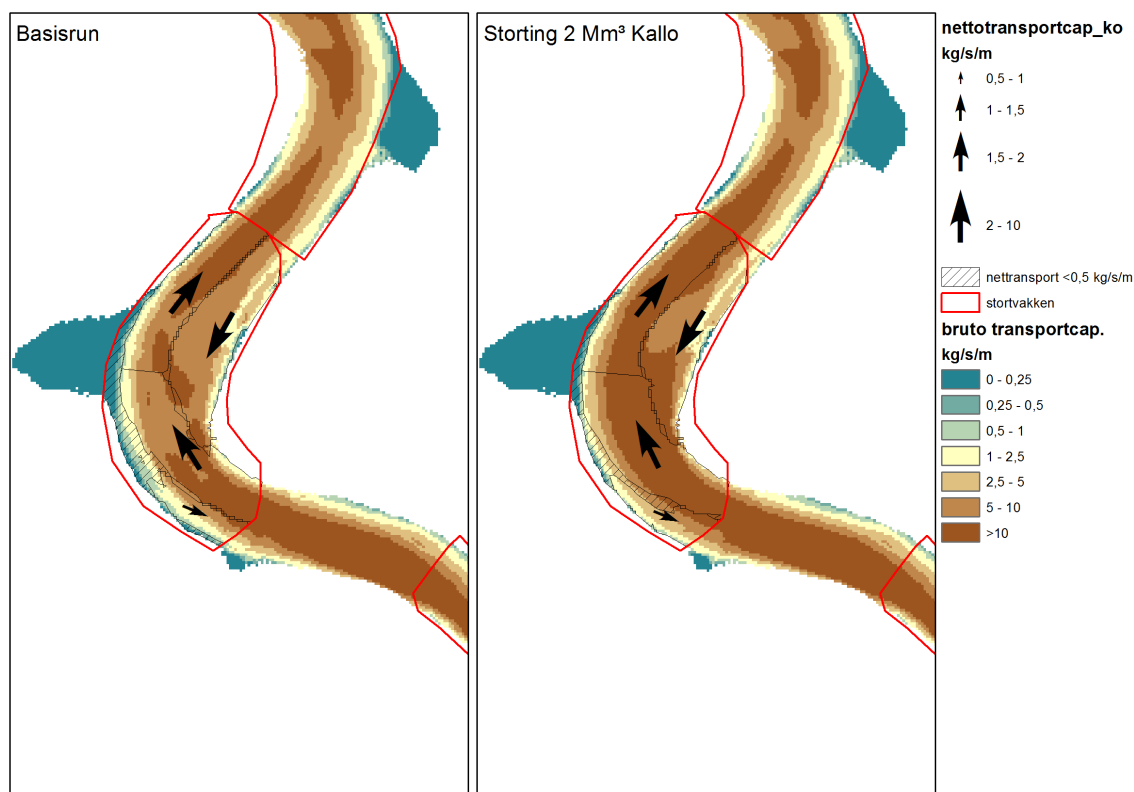


Figuur 12 – Vergelijking sedimenttransportcapaciteit voor en na de storting van 2 Mm³ voor locatie Schaar van Ouden Doel

Vervolgens wordt er een onderscheid gemaakt tussen de meer afwaarts gelegen stortlocaties in de hoofdgeul (Ketelputten, Parelputten en Oosterweel) en de meer opwaarts gelegen stortlocaties in de hoofdgeul (Royerssluis en Rede van Antwerpen). Beide types worden gekenmerkt door een stijging van stroomsnelheden en sedimenttransportcapaciteit ten gevolge van de stortingen (Figuur 13), maar bij de opwaarts gelegen stortlocaties is dit effect meer uitgesproken. Bovendien hebben de opwaarts gelegen stortlocaties een lagere bergingscapaciteit door hun kleinere diepte. Hier grote hoeveelheden storten zou de bevaarbaarheid in het gedrang kunnen brengen. Om deze reden zijn deze zones niet realistisch als duurzame terugstortlocatie.

Rekening houdend met de stortproef bij Ketelputten, kan dus een gelijkaardig gedrag van de gestorte specie verwacht worden in alle stortlocaties in de vaargeul (meer uitgesproken in de opwaarts gelegen locaties). Aangezien bij de Ketelputten na één jaar slechts 35 à 40% van de specie bleef liggen, en 2 jaar na het beëindigen van de stortingen al het materiaal geërodeerd was, zal de stabiliteit in deze stortzones ook beperkt zijn. Bovendien werd bij de stortproef slechts 0,5 Mm³ gestort. Aangezien het volume van het gestorte sediment evenredig lijkt te zijn met de toename in de sedimenttransportcapaciteit, mag verwacht worden dat grotere stortvolumes nog minder stabiel zullen zijn.

Daar waar het storten van sediment in de hoofdgeul zou kunnen leiden tot het dempen van de getijndringing, mag verwacht worden dat, gelet op deze grote dynamiek, de kans op getijndemping door het uitvoeren van stortingen in deze zones eerder beperkt is.



Figuur 13 – Vergelijking sedimenttransportcapaciteit voor en na de storting van 2 Mm³ voor locatie Parelputten

4.2.3 Effecten op ecotopen

Op basis van de analyse van de verschillende scenario's, is ervoor geopteerd de opwaarts gelegen diepe delen niet verder te onderzoeken omwille de beperkte bergingscapaciteit en het bijbehorende risico voor de scheepvaart. De overblijvende diepe delen vertonen een verschillend potentieel effect op de ecotopen: uitgaande van de kwantitatieve en kwalitatieve analyse van ecologisch waardevol laagdynamisch areaal voor benthos, ecotopen en vogels, is de impact van het storten van zand in de Ketelputten niet te verwaarlozen wanneer netto gezien meer dan 0,5 Mm³ sediment gestort wordt. Wijzigingen (herverdeling over de breedte) in stroompatronen zorgen ervoor dat ecologisch waardevol laagdynamisch areaal kan verdwijnen. Dit risico situeert zich met name in het opwaartse deel van de stortzone "Ketelputten".

Bij het storten van zand in de Parelputten is het verlies op ecologisch waardevol areaal ondiep en matig diep subtidaal zeer beperkt. Wanneer netto gezien 1 Mm³ specie stabiel is, is het effect te verwaarlozen. Watervogels in de invloedzone van het opwaartse deel van de Parelputten zouden een effect kunnen ondervinden vooral in de ebgedomineerde binnenbocht stroomopwaarts fort Filip. Het areaal laagdynamisch ondiep en matig diep subtidaal zou in deze zone zelfs toenemen wat juist een positief effect heeft.

In de nevengeulen (Appelzak en Schaar van Ouden Doel) is de stabiliteit van de gestorte specie aanzienlijk groter. Daarnaast kunnen de stortingen in combinatie met het vloedgedomineerd transport in deze geulen, ervoor zorgen dat de ondiepere delen nevengeul (dichter bij de strekdam en leidam) verder verondiepen. Hier zou het effect van de stortingen (netto 1 Mm³ zand extra in de nevengeul) kunnen leiden tot een aanzienlijke toename in ecologisch waardevol laagdynamisch areaal, echter ten koste van de bergingscapaciteit in de nevengeul op korte termijn. De invloedzone van de Schaar van Ouden Doel kent een groot oppervlak aan onverharde slikken en herbergt ook veel benthivore en omnivore watervogels. Vermindering van de huidige verstoring op deze stortlocatie door gedeeltelijk ook op andere locaties te storten kan een ecologische winst betekenen, mits ook de zandwinning kan afgebouwd worden.

5 CONCLUSIES

Binnen de studie “Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde” werd onderzoek uitgevoerd om invulling te geven aan de toekomstige stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde. Uitgaande van de huidige strategie binnen de vigerende stortvergunningen, werd naar een optimalisatie gezocht die rekening houdt met de uitdagingen die geïdentificeerd werden binnen de Agenda voor de Toekomst.

Het onderzoek geeft aan dat een aantal alternatieve locaties mogelijk zijn om een deel van de onderhoudsbaggerspecie terug te storten en die zo een potentieel positieve bijdrage leveren aan de vooropgestelde doelstellingen. Voor de slibrijke specie wordt het gedeeltelijk terugstorten ter hoogte van de Ketelputten als potentieel positief geïdentificeerd. Deze locatie is dicht bij de baggerlocaties gelegen en kan alzo de eventuele bijdrage van het risico op een mogelijke systeemomslag van de slibhuishouding verkleinen. Het effect op vlak van de sedimentconcentratie en alzo ook primaire productie is klein.

Bij het gebruik van meer afwaartse alternatieve locaties zoals Schaar van Ouden Doel is het effect op primaire productie groot. De negatieve impact treedt voornamelijk op tijdens de algenbloeiperiode. Dit maakt in principe een optimalisatie mogelijk waarbij rekening gehouden moet worden met seizoenale effecten, om het potentieel nadelig effect op primaire productie te mitigeren. Het effect op de sedimentconcentraties in de Boven-Zeeschelde van alternatieve stortlocaties die afwaarts gelegen zijn van de huidige stortlocaties werd niet berekend binnen onderhavige studie. Er wordt algemeen verwacht dat meer stroomafwaarts storten een afname van sedimentconcentratie in de Boven-Zeeschelde kan betekenen [IMDC, 2013]. De mogelijke toename van primaire productie die een afname in sedimentconcentraties zou teweegbrengen zou de negatieve effecten van stroomafwaartse stortlocaties enigszins doen afnemen, althans wanneer primaire productie op estuariumschaal bekeken wordt. Weliswaar dient opgemerkt dat primaire productie in het zoete gedeelte van het estuarium niet ecologisch equivalent is aan primaire productie in het brakke of zoute gedeelte.

Naast het behouden van de huidige stortlocatie Schaar van Oudel Doel voor het terugstorten van zandige specie (in combinatie met zandwinning), wordt het terugstorten van zandige specie ter hoogte van de Parelputten als potentieel positief geïdentificeerd. Wanneer een deel van de zandige specie hier terug zou gestort worden, heeft dit een potentieel positief effect op de ecologie, terwijl het negatief effect op deze locatie te verwaarlozen is. De overige onderzochte locaties lijken minder potentie te hebben daar de effecten op ecotopen mogelijk negatief zijn, of de toegankelijkheid komt in het gedrang.

6 REFERENTIES

- Coen, L.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015a). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 1 – Opzet en validatie van het numerieke model voor het modelleren van slib. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.
- Coen, L.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015b). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 3 – Slibscenario's. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.
- Coen, L., Meire, D.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015c). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 5 – Wijziging sedimentatie ter hoogte van baggerlocaties en slikken en schorren. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.
- Cox, T.; Meire, P. (2016). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 6 – Effecten op primaire productie van verschillende scenario's voor het terugstorten van slib. Universiteit Antwerpen, onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, ECOBE 015-R188.
- IMDC (2013). LTV-Veiligheid en Toegankelijkheid. Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie. Basisrapport specifieke beheersvragen B23: Analyse stortvakken Beneden-Zeeschelde. International Marine & Dredging Consultants ism. Deltares, Svašek Hydraulics en ARCADIS Nederland iov. Afdeling Maritieme Toegang: Antwerpen.
- Schramkowski, G.P.; Brouwer, R.L.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Geidealiseerde processtudie van systeemovergangen naar hypertroebelheid: WP 2.2 Gevoeligheidsonderzoek en vergelijking tussen Zeeschelde en Eems. Versie 3.0. WL Rapporten, 13_103. Flanders Hydraulics Research: Antwerp, Belgium. (in voorbereiding)
- Soetaert, K. & Herman, P. (1994), 'MOSES. Model of the Scheldt Estuary. Ecosystem model development under SENECA', Technical report, NIOO-CEMO /DGW, 77.
- Van Braeckel, A.; Van Ryckegem, G.; Van Den Bergh, E. (2016). Deelrapport 7 - Ecologische effect inschatting van de verschillende zandstortscenario's. Instituut Natuur- en Bosonderzoek, INBO. 2016.11460161.
- Van Engeland, T. ; Cox, T.; Van Damme S. ; Meire, P. (2015) Calibration of physical transport in a 1D estuarine ecosystem model, based on tracer output from a 3D hydrodynamic model. Calibration, verification, and steady-state simulations.. University Antwerp, Ecosystem Management research group, ECOBE 015-R187
- Vos, G.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016a). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 2 – Opzet en validatie van het numerieke model voor het modelleren van zand. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.
- Vos, G.; Meire, D.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016b). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: Deelrapport 4 – Zandscenario's. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.
- Winterwerp (2013). On the response of tidal rivers to deepening and narrowing - Risks for a regime shift towards hyperturbid conditions.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT EN OPENBARE WERKEN**

Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

mow.vlaanderen.be

waterbouwkundiglaboratorium.be

//

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