



## **Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde**

Deelrapport 7 - Ecologische effect inschatting van de verschillende zandstortscenario's.

**Alexander Van Braeckel, Gunther Van Ryckegem en Erika Van Den Bergh**

INBO. 2016.11460161  
D/2016/3241/018



## Samenvatting

Om de toegankelijkheid naar de Antwerpse haven te garanderen worden quasi continu onderhoudsbaggerwerken uitgevoerd. Om deze werken uit te voeren zijn vergunningen nodig. Voor het afwaartse stuk van het Vlaamse deel van het estuarium, de Beneden-Zeeschelde, lopen de huidige onderhoudsvergunningen nog tot december 2017. Momenteel wordt zanderige specie (ongeveer 2Mm<sup>3</sup>) teruggestort op slechts één locatie, de Schaar van Ouden Doel, waar ook zandwinning plaatsvindt. Slibrijke specie wordt teruggestort tussen Antwerpen en de Kallosluis ter hoogte van Punt van Melsele, Plaat van Boomke en Oosterweel. Om een nieuwe vergunningsaanvraag voor te bereiden, wordt onderzocht hoe de stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde in de toekomst kan geoptimaliseerd worden, rekening houdend met verwachte ontwikkelingen zoals o.a. gewijzigde zandwinstrategie, de aanleg van de Oosterweeltunnel en het risico voor een regime shift naar een hypertroebel systeem en de ecologische gevolgen daarvan. Dit rapport is één van 8 studierapporten binnen de studie 'Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde' dat in het kader van de Agenda voor de Toekomst uitgevoerd is in samenwerking met het Waterbouwkundig laboratorium en de Universiteit Antwerpen-ECOBÉ.

Het voorliggend rapport beschrijft de resultaten van de ecologische doorvertaling van een reeks spreidingsscenario's inzake het terugstorten van zanderige specie. In beperkte mate wordt ook ingegaan op de te verwachten sedimentatie op slikken en schorren na slibstorten in de Ketelputten. Er werden scenario's onderzocht met terugstorten in diepe putten in de vaargeul en met terugstorten in de nevengeul.

### Terugstorten van zanderige specie

De ecologische evaluatie baseert zich gedeeltelijk op hydrodynamische modelresultaten (numeriek NEVLA model). De inschatting van de ecologische impact van het terugstorten van zanderige specie gebeurt op 2 manieren. De eerste aanpak is een kwantitatieve inschatting van de effecten op ecotooparealen in het watergebied op basis van veranderingen in waterdiepte en waterdynamiek. Deze kwantitatieve inschatting vertaalt zich in een kwalitatieve verandering door een gewijzigde kans op het voorkomen van macrobenthos. Ten tweede is er een kwalitatieve ecologische inschatting van de effecten op de geomorfologische toestand van slikken en schorren, op de toestand van slik- en schorecotopen en op de aanwezigheid van watervogels.

### Storttype locatie diepe putten in vaargeul

- Ketelputten: 0.5 -1 – 2- 4 Mm<sup>3</sup>
- Putten van Kallo /Parelputten: 0.5 -1 – 2- 4 Mm<sup>3</sup>
- Oosterweel: 2-4 Mm<sup>3</sup>
- Royerssluis: 2- 4 Mm<sup>3</sup>
- Rede van Antwerpen: 2- 4 Mm<sup>3</sup>

Op basis van de hydrodynamische analyse is ervoor geopteerd stortmogelijkheden in de diepe delen Oosterweel, Royerssluis en Rede van Antwerpen niet verder te onderzoeken omwille de beperkte bergingscapaciteit en het bijbehorende risico voor de scheepvaart.

De onderzochte stortlocaties in diepe delen van de vaargeul Ketelputten en Putten van Kallo vertonen een verschillende potentiële impact. 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 Mm<sup>3</sup> 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 Putten van Kallo is het

verlies op ecologisch waardevol areaal ondiep en matig diep subtidaal zeer beperkt. Wanneer netto gezien 1 Mm<sup>3</sup> specie gestort wordt, is het effect te verwaarlozen. Watervogels in de invloedzone van het opwaartse deel van de Putten van Kallo 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.

#### Storttype locatie nevengeul

- Appenzak: 1-2-4 Mm<sup>3</sup>
- Schaar Ouden Doel: 1 - 2- 4 Mm<sup>3</sup>

In de nevengeulen Appenzak en Schaar van Ouden Doel is de stabiliteit van de gestorte specie aanzienlijk groter dan in de diepe putten van de vaargeul. Daarnaast kunnen de stortingen, in combinatie met het vloedgedomineerd sedimenttransport in deze geulen, ervoor zorgen dat de ondiepere delen van de nevengeul (dichter bij de strekdam en leidam) verder verondiepen. Het effect van stortingen in nevengeulen (netto 1 Mm<sup>3</sup> zand extra in de nevengeul) zou kunnen leiden tot een aanzienlijke toename in ecologisch waardevol laagdynamisch areaal, echter mogelijks ten koste van de nevengeul en bergingscapaciteit op korte tijd. 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 verminderen of stopgezet worden.

#### Besluit

Naast verminderd terugstorten van zandige specie op de huidige stortlocatie Schaar van Ouden Doel (mits verminderen of stopzetten zandwinning), wordt het terugstorten van zandige specie ter hoogte van de Putten van Kallo als potentieel positief geïdentificeerd voor macrobenthos en watervogels. De overige onderzochte locaties lijken minder potentie te hebben daar de effecten op ecotopen mogelijks negatief zijn, of de toegankelijkheid in het gedrang komt. Naar de toekomst verdient het de aanbeveling om de stortstrategie verder te optimaliseren uitgaande van het standpunt 'behoud van sediment in het estuarium'. Hierbij kan er aan gedacht worden om de zandige specie grensoverschrijdend terug te storten.

#### Terugstorten van slib

Ivm storten van slib op de Ketelputten lijkt de verwachte toename van sedimentatiesnelheid op de slikken en schorren binnen de bestaande schommelingen te liggen van sedimentatie/erosiesnelheden in de omliggende gebieden (o.a. Ketenisse). Tevens zijn de slikken nabij de Ketelputten reeds zeer slibrijk met aangepast pionierend benthos en iets minder benthische en omnivore watervogels dan nabij de zuidelijke put van Kallo. De effecten van slibstorten in de Ketelputten lijken voor habitat en het benthisch systeem niet zeer beperkend te zijn. Aangezien de impact van het stortscenario 'huidig en dichtbij opwaarts' (S428), met gedeeltelijke slibstorting bij vloed in de Ketelputten, ook op basis van de pelagisch ecologische modellering binnen de 1% marge zit, lijkt dat slibstortscenario haalbaar zonder een belangrijke ecologische impact.



## English abstract

The study 'Sediment strategy in the Beneden-Zeeschelde', within the framework of Agenda of the Future of the Flemish-Dutch Scheldt Commission, is a cooperation between Flanders Hydraulics, the University of Antwerp (ECOBÉ) and the Research Institute for Nature and Forest (AQWEST). This study is conducted to underpin the optimization of the sediment dumping strategy in the Beneden-Zeeschelde, the downstream part of the Scheldt Estuary in Belgium, in view of the environmental permit renewal after 2017 and taking into account expected developments such as changing in sand extraction strategies, construction of the Oosterweel tunnel and the risk to a hyper turbidity shift and its ecological consequences.

This is one of the 8 reports of this study, it describes and evaluates the ecological potential of a few sandy sediment disposal alternatives, based on their numeric model output. The study has pinpointed a few alternative disposal sites which can increase ecological potentials and decrease upstream risks if parts of the sand of maintenance dredging can be disposed in the Putten van Kallo near (Fort Filip). This report focuses mainly on the potential ecological impact of sand disposal scenarios, using f.e. numeric model output for assessing the impact on macrobenthos.



# Inhoudstafel

## Samenvatting 1

English abstract.....	1
Lijst van figuren .....	3
Lijst van tabellen.....	5
<b>1</b> <b>Inleiding</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b> <b>Materiaal en methode</b> .....	<b>7</b>
2.1            Studiegebied .....	7
2.2            Aanpak .....	9
2.2.1          Zandstortscenario's.....	9
2.2.2          Kwantitatieve ecotoopveranderingen .....	9
2.2.2.1        Ecotopenverandering op basis van huidig ecotopenstelsel.....	9
2.2.2.2        Ecotopenveranderingen op basis van Habitatmapping Zeeschelde ecotoopresultaten ....	10
2.2.3          Kwalitatieve inschatting van ecotoopveranderingen .....	14
2.2.3.1        Geomorfologie .....	14
2.2.3.2        Watervogels.....	14
<b>3</b> <b>Resultaten</b> .....	<b>16</b>
3.1            Kwantitatieve ecotoopverandering .....	16
3.1.1          Stortlocaties in de vaargeul .....	16
3.1.1.1        Initiele impact op ecotopen.....	16
3.1.1.2        Hoog- en laagdynamische ecotopen.....	17
3.1.2          Stortlocaties in de nevengeul .....	20
3.1.2.1        Subtidale ecotopen .....	20
3.1.2.2        Hoog- en laagdynamische ecotopen.....	20
3.1.3          Conclusie kwantitatieve benadering.....	20
3.2            Kwalitatieve ecotoopveranderingen.....	21
3.2.1          Geomorfologische toestand adhv slikschorprofielen .....	21
3.2.1.1        Invloedgebied nieuwe stortlocatie in de vaargeul: Ketelplaat .....	21
Ketenisse b (KPb).....	22
Beschrijving campagne 2015 .....	22
Middellange termijn evolutie .....	22
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 0&-2013 .....	23
Ketenisse e (KPe) .....	24
Beschrijving campagne 2015 .....	24
Middellange termijn evolutie .....	24
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 11-2013 .....	25
Lillo Potpolder (LP; slik- & schorrand) .....	27
Beschrijving campagne 2015 .....	27
Middellange termijn evolutie .....	27
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 01-2012 .....	29
Hoogte- evolutie tussen november 2002 en september 2012 op basis van sederoplots (Speybroeck et al. 2011, aangevuld met ongepubliceerde data). .....	29
Besluit        30	
3.2.1.2        Invloedgebied nieuwe stortlocatie in de vaargeul: putten van de Parel .....	31
Besluit        32	
3.2.1.3        Invloedgebied huidige stortlocatie in de nevengeul Schaar van Ouden Doel .....	33

Schor Ouden Doel (ODa) .....	33
Beschrijving campagne 2015 .....	34
Middellange termijn evolutie .....	34
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 06-2013 .....	35
Paardenschor (DO) .....	36
Beschrijving campagne 2015 .....	36
Middellange termijn evolutie .....	37
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 06-2013 .....	38
Hoogte- evolutie tussen oktober 2005 en oktober 2012 op basis van sederoplots (Speybroeck et al. 2011, aangevuld met ongepubliceerde data) .....	39
Besluit	39
3.2.1.4 Bijkomende raaien in andere invloedgebieden .....	40
Slik-en-schorraai Boerenschans (BOE) nabij huidige slibstortlocatie punt van Melsele/Oosterweel .....	40
Beschrijving campagne 2015 .....	41
Middellange termijn evolutie .....	41
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 01-2013 .....	42
Slik-en-schorraaien in Invloedgebied van de Appelzak stortlocatie .....	43
Groot Buitenschoor a (GBSa) .....	44
Beschrijving campagne 2015 .....	44
Middellange termijn evolutie .....	44
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 06-2013 .....	45
Groot Buitenschoor b (GBSb) .....	46
Beschrijving campagne 2015 .....	46
Middellange termijn evolutie .....	46
Subtidaalprofiel 01-2010- 01-2012 .....	47
Groot Buitenschoor d (GBSd) .....	48
Beschrijving campagne 2015 .....	48
Middellange termijn evolutie .....	49
Subtidaalprofiel 01-2010- 06-2013 .....	50
3.2.1.5 Algemeen besluit op basis van slik-en-schorraaien .....	50
3.2.2 Ecotopen .....	51
3.2.3 Watervogels .....	52
3.2.3.1 Vogelaantallen totaal: .....	52
3.2.3.2 Maxima van vogelaantallen per indicatorgroep .....	53
3.2.3.3 Besluit watervogels .....	56
<b>4 Algemeen besluit .....</b>	<b>57</b>
<b>Referenties</b>	<b>58</b>
<b>Bijlage 1: Indicatorgroepen watervogels .....</b>	<b>59</b>

## Lijst van figuren

Figuur 2-1: Ligging van het stortvak Ketelputten en de putten van Kallo met weergave van gemonitorde slikschorraaien .....	7
Figuur 2-2: Ligging van het stortvak voor de diepe delen van Oosterweel en Royerssluis en Rede van Antwerpen. ....	8
Figuur 2-3: Ligging van het huidig stortvak Schaar Ouden Doel en de Appelzak. ....	8
Figuur 2-4: Correlatiegrafiek tussen de stroomsnelheden in het Nevlamodel gebruikt binnen dit project en het gedetailleerd Nevlamodel gebruikt in het project Habitatmapping Zeeschelde.....	11
Figuur 2-5:a Vereenvoudigd classificatie in hoog- en laagdynamische habitats gebaseerd op BEZ numeriek modelresultaten op basis van totale macrobenthosdensiteit in relatie tot waterdiepte en maximale vloedsnelheden. Grenswaarden zijn waterdiepte <5m en maximale vloedstroomsnelheid < 0.9.....	12
Figuur 3-1: Toename en afname van de verschillende waterdieptezones bij de verschillende stortscenario's: referentie, 1Mm <sup>3</sup> , 2Mm <sup>3</sup> en 4Mm <sup>3</sup> .....	16
Figuur 3-2: Relatie tussen areaal met vloedsnelheden onder de 0.9 m/s en storthoeveelheden: referentie(0Mm <sup>3</sup> ), 0,5Mm <sup>3</sup> , 1Mm <sup>3</sup> en 2Mm <sup>3</sup> in de Ketelputten en de putten van Kallo onafhankelijk van waterdieptes.....	17
Figuur 3-3: Relatie tussen ecologisch waardevol laagdynamisch areaal per waterdiepteklasse en de storthoeveelheden: referentie (0Mm <sup>3</sup> ), 0,5Mm <sup>3</sup> , 1Mm <sup>3</sup> en 2Mm <sup>3</sup> in de Ketelputten en de putten van Kallo. ....	18
Figuur 3-4: Veranderingen van het areaal laagdynamisch gebied tussen de referentie en 2Mm <sup>3</sup> in de Ketelputten .....	18
Figuur 3-5: Veranderingen van het laagdynamisch gebied in de ondiep en vooral matig diepe waterzone thv de binnenbocht nabij Ketenisse tussen de referentie en a) 0.5Mm <sup>3</sup> en b) 2Mm <sup>3</sup> in de Ketelputten .....	19
Figuur 3-6: Veranderingen van het laagdynamisch gebied in de ondiep en vooral matig diepe waterzone thv de binnenbocht nabij Ketenisse tussen de referentie en a) 0.5Mm <sup>3</sup> en b) 2Mm <sup>3</sup> in de putten van Kallo .....	19
Figuur 3-7: Oppervlakte verandering van de waterdieptezones bij verschillende stortscenario's: referentie, 1Mm <sup>3</sup> , 2Mm <sup>3</sup> en 4Mm <sup>3</sup> .....	20
Figuur 3-8: Situering raaien op Ketenisse .....	21
Figuur 3-9: Situering locatie dwarsprofielen Ketenisse .....	21
Figuur 3-10: Slik-en-schorraai Ketenisse b .....	23
Figuur 3-11: Dwarsprofiel Ketenisse b.....	23
Figuur 3-12: Slik-en-schorraai Ketenisse e .....	25
Figuur 3-13: Dwarsprofiel Ketenisse e.....	25
Figuur 3-14: Dwarsprofiel door de Ketelputten op volgende tijdstippen T43 (23/10/12), T45 (18/12/12), T47 (27/02/13), T49 (12/04/13), T51 (26/06/13), T52 (22/08/13) met ingezoomd op Figuur7-9 de plaatval die optrad tussen T45 en T47 (Bron: IMDC, 2014).....	26
Figuur 3-15: Slik-en-schorraai Lillo-Potpolder .....	28
Figuur 3-16: Slik-en-schorraai in het natuurontwikkelingsgebied van Lillo-Potpolder .....	28

Figuur 3-17: Dwarsprofiel Lillo-Potpolder .....	29
Figuur 3-18: Sedimentatie-erosiesnelheid ter hoogte van de sederoplots op raai Kettenisse b en e (Kpb, KPe) .....	29
Figuur 3-19: Morfologie (schaduwview van bathymetrie en dtm) en ecotopen 2013 rond de Putten van Kallo .....	31
Figuur 3-20: a) Aanvullende slik-en-schorraai in 1967 en 2008 .....	32
Figuur 3-21: Situering raaien in Schor Ouden Doel (OD) en Paardenschor(DO) .....	33
Figuur 3-22: Situering locatie dwarsprofielen Schor Ouden Doel (OD) en Paardenschor(DO) .....	33
Figuur 3-23: Slik-en-schorraai Schor Ouden Doel (ODa) .....	35
Figuur 3-24: Dwarsprofiel Schor Ouden Doel (ODa).....	35
Figuur 3-25: Slik-en-schorraai Paardenschor(DO) .....	38
Figuur 3-26: Dwarsprofiel Paardenschor(DO) .....	38
Figuur 3-27: Sedimentatie-erosiesnelheid ter hoogte van de sederoplots op raai Paardenschor (DO) .....	39
Figuur 3-28: Situering raai op Boerenschans (BOE).....	40
Figuur 3-29: Situering locatie dwarsprofielen Boerenschans (BOE).....	40
Figuur 3-30: Slik-en-schorraai Boerenschans (BOE) .....	42
Figuur 3-31: Dwarsprofiel Boerenschans (BOE) .....	42
Figuur 3-32: Situering raaien op Groot Buitenschoor en Ballastplaat.....	43
Figuur 3-33: Situering locatie dwarsprofielen Groot Buitenschoor en Ballastplaat.....	43
Figuur 3-34: Slik-en-schorraai Groot Buitenschoor a (GBSa).....	45
Figuur 3-35: Dwarsprofiel Groot Buitenschoor a (GBSa).....	45
Figuur 3-36: slik-en-schorraai Groot Buitenschoor b (GBSb) .....	47
Figuur 3-37: Dwarsprofiel GBSb .....	47
Figuur 3-38: Slik-en-schorraai Groot Buitenschoor d (GBSd) .....	49
Figuur 3-39: Dwarsprofiel Groot Buitenschoor d (GBSd) .....	50
Figuur 3-40: Totale oppervlakte aan schor, slik met zacht substraat, matig en ondiep subtidaal gebied per invloedzone van de stortlocaties.....	51
Figuur 3-41: Temporele evolutie van de gemiddelde jaarmaxima van watervogelaantallen tussen 2008 en 2015 per oever en invloedsgebied van de belangrijkste stortlocaties .....	52
Figuur 3-42: Aanduiding watervogeltelgebieden nabij de stortlocaties Ketelputten en putten van Kallo .....	52
Figuur 3-43: Aandeel van benthivore, herbivore, omnivore en piscivore watervogels per stortlocatie.....	53
Figuur 3-44: Gemiddelde jaarmaxima van de dominante steltlopers in de invloedzones tussen 2008 en 2015 .....	54
Figuur 3-45: Aandeel van overwinterende kleine, middelgrote en grote watervogels per locatie.....	55
Figuur 3-46: De dominante visetende vogelsoorten 2008-2015 (sterren worden zelden gezien minder dan 100 per invloedzone over periode 2008-2015).....	55

## Lijst van tabellen

Tabel 2-1. Benthossoortenoverzicht uit de subtidale meetcampagnes in habitatmapping Zeeschelde (2012-2013) in de mesohaliene en oligohaliene zone .....	13
Tabel 2-2. Overzicht MONEOS slik-en-schorraaien langs de Beneden-Zeeschelde, in vet aangeduid de hier besproken raaien. ....	14
Tabel 3-1. Overzicht arealen per waterdiepteklasse laagdynamisch gebied bij de verschillende stortscenario's: referentie, 1Mm <sup>3</sup> , 2Mm <sup>3</sup> en 4Mm <sup>3</sup> in de Ketelputten en de putten van Kallo .....	17
Tabel 3-2. Overzicht arealen per waterdiepteklasse laagdynamisch gebied bij de referentie en het stortscenario met, 1Mm <sup>3</sup> in de Schaar van Ouden Doel en de Appelzak. ....	20
Tabel 3-3 Ecotoopareaal anno 2013 in de potentiële invloedsgebieden van de stortlocaties.....	51
Tabel bijlage 1 Overzicht van de toegekende indicator per vogelsoort. Voedselgilde : Npisc = piscivoor, Nomn = omnivoor, Nherb = herbivoor, Nbenth = benthivoor; Grootte : kleine, middelmatig of grote soort; Slibindicator : verwachte relatie tussen slibrijke bodem en het voorkomen van de soort: pos = positief gecorreleerd, neg = negatief gecorreleerd, neutr = geen relatie ..	59

## 1 Inleiding

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

Voor het afwaartse stuk van het Vlaamse deel van het estuarium, de Beneden-Zeeschelde, lopen de huidige onderhoudsvergunningen nog tot december 2017. Momenteel wordt zanderige 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 dient er onderzoek te gebeuren om de stortstrategie zo optimaal mogelijk in te vullen, rekening houdend met toekomstige ontwikkelingen zoals o.a. zandwinstrategie, aanleg Oosterweeltunnel, risico op regime shift naar een hyperturbied systeem en de ecologische gevolgen.

Het voorliggend rapport beschrijft de resultaten van de ecologische doorvertaling van een reeks scenario's inzake het terugstorten van zanderige specie. Het opzetten en de validatie van het numeriek NEVLA model, gebruikt voor deze Beneden-Zeeschelde scenario's, wordt beschreven in Vos et al. (2015a). De numerieke modelresultaten van deze reeks zandsenario's is beschreven in Vos et al. (2015b). De gemodelleerde stroomsnelheden worden rechtstreeks gebruikt om de ecologische evaluatie uit te voeren. Samen met de voorgaande rapporten en het onderzoek 'Habitatmapping Zeeschelde' (Van Braeckel et al. in prep.) zal dit rapport uiteindelijk bijdragen aan een optimale invulling voor de toekomstige stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde. De strategie voor het terugstorten van slibrijke specie en de ecologische effecten op het pelagisch ecosysteem wordt grotendeels in andere rapporten beschreven (Coen et al., 2015; Cox & Meire 2015). In dit rapport gaan we enkel in paragraaf 3.2 in op de te verwachten effecten (o.a. bijkomende sedimentatie) na slibstorten.

Het doel van deze opdracht is dus om op basis van monitoringsdata en van de abiotische informatie die resulteren uit voorgaande modelstudies van de verschillende stortscenario's de ecologische effecten in te schatten.

Deze ecologische inschatting zal op 2 manieren gebeuren namelijk:

- Kwantitatieve inschatting van de effecten op ecotopen in het subtidaal gebied op basis van waterdiepte en hoog- of laagdynamische gebieden al dan niet rijker aan macrobenthos.
- Kwalitatieve ecologische inschatting van de effecten op intertidale ecotopen op basis van geomorfologische evolutie, huidige slik- en schorecotopen en aanwezige macrobenthos en watervogels.

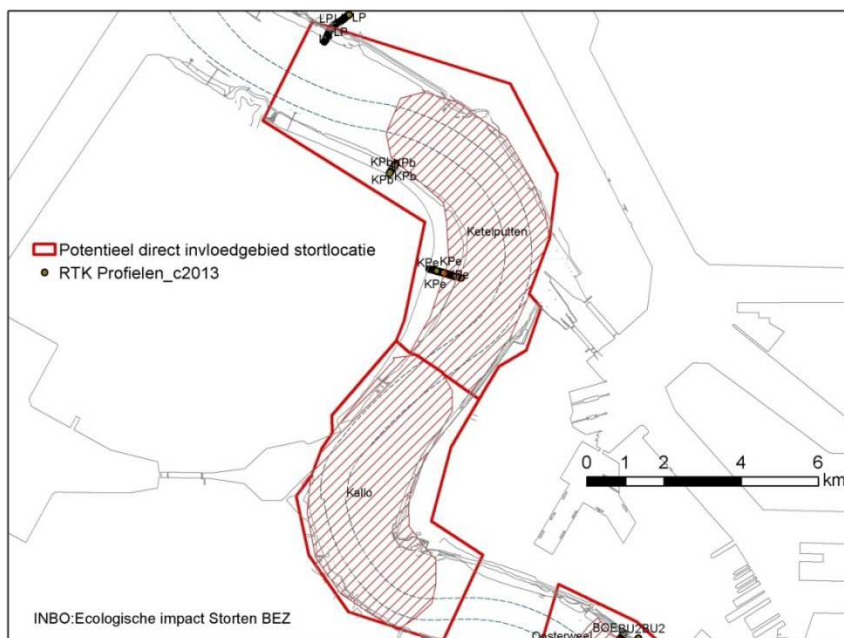


## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Studiegebied

De huidige stortstrategie voor zanderige specie is beperkt tot één locatie namelijk de stortlocatie Schaar Ouden Doel (ca. 2 Mm<sup>3</sup> per jaar). Om deze stortlocatie duurzaam te kunnen behouden als stortplaats wordt daar ook zandwinning uitgevoerd, eveneens a rato van 1,5 à 2 miljoen kub (Mm<sup>3</sup>) per jaar. Tevens werd een deel van de aanlegspecie van de derde verruiming ter hoogte van de diepe putten voor de Boudewijn/Van Cauwelaertsluis (Ketelputten) teruggestort. De omgeving van het stortvak Schaar Ouden Doel herbergt één van de grootste brakke ondiep subtidaal gebieden in de Beneden-Zeeschelde (Van Braeckel et al. 2006), alsook uitgestrekte slikken en schorren van groot ecologisch belang. Het lijkt dus ecologisch interessant om deze stort- en zandwinningsintensiteit op termijn af te bouwen, iets wat in het Agenda van de Toekomst- kader nader wordt bestudeerd. De stortcapaciteit binnen Schaar Ouden Doel zal daardoor afnemen en op middellange termijn mogelijks niet meer voldoen. Daarenboven kan het voor het sturen van morfologische ontwikkelingen met behulp van stortingen (verminderen van de getijslag bv.) interessant zijn om mogelijkheden in alternatieve stortlocaties in de diepere delen van de geul te bekijken (Vos et al. 2015b). De verwachting is ook dat sedimentstorten in hoogdynamische van nature als sterker verstoorde diepwatergebieden minder ecologische impact heeft dan storten in meer laagdynamische ondiepe gebieden. De locaties met hun potentiële invloedzones<sup>1</sup> die als mogelijke alternatieven in aanmerking komen, zijn weergegeven in Figuur 2-1, 2-2 en 2-3:

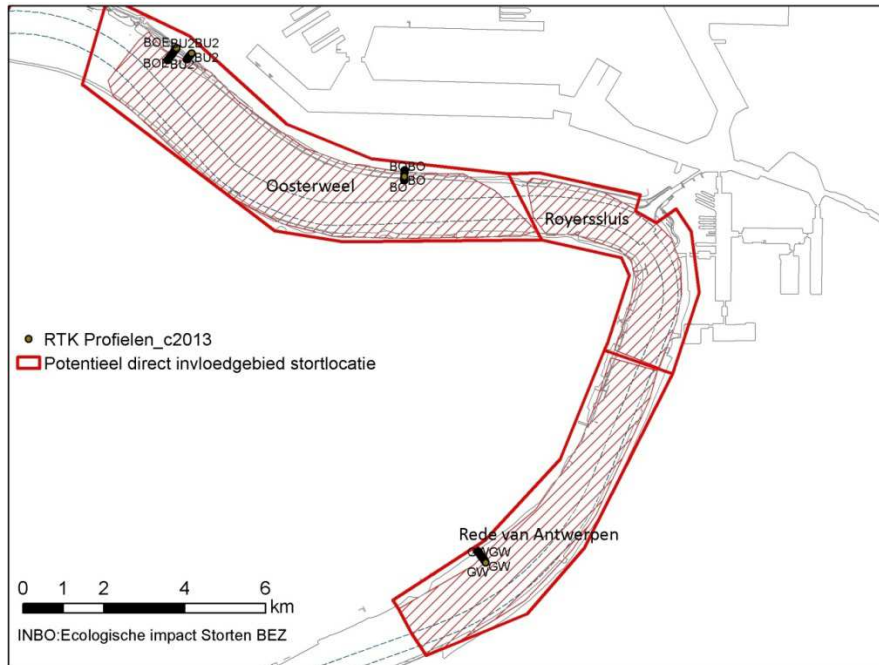
- Ketelputten
- diepe delen ter hoogte van Kallosluis
- diepe delen ter hoogte van Oosterweel
- diepe delen ter hoogte van Royerssluis
- diepe delen ter hoogte van de Rede van Antwerpen



Figuur 2-1: Ligging van het stortvak Ketelputten en de putten van Kallo met weergave van gemonitorde slikschorraaien

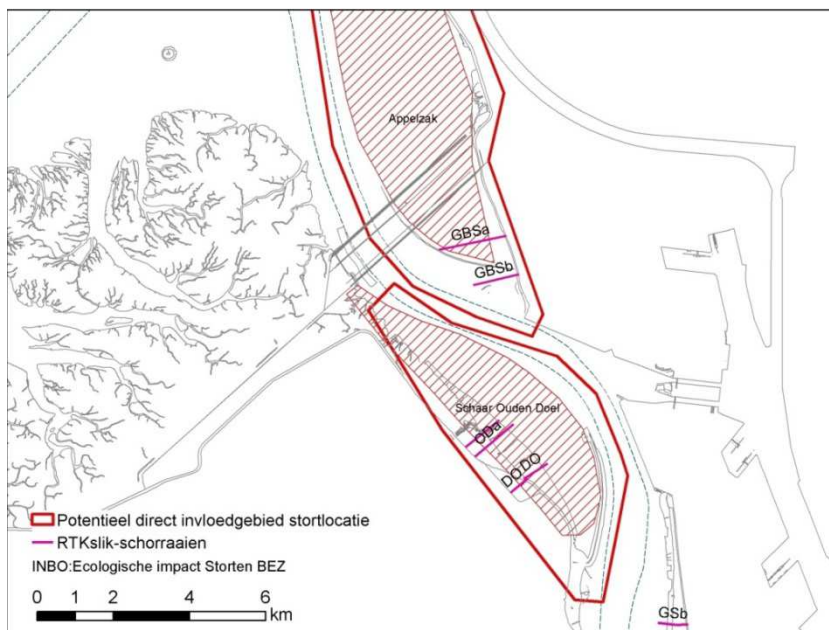
<sup>1</sup> Afbakening van potentieel direct invloedgebied is een ruwe inschatting van de riviersecties rond de stortlocaties en aangrenzende grote slik- en schorgebieden, enkel het estuariene gebied binnen deze zones worden bekeken.

Meer opwaarts gelegen stortzones rond Oosterweel, Royerssluis en Rede van Antwerpen (Figuur 2-2 ) bleken minder interessant voor zandstortingen omwille van hun geringe diepte, ze werden daarom slechts beperkt meegenomen in het onderzoek.



Figuur 2-2: Ligging van het stortvak voor de diepe delen van Oosterweel en Royerssluis en Rede van Antwerpen.

De mogelijkheid om (deels) verder te storten in de Schaar van Ouden Doel (Figuur 2-3) wordt eveneens bekeken, alsook het terugstorten in de Appelzak, een nevengeul in het oostelijk deel van de Westerschelde.



Figuur 2-3: Ligging van het huidige stortvak Schaar Ouden Doel en de Appelzak.

## 2.2 Aanpak

### 2.2.1 Zandstortscenario's

Het project sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde bestudeerde zowel slibstortscenario's als zandstortscenario's. De slibstortscenario's (o.a. Schaar van Ouden Doel, Ketelputten,...) worden in dit deelrapport slechts beperkt onderzocht in paragraaf 3.2. De belangrijkste ecologische impact van deze scenario's zijn te verwachten in het pelagisch ecosysteem, dat bestudeerd wordt in Cox & Meire 2015.

In dit deelrapport ligt de focus op de zandstortscenario's en de ecologische gevolgen voor de habitats en de hogere trofische niveau's met name de watervogels. Hierbij worden verschillende stortlocaties al dan niet gecombineerd en geëvalueerd voor verschillende storthoeveelheden. Voor de ecologische evaluatie van de verschillende zandstortscenario's wordt gebruik gemaakt van de hydrodynamische modelresultaten uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium met het NeVLA-model (zie Vos et al. 2015a).

Zandstortingen gebeuren in de huidige situatie enkel in de Schaar van Ouden Doel waarna zandwinning plaatsvindt overeenkomstig het gestort volume. Dit komt neer op ongeveer een 4Mm<sup>3</sup> gespreid over 2 jaar. De hydrodynamische doorrekening van storthoeveelheden van 0.5 ,1 ,2 ,4 Mm<sup>3</sup> vindt zijn oorsprong in combinatie storthoeveelheden en lokale stabiliteit (zie Vos et al. 2015b). Bij een bepaalde stabiliteit zal er bij 1Mm<sup>3</sup>/jaar na 10 jaar (looptijd huidige vergunning) een bepaald volume blijven liggen. Bij de storting van 0.5 Mm<sup>3</sup> in Ketelputten bleek bijvoorbeeld na vier a vijf maand slechts 35-40% te blijven liggen. Daarnaast bleek na twee weken storten circa 20% van het gestorte specie al verdwenen. De hydrodynamische doorrekening, die hier wordt gehanteerd, geeft dus een maximaal direct effect weer waarbij de volledige hoeveelheid specie integraal als een verondieping van de bodem wordt aangebracht.

De onderzochte zandscenario's uit Vos et al. (2015b) omvatten volgende stortlocaties en gesimuleerde storthoeveelheden (eenheid: Mm<sup>3</sup> of miljoen kubieke meter):

- Appelzak: 1-2-4 Mm<sup>3</sup>
- Schaar Ouden Doel: 1 – 2- 4 Mm<sup>3</sup>
- Ketelputten: 0.5 -1 – 2- 4 Mm<sup>3</sup>
- Kallo: 0.5 -1 – 2- 4 Mm<sup>3</sup>
- Oosterweel: 2-4 Mm<sup>3</sup>
- Royerssluis: 2- 4 Mm<sup>3</sup>
- Rede van Antwerpen: 2- 4 Mm<sup>3</sup>

Aangezien het invloedgebied van de verschillende stortlocaties nagenoeg een volledig onafhankelijke invloed hebben in de modelresultaten worden ze ook onafhankelijk behandeld. Voor Oosterweel, Royerssluis en Rede van Antwerpen werden de kleinere stortvolumes niet verder doorgerekend omdat deze zones in de tweede model-fase als niet erg realistisch werden beschouwd.

### 2.2.2 Kwantitatieve ecotoopveranderingen

#### 2.2.2.1 Ecotopenverandering op basis van huidig ecotopenstelsel

Uit de GIS rasters (20x20m) van de numerieke modelbodem van de verschillende stortscenario's en het referentiescenario (z028) wordt de bodemverandering tussen de referentie en de verschillende scenario's berekend. Dit resulteert in een 20x20m verschilgrid van de bodemhoogte. Deze verschilgrids worden gecombineerd met het waterdiepteraster met een ruimtelijke resolutie van 1 op 1 meter dat de basis vormt voor de Ecotopenkaart van de Beneden-Zeeschelde 2013 (Van Braeckel A. & Elsen R. in Van Ryckegem et al. 2015).

Na omzetting in een polygonenkaart resulteert dit in een ecotopenkaart van het subtidaal gebied per scenario. Aangezien op korte termijn geen morfologische doorrekening kon uitgevoerd worden voor de Beneden - Zeeschelde (Vos et al. 2015 a & b) bekijken we in deze studie vooral het initiële maximaal effect van ecotoopveranderingen ten gevolge van de zandstortingen. Aangezien de zandstortingen allen gebeuren in het subtidaal gebied zijn (vooral) hier de directe veranderingen zichtbaar. Voor de kwantitatieve benadering focussen we dan ook op het subtidaal gebied.

De eerste scenariooverkenning omvat verschillende stortintensiteiten op alle locaties:

- huidig scenario (huidige toestand van Schaar van Doel met storten en zandwinnen)
- stortscenario's van 1 miljoen m<sup>3</sup> zandige specie (Mm<sup>3</sup>) in alle locaties
- stortscenario's van 2Mm<sup>3</sup> zandige specie in alle locaties
- stortscenario's van 4Mm<sup>3</sup> zandige specie in alle locaties

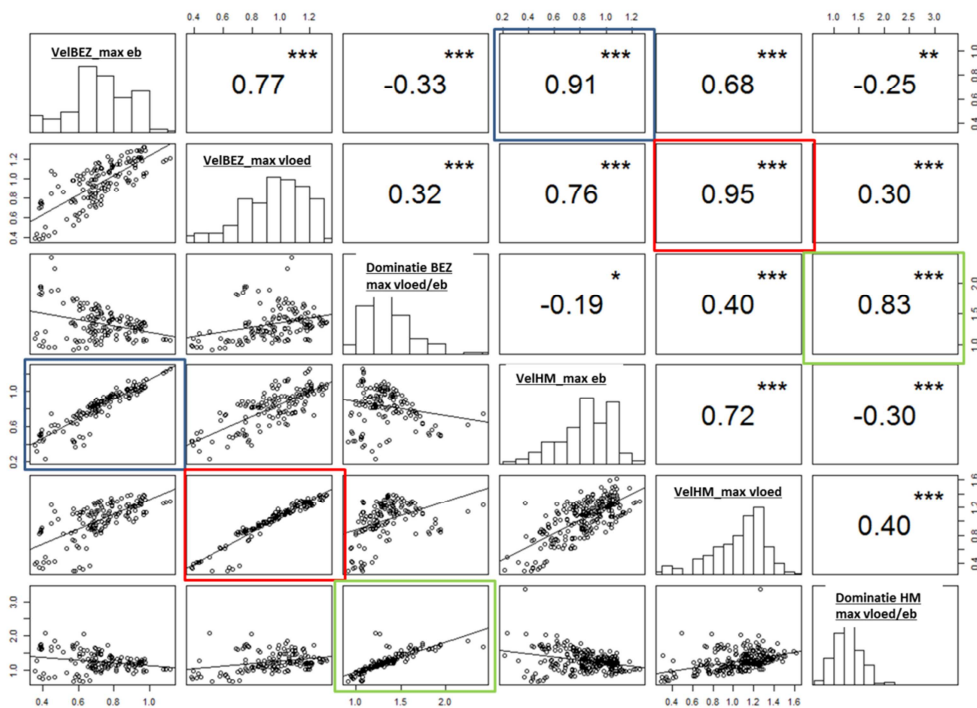
Bij de vergelijking worden waterdiepteklassen onderscheiden op basis van de hoogte onder het gemiddeld 30 procent percentiel van de laag waters in de periode 2009 en 2013 (verder benoemt als LW30 (MONEOS-methodiek in Van Braeckel & Elsen 2015). In de MONEOS ecotopenklassificatie worden ondiep water (0-2m onder LW30), matig diep (2-5m onder LW30) en diep water (>5m onder LW30) onderscheiden. Voor deze studie werd nog een bijkomende diepteklasse onderscheiden van zeer diep water (> 10m onder LW) waar voornamelijk de vaargeul in valt.

#### 2.2.2.2 *Ecotopenveranderingen op basis van Habitatmapping Zeeschelde ecotoopresultaten*

Naast de ecotoopverandering op basis van waterdiepte wordt ook gebruik gemaakt van de kennis en resultaten uit het project Habitatmapping Zeeschelde partim subtidaal (cfr. HABMAP, Van Braeckel et al. in prep). Hier bleek maximale stroomsnelheid bij vloed één van de belangrijkste parameters te zijn om macrobenthosdensiteit te bepalen naast in mindere mate ebvloed-dominantie.

Voor de gemodelleerde stroomsnelheidsdata maken we dus gebruik van de NEVLA modeldoorrekening voor de Beneden - Zeeschelde (Vos et al. 2015 a & b).

Om de HABMAP-classificatie in laag- en hoogdynamisch subtidaal gebied te kunnen uitvoeren diende eerst een vergelijking gemaakt te worden tussen de stroomsnelheidsvariabelen van het numeriek NEVLAmodel uit de Habitatmapping Zeeschelde studie (HM-model) en het in deze studie gebruikte NEVLAmodel uit de Beneden-Zeeschelde stortscenario's (cfr. BEZ-model, simulatieperiode 24/09 tot 24/10/2009). Dit is geïllustreerd in de correlatiematrix in Figuur 2-4, waar stroomsnelheidparameters van het huidig gebruikte BEZ- model vergeleken wordt deze van het HM-model. De verschillen in stroomsnelheid zijn hoofdzakelijk toe te schrijven aan de randvoorwaarden en in mindere mate het verschil in modelrastergrootte. Bij het Habitatmapping model (HM) was dit een gemiddeld springtij (GTF ~ 1,15 à 1,2) en een 5x5m raster en hier in het Beneden - Zeeschelde is een morfologische getij en een 20x20m raster, wat overeenstemt met een zeer matig springtij (GTF ~ 1,08). De randvoorwaarden resulteren in iets lagere stroomsnelheden en de grovere gridresolutie in een grotere ruimtelijke uitmiddeling.

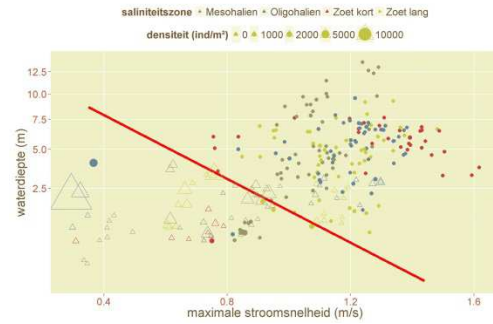
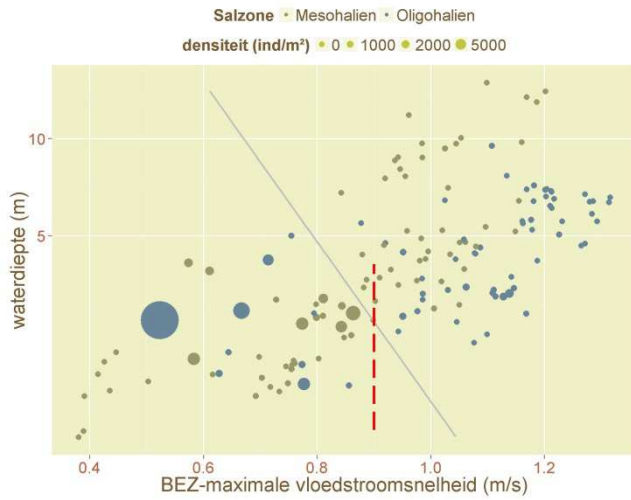


Figuur 2-4: Correlatiegrafiek tussen de stroomsnelheden in het Nevlamodel gebruikt binnen dit project en het gedetailleerd Nevlamodel gebruikt in het project Habitatmapping Zeeschelde

De HABMAP-classificatie voor macrobenthos in het hoog- en laagdynamisch subtidaal gebied gebeurde met behulp van een splitfunctie op basis van maximale vloedstroomsnelheid en waterdiepte in relatie met de totale macrobenthosdensiteit in de volledige Zeeschelde. Binnen deze studie beschikken we qua numerieke modelresultaten enkel over data voor het mesohaliene en oligohaliene deel van de Zeeschelde alsook andere randvoorwaarden.

Na uitvoering van de splitfunctie op enkel de mesohaliene en oligohaliene zone blijkt de classificatie (Figuur 2-5a) gelijkwaardig te zijn aan de classificatie voor de volledige Zeeschelde (Figuur 2-5b). Vergelijkbaar met het Zout Ecotopen Stelsel gebruikt in de Westerschelde en de eerste verkennende aanpak binnen Habitatmapping Zeeschelde is het ecologisch waardevol laagdynamisch areaal afgebakend op basis van één grenswaarde voor de maximale stroomsnelheid. De grenswaarde waar we hier bij deze numerieke modeloutput en randvoorwaarden op uitkwamen is een maximale stroomsnelheid bij vloed van 0.9 m/s en een maximale waterdiepte van 5 meter. De gebieden die hieraan voldoen hebben meest kans op een hogere macrobenthosdensiteit.

a



b. Zelfde classificatie methode uit het habitatmappingproject Zeeschelde voor de volledige Zeeschelde (bol: HM12 basisset; driehoek: LD13-validatieset –Van Braeckel et al. 2015)

Figuur 2-5:a Vereenvoudigd classificatie in hoog- en laagdynamische habitats gebaseerd op BEZ numeriek modelresultaten op basis van totale macrobenthosdensiteit in relatie tot waterdiepte en maximale vloed snelheden. Grenswaarden zijn waterdiepte <5m en maximale vloedstroomsnelheid < 0.9.

Deze doorrekening is gebeurd voor:

- huidig scenario (huidige toestand van Schaar van Doel met storten en zandwinnen)
- stortscenario's van 1 Mm<sup>3</sup> zandige specie in alle locaties
- stortscenario's van 2 Mm<sup>3</sup> zandige specie in alle locaties
- stortscenario's van 4 Mm<sup>3</sup> zandige specie in alle locaties
- stortscenario's van 0.5 Mm<sup>3</sup> zandige specie in de verbijzonderde locaties (fase 2)

Tabel 2-1. Benthosoortenoverzicht uit de subtidale meetcampagnes in habitatmapping Zeeschelde (2012-2013) in de mesohaliene en oligohaliene zone

Hooger taxon	Familie	Soort	models oort	# stalen met soort:totaal & per saliniteitszone		gemiddelde densiteit (ind/m <sup>2</sup> )	
				MH	OH		
<b>Bivalvia</b>		<i>Macoma balthica</i>	X	7		225	
<b>Amphipoda</b>		<i>Apocorophium lacustre</i>		1	2	2753	
		<i>Bathyporeia pilosa</i>	X	8	8	1384	
		<i>Corophium volutator</i>		3		2059	
		<i>Gammarus</i> sp.			1	63	
		<i>Gammarus zaddachi</i> *	X		3	87	
<b>Isopoda</b>		<i>Eurydice pulchra</i>		2		378	
		<i>Cyathura carinata</i>		4		676	
<b>Nemertea</b>		Nemertini		1		63	
<b>Polychaeta</b>	<b>Capitellidae</b>	<i>Heteromastus filiformis</i>	X	11		121	
		<i>Boccardiella ligerica</i>		1		190	
	<b>Spionidae</b>	<i>Marenzelleria neglecta</i> *	X	3	35	246	
		<i>Marenzelleria</i> sp.		1		629	
		<i>Streblospio benedicti</i>		4		802	
<b>Oligochaeta</b>	<b>Enchytraeidae</b>				1	629	
<b>Tubificinae</b>		<i>Bothrioneurum vej dovskyanum</i>			1	63	
		<i>Limnodrilus claparedeianus</i>			1	221	
		<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	X		6	473	
		<i>Limnodrilus</i> sp. 1			3	1412	
		<i>Potamothenix hammoniensis</i>			1	346	
		<i>Potamothenix moldaviensis</i>	X		1	636	
		<i>Psammoryctides barbatus</i>			1	63	
		Tubificide met haren			3	441	
		Tubificide zonder haren			4	13	1383
		<i>Tubificoides heterochaetus</i>	X		9		2445
	<b>Diptera</b>	<b>Ceratopogonidae</b>	Ceratopogonidae			1	629
	<b>*soort voor hoogdynamische gebieden</b>		<b>Totaal niet lege stalen</b>		59	81	

## 2.2.3 Kwalitatieve inschatting van ecotoopveranderingen

Deze kwalitatieve inschatting gebeurt op basis van de huidige toestand van geomorfologie, ecotopen en de watervogels.

### 2.2.3.1 Geomorfologie

Langsheen de Zeeschelde en zijrivieren worden in het kader van MONEOS jaarlijks 31 slik-en-schorraaien met een RTK GPS ingemeten. Daarnaast zijn 13 aanvullende slik-en-schorraaien ingemeten op niet jaarlijkse basis binnen dezelfde MONEOS meetcampagne of binnen andere INBOprojecten. In Tabel 2-2 is het overzicht van de ingemeten slik-en-schorraaien in de Beneden-Zeeschelde. Het overzicht toont het aantal ingemeten en gevalideerde RTK-GPS punten per raai voor elk campagnejaar (c2014 - c2008), waarbij de metingen gebeuren in de winterperiode op het einde van het campagnejaar.

Tabel 2-2. Overzicht MONEOS slik-en-schorraaien langs de Beneden-Zeeschelde, in vet aangeduid de hier besproken raaien.

Salinitieis- zone	Raai-code	Campagne	x- coördinaat (BL72)	y- coördinaat (BL72)	c2008	c2009	c2010	C2011	C2012	C2013	C2014
Mesohalinen	<b>GBSa</b>	<b>MONEOS</b>	<b>141319</b>	<b>228044</b>			<b>94</b>	<b>89</b>	<b>99</b>	<b>97</b>	<b>97</b>
	<b>GBSb</b>	<b>MONEOS</b>	<b>141630</b>	<b>227570</b>			<b>60</b>	<b>57</b>	<b>60</b>	<b>78</b>	<b>66</b>
	GBSd	Aanvullend	141738	227503					88	70	75
	<b>Oda</b>	<b>MONEOS</b>	<b>141634</b>	<b>225493</b>	<b>33</b>		<b>35</b>		<b>109</b>	<b>125</b>	<b>77</b>
	<b>DO</b>	<b>MONEOS</b>	<b>142088</b>	<b>225021</b>		<b>50</b>	<b>92</b>	<b>101</b>	<b>112</b>	<b>109</b>	<b>109</b>
	ODNL2	Aanvullend	140398	226678		145			68		75
zone met grote saliniteitsgradient	GSb	MONEOS	143901	223155		63	132	56	106	53	84
	GSc	Aanvullend	144091	222174		69	81	42	45	60	66
	GSD	Aanvullend	143930	222459	64			54	62	38	29
	LH	Aanvullend	144233	221604	31		32		33	32	68
	<b>LP</b>	Aanvullend NOP	144936	221238	41			53	84	78	70
	<b>KPe</b>	<b>MONEOS</b>	146068	219024		90	52	55	50	67	30
	<b>KPb</b>	<b>Aanvullend NOP</b>	145559	219999		44		27	39	53	46
	<b>BOE</b>	<b>MONEOS</b>	147742	215643			56	34	33	40	29
	GW	MONEOS	150553	211206	40		38	37	29	38	37
Oligohalinen Whina	HO	MONEOS	147424	208036	14		18	22	18	45	29
	VL	Aanvullend	146877	202162	18			15	22	28	31
	GBa	MONEOS	133177	192665		16	13	6	13	18	18

### 2.2.3.2 Watervogels

Bij de analyse van de watervogels is gefocust op de verschillende watervogeltelgebieden per oever in de invloedgebieden van de stortlocaties. Er is geïnventariseerd hoeveel vogels behorende tot verschillende indicatorgroepen aanwezig waren in de periode 2008-2015 per invloedzone van de verschillende stortlocaties (data Watervogeldatabank INBO).



De indicatorgroepen zijn:

**Voedselgilde** : benthivoor (bodemdiereters ~ steltlopers), omnivoor (alleseters ~ eenden, herbivoor (planteneters ~ganzen + smient) en piscivoor (viseters ~ sternens, futen en aalscholvers). (Zie bijlage 1) gebaseerd op de lijst opgesteld voor de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium (Maris et al. 2014).

De benthivore en omnivore vogels zullen potentieel het meest beïnvloed worden door veranderingen in de geomorfologie (veel erosie of sedimentatie) en door veranderingen in de hydrodynamiek die effect hebben op het aanwezige benthos. Mogelijke effecten op de piscivore vogels zijn er door zuurstofstress en verminderen in het doorzicht (zicht jagende soorten bv. reigers, futen, sternens).

**Vogelgrootte**: klein, middelmatig of grote soorten.

Kleine soorten zijn relatief gevoeliger aan veranderingen in voedselaanbod of foerageerduur (versteiling / vermindering in slikareaal). Gebieden met relatief meer kleine soorten zijn bijgevolg gevoeliger aan veranderingen in voedsel (benthos), versteiling of oppervlakte aanbod.

## 3 Resultaten

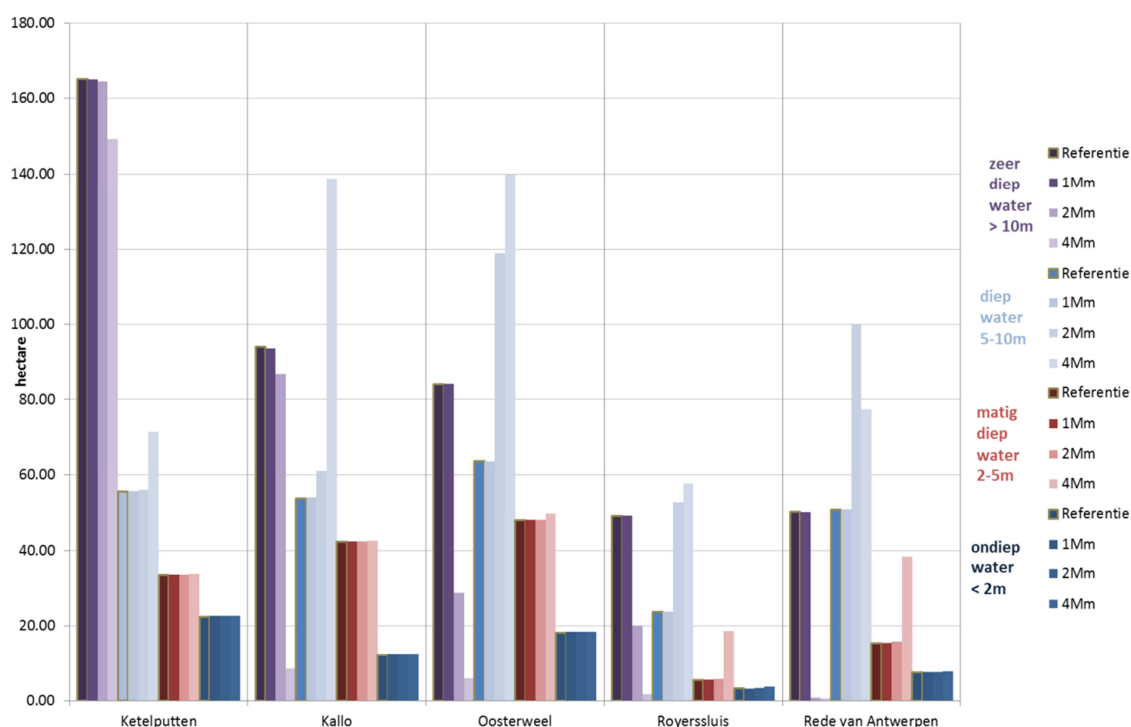
### 3.1 Kwantitatieve ecotoopverandering

#### 3.1.1 Stortlocaties in de vaargeul

##### 3.1.1.1 Initiele impact op ecotopen

De directe impact van de zandstortingen verschillen afhankelijk van de locatie (Figuur 3-1). Bij storten in de Ketelputten is slechts een toename diep subtidaal te merken vanaf 4 Mm<sup>3</sup> samen met een afname van zeer diep subtidaal. De ecologisch meest interessante waterecotopen matig en ondiep water blijft gelijk. In de putten van Kallo zien we gelijkaardig effecten van zand storten. Hier neemt het areaal diep subtidaal af bij het storten van 2Mm<sup>3</sup> of meer. Bij stortingen in Oosterweel neemt het areaal diep subtidaal sterk toe vanaf 2Mm<sup>3</sup> of meer, ten nadele van zeer diep subtidaal. Enkel bij 4Mm<sup>3</sup> is er een lichte stijging van het matig diep areaal. Al deze verschuivingen blijven in deze stortgebieden binnen de diepe en zeer diepe subtidaal ecotopen van meer dan 5 meter. Hierdoor wordt op basis van de waterdiepte geen of weinig verbetering van de ecologische kwaliteit verwacht.

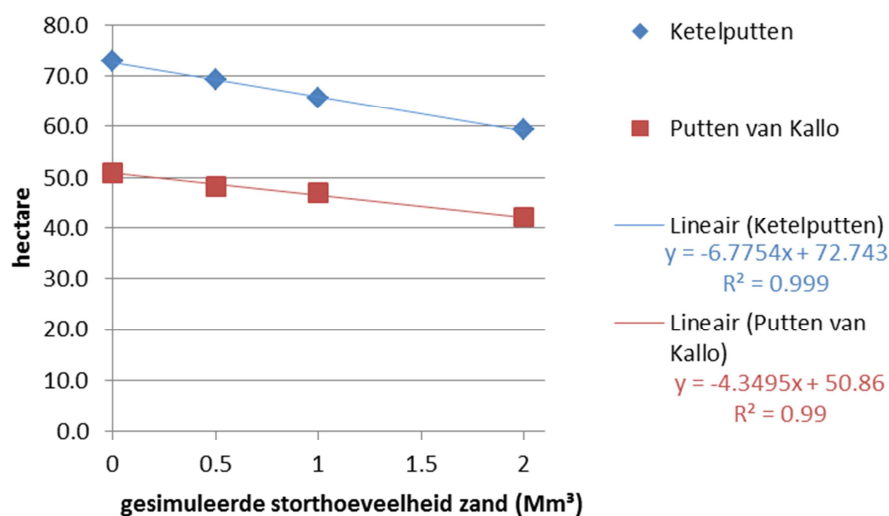
In Royerssluis en Rede van Antwerpen is vanaf 2Mm<sup>3</sup> een duidelijke toename van diep water te zien ten nadele van zeer diep water en vanaf 4Mm<sup>3</sup> van matig diep water ten nadele van diep water.



Figuur 3-1: Toename en afname van de verschillende waterdieptezones bij de verschillende stortscenario's: referentie, 1Mm<sup>3</sup>, 2Mm<sup>3</sup> en 4Mm<sup>3</sup>

Door de te sterke verondieping in de vaargeul, nadelig voor de scheepvaart, werd na voorgaande analyse van de waterecotopen en de modelrapportage van Vos et al. (2015b) beslist om enkel Ketelputten en de putten van Kallo te weerhouden in de analyse op basis van stroomsnelheden.

### 3.1.1.2 Hoog- en laagdynamische ecotopen



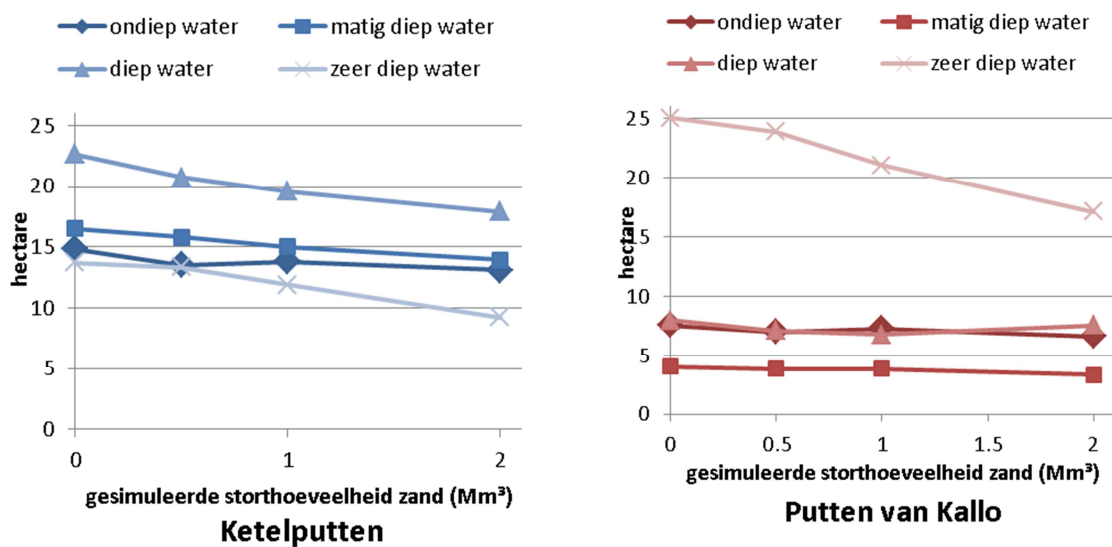
Figuur 3-2: Relatie tussen areaal met vloedsnelheden onder de 0.9 m/s en storthoeveelheden: referentie(0Mm³), 0,5Mm³, 1Mm³ en 2Mm³ in de Ketelputten en de putten van Kallo onafhankelijk van waterdieptes.

Zandstortingen op de nieuwe stortlocaties resulteren initieel en maximaal ingeschat in een daling van het areaal met 0.9 m/s als vloedsnelheidbovengrens. Dit effect is in de Putten van Kallo minder sterk dan in de Ketelputten.

Voor het ecologisch belangrijk laagdynamisch areaal in ondiep en matig diep water op basis van het macrobenthos (cfr 2.2.2.2 & Figuur 2-5) is er ook een daling terug te vinden maar minder sterk (zie Tabel 3-1). Bij het storten van zand in de putten van Kallo treedt een beperkte daling op van 0.4 tot 0.7 hectaren bij intensiteiten van 0.5 tot 1 Mm³. Bij het storten van 2Mm³ neemt het ecologisch waardevol laagdynamisch areaal af met 1.6 hectare. Bij storten in de Ketelputten is het effect op ecologisch waardevol laagdynamisch areaal groter. Reeds vanaf het storten van 0.5Mm³ treedt een daling van 2 hectare op en neemt dit toe tot 4.4 hectaren bij het storten van 2Mm³. Procentueel gezien is het effect vergelijkbaar tussen de 2 stortlocaties (zie Tabel 3-1).

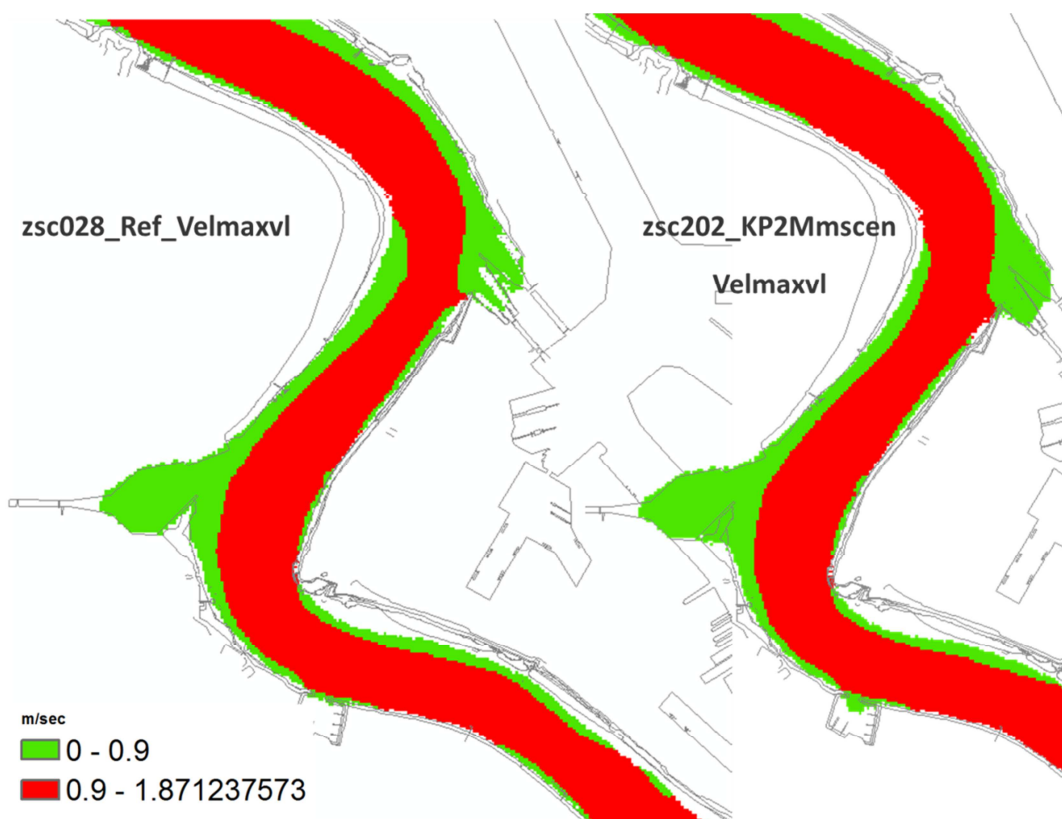
Tabel 3-1. Overzicht arealen per waterdiepteklasse laagdynamisch gebied bij de verschillende stortscenario's: referentie, 1Mm³, 2Mm³ en 4Mm³ in de Ketelputten en de putten van Kallo

Stortlocatie	Stort-hoeveelheid (Mm³)	Ecologisch waardevol laagdynamisch (waterdiepte < 5m)				Ecologisch minder waardevol laagdynamisch (waterdiepte > 5m)		
		ondiep water	matig diep water	waterzone < 5m	Vershil tov Ref. ha	%	diep water	zeer diep water
Ketelputten	0	14.8	16.5	31.4	-	-	22.6	13.7
	0.5	13.5	15.8	29.3	-2.0	-6.4	20.7	13.3
	1	13.8	15.0	28.8	-2.5	-8.0	19.6	11.9
	2	13.1	13.9	27.0	-4.4	-13.9	17.9	9.2
Putten van Kallo	0	7.6	4.0	11.6	-	-	8.0	25.0
	0.5	7.0	3.8	10.8	-0.7	-6.3	7.1	23.9
	1	7.3	3.9	11.2	-0.4	-3.7	6.8	21.1
	2	6.7	3.3	10.0	-1.6	-13.7	7.6	17.1



Figuur 3-3: Relatie tussen ecologisch waardevol laagdynamisch areaal per waterdiepte klasse en de storthoeveelheden: referentie (0Mm³), 0,5Mm³, 1Mm³ en 2Mm³ in de Ketelputten en de putten van Kallo.

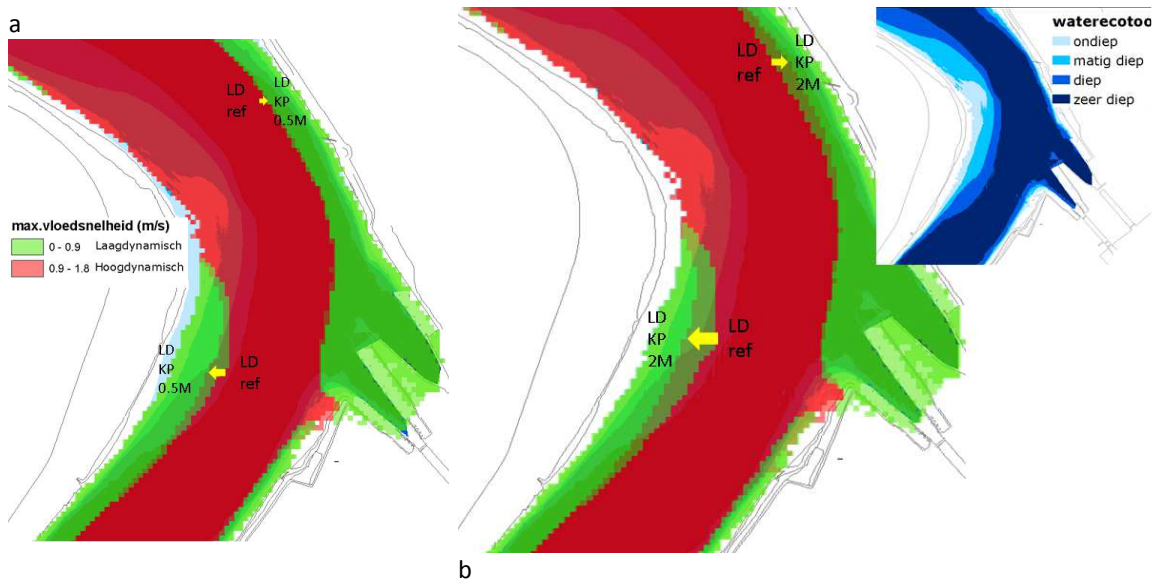
Ruimtelijk is de daling van het areaal met snelheden onder de 0.9m/s ook te zien aan het versmallen van het groene areaal (Figuur 3-4), vooral aan de opwaartse bocht van de Ketelplaten.



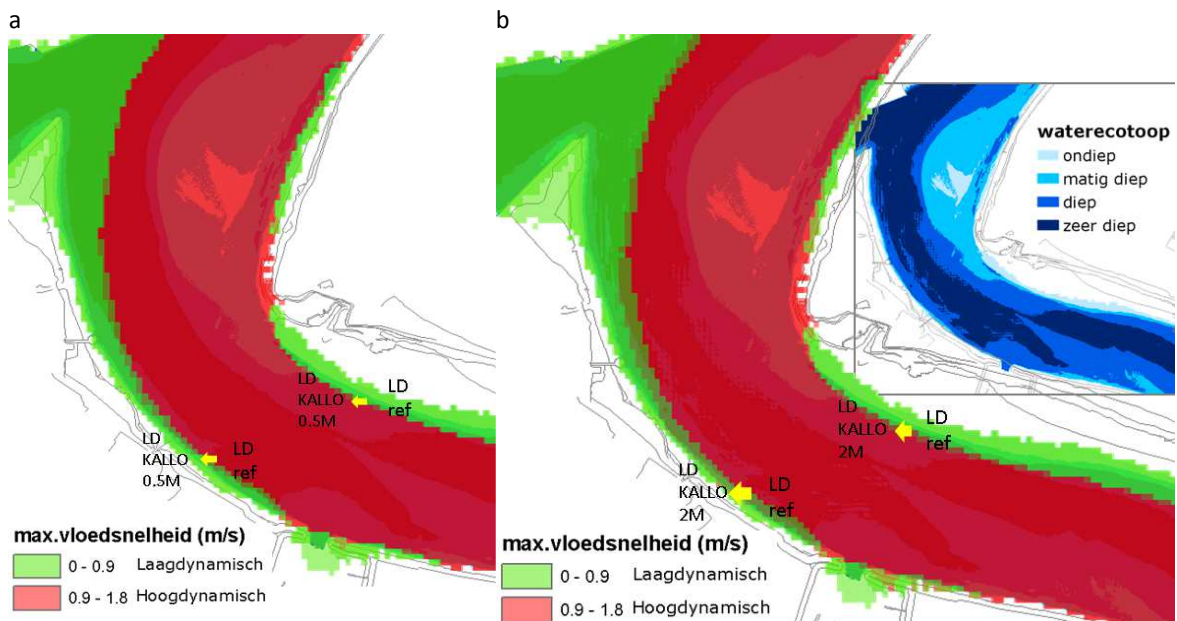
Figuur 3-4: Veranderingen van het areaal laagdynamisch gebied tussen de referentie en 2Mm³ in de Ketelputten

Wanneer ook rekening wordt gehouden met de waterecotoepen bij het verder inzoomen op de Ketelplaat (Figuur 3-5), is duidelijk een versmalling van het laagdynamisch areaal zichtbaar in het ondiep en matig diep watergebied van dit stroomopwaarts ebgedomineerd deel.

In de putten van Kallo (Figuur 3-6) treden de belangrijkste versmallingen op in de zeer diepe watergebieden in het vloedgedomineerde deel stroomopwaarts van de toegang tot de sluizen van Kallo, wat een beperkte ecologisch impact heeft.



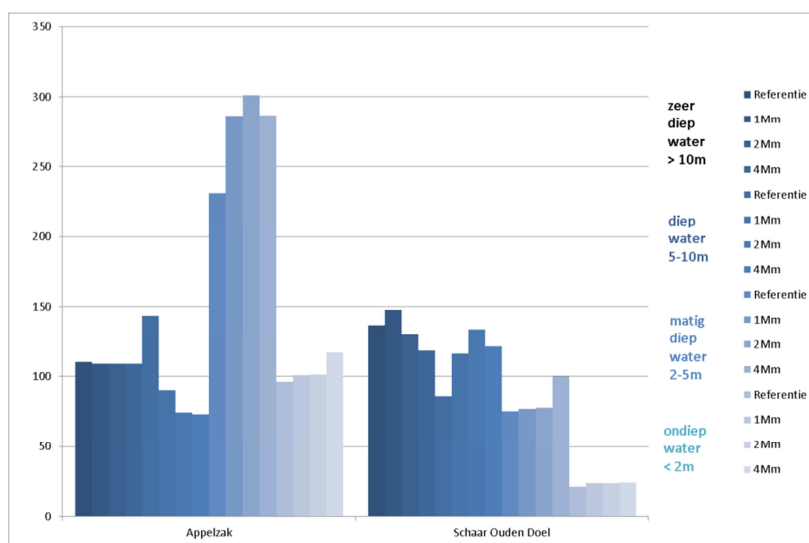
Figuur 3-5: Veranderingen van het laagdynamisch gebied in de ondiep en vooral matig diepe waterzone thv de binnenbocht nabij Ketenisse tussen de referentie en a) 0.5Mm³ en b) 2Mm³ in de Ketelputten



Figuur 3-6: Veranderingen van het laagdynamisch gebied in de ondiep en vooral matig diepe waterzone thv de binnenbocht nabij Ketenisse tussen de referentie en a) 0.5Mm³ en b) 2Mm³ in de putten van Kallo

### 3.1.2 Stortlocaties in de nevengeul

#### 3.1.2.1 Subtidale ecotopen



Figuur 3-7: Oppervlakte verandering van de waterdieptezones bij verschillende stortscenario's: referentie, 1Mm<sup>3</sup>, 2Mm<sup>3</sup> en 4Mm<sup>3</sup>

Bij de stortscenario van 1 – 4 Mm<sup>3</sup> zand is in de Nederlandse stortlocatie en de huidige stortlocatie Schaar Ouden Doel duidelijk een stijging te zien in matig en ondiep water. In de Appelzak gebeurt dit al bij 1Mm<sup>3</sup> en in Schaar Ouden doel bij 4 Mm<sup>3</sup>.

#### 3.1.2.2 Hoog- en laagdynamische ecotopen

Het ecologisch belangrijk laagdynamisch ecotoop in de ondiep en matig diepe waterzone stijgt bij het storten (of het verminderen van zandwinnen) met 1Mm<sup>3</sup> in Schaar van Ouden Doel reeds met 2.4 hectares. In de Nederlandse stortplaats de Appelzak neemt het laagdynamisch areaal in het ondiep subtidaal met 5.4 ha toe en in het matig diep water stijgt het met een derde of 41.8 hectares.

Tabel 3-2. Overzicht arealen per waterdiepte klasse laagdynamisch gebied bij de referentie en het stortscenario met, 1Mm<sup>3</sup> in de Schaar van Ouden Doel en de Appelzak.

Stortscenario	Stortlocatie	Stort - Intensiteit (Mm <sup>3</sup> )	Ecologisch waardevol laagdynamisch (<LW-5m)		Totaal < 5m	Verschil tov Ref.	Ecologisch minder waardevol >5m	
			ondiep water	matig diep water			diep water	zeer diep water
Ref028	Schaar Ouden Doel	0	14.6	17.8	32.4	-	17.1	44.2
SOD1Mm <sub>215</sub>	Schaar Ouden Doel	1	16.1	18.7	34.8	+ 2.4	18.0	36.9
Ref028	Appelzak	0	86.8	154.5	241.3	-	85.6	60.9
Appelzak1Mm <sub>214</sub>	Appelzak	1	92.2	196.3	288.5	+ 47.2	52.1	54.1

### 3.1.3 Conclusie kwantitatieve benadering

Uitgaande van de kwantitatieve analyse van de ecotopen en ecologisch waardevolle laagdynamische arealen is de maximaal ingeschatte impact van het storten in de Ketelputten een duidelijk areaalverlies tot zelfs 4.4 ha bij 2Mm<sup>3</sup>. Bij het storten van zand in de putten van Kallo is het verlies eerder beperkt. Procentueel gezien is de impact op het totaal laagdynamisch areaal in het gebied rond Kallo en Ketelputten wel vergelijkbaar. Anderzijds zorgt een storting (of verminderde zandwinning) van 1Mm<sup>3</sup> in de Schaar van Ouden Doel voor een aanzienlijke toename in ecologisch waardevol laagdynamisch areaal.



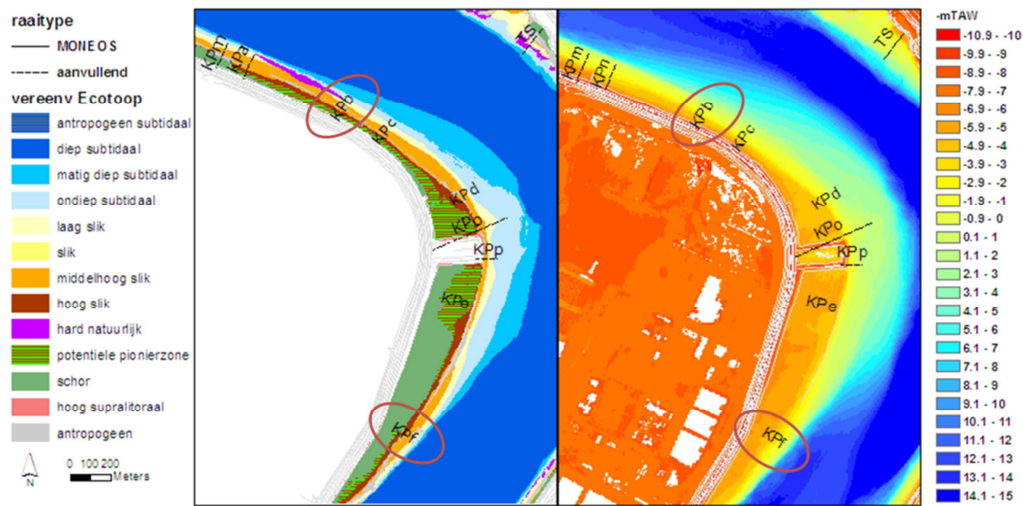
## 3.2 Kwalitatieve ecotoopveranderingen

### 3.2.1 Geomorfologische toestand adhv slikschorprofielen

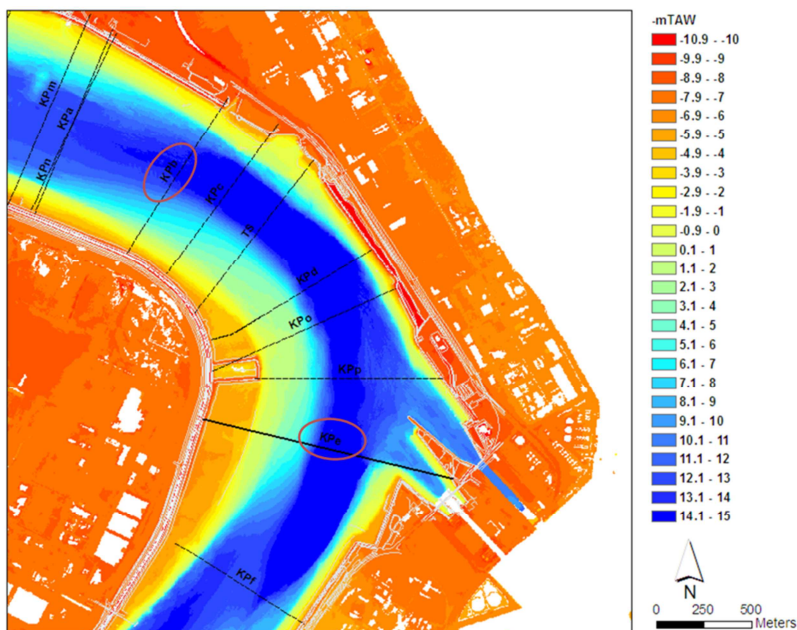
Langsheen de Zeeschelde en zijrivieren worden in het kader van MONEOS jaarlijks 31 slik-en-schorraaien met een RTK GPS ingemeten. Daarnaast zijn 13 aanvullende slik-en-schorraaien ingemeten op niet jaarlijkse basis binnen dezelfde MONEOS meetcampagne of binnen andere INBOprojecten. In Tabel 2-2 is het overzicht van de ingemeten MONEOS slik-en-schorraaien in de Beneden-Zeeschelde.

#### 3.2.1.1 Invloedgebied nieuwe stortlocatie in de vaargeul: Ketelplaat

Aan de binnenbocht nabij de Ketelputten ligt het natuurontwikkelingsgebied Ketenisse. Het was een voormalige opgehoogde buitenpolder die sinds januari 2003 grotendeels is afgegraven tot onder hoog water. Binnen dit gebied werd tot in 2011 in 6 (a-f) raaien opgemeten (Speybroeck et al. 2011). Binnen MONEOS worden 2 contrasterende slik-en-schor raaien verder opgevolgd namelijk KPb en KPe.



Figuur 3-8: Situering raaien op Ketenisse



Figuur 3-9: Situering locatie dwarsprofielen Ketenisse

### Ketenisse b (Kpb)

Deze MONEOSraai is representatief voor het noordelijke of meest stroomafwaartse dynamisch deelgebied.

#### Beschrijving campagne 2015

Beschrijving - 24-02-2015

Karakteristiek: *NOP gebied*: 0- 57m, schor-slikgrens: 19.1m; breuksteenzone van 59.9m tot 66.4m;

#### Schorrand-hoog slik



#### Schorrand

Vegetatie	pioniersvegetatie
Frontlijn	recht
Vorm	geleidelijk
Klifhoogte- diepte	n.v.t.
<u>Hoog slik</u> substraat	zandige afzetting aan de schorrand
Geomorfologische kenmerken	

#### Middelhoog slik



Substraat	Slibrijk zand op veen
Geomorfologische kenmerken	

#### Laag slik (foto: 03-2014)



Substraat	slibrijk
Geomorfologische kenmerken	

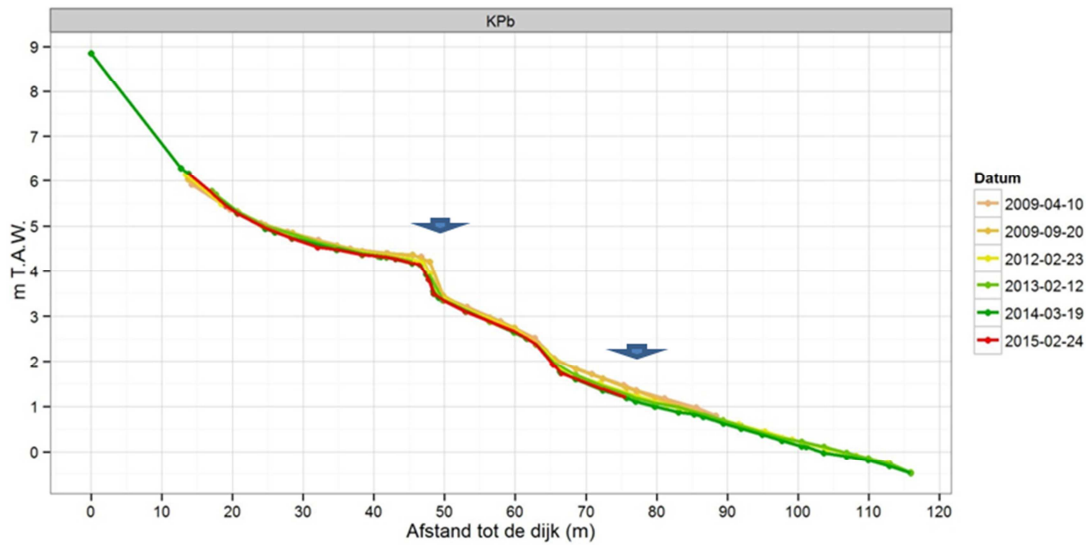
Opmerkingen: Breuksteen tussen midden en laag slik, aanwezigheid van veen

#### Middellange termijn evolutie

- Schorevolutie: Tussen 09-2009 en 02-2015 sedimenteerde het schor met zandig substraat.
- Schorrandevolutie: Door de zijwaartse uitbreiding van de pioniersvegetatie groeide het schor aan met 2m
- Slikevolutie: Het slik vertoont een systematische erosie. Verhoogde erosie onder de breuksteenzone (ten minste tot ~90m).



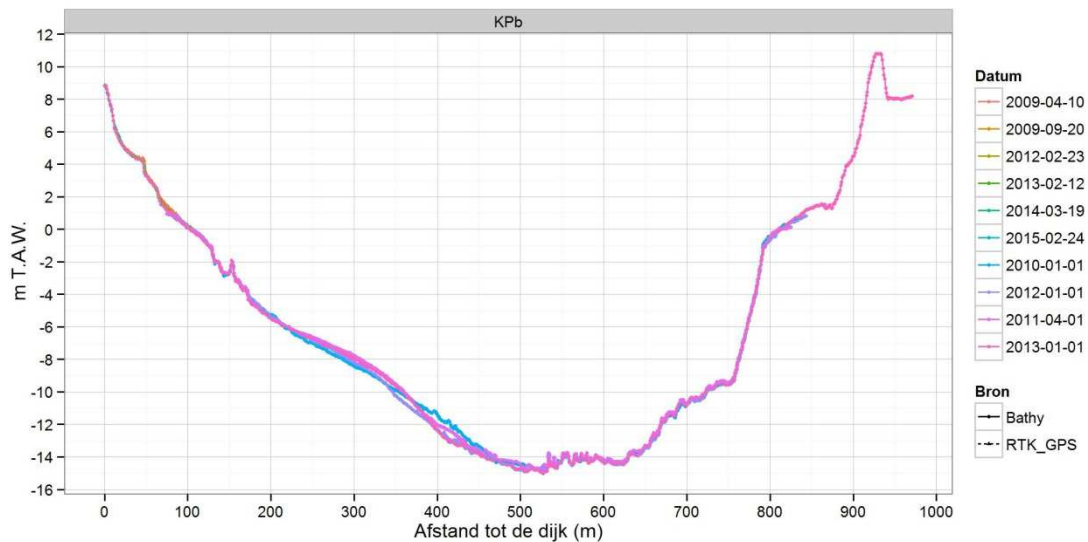
⇒ *Sliksubstraat vergelijking*: Tussen 02-2012 en 02-2013 kende het slik een zandig substraat, in het middelhoog slik verscheen een hard kleisubstraat, na 02-2013 verslibde het slik. Het laag slik bleef tot 03-2014 slibrijk, enkel in de hoogste zone verschenen microribbels. De microklifjes aanwezig tegen de laagwaterlijn blijven onveranderd.



Figuur 3-10: Slik-en-schorraai Ketenisse b

#### Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 0&-2013

De slikraai loopt in rechte lijn over in de subtidale geul zonder bufferende ondiepe zone. De vaargeul is op 526 m van de dijk -15.01 m TAW diep. Tussen 01-2010 en 01-2012 erodeerde de linkeroever van de geul. Na 01-2012 sedimenteerde de linkerwand tot op 390m



Figuur 3-11: Dwarsprofiel Ketenisse b

### Ketenisse e (KPe)

Deze MONEOSraai is representatief voor een bredere, minder dynamische zone in het zuidelijk deel van de polder.

### Beschrijving campagne 2015

Beschrijving - 24-02-2015

Karakteristiek: *NOP-gebied*: Schor-slikgrens:109.1m, breuksteenzone van 254.3m tot 264.6m;

#### Schorrand-potentiële pionierzone en hoog slik



#### Schorrand

Vegetatie	Pioniersvegetatie van Zulte
Frontlijn	golvend
Vorm	geleidelijk
Klifhoogte- diepte	n.v.t.
<u>Hoog slik</u>	
Substraat	slibrijk zand
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Middelhoog slik\*



Substraat	zand op hard substraat
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Laag slik



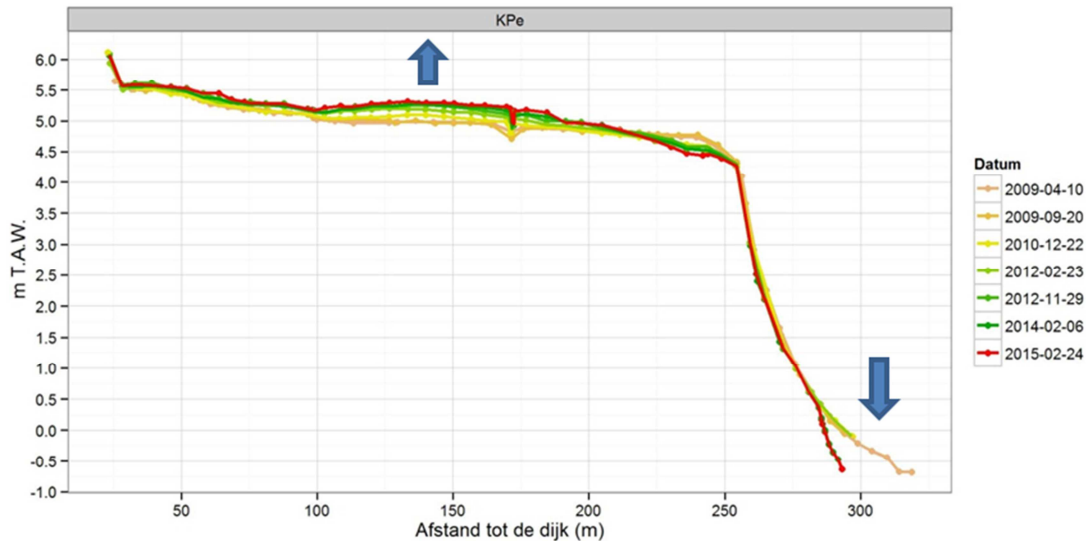
Substraat	zand
Geomorfologische kenmerken	microribbels

\* Opmerkingen: Breuksteen tussen hoog en middelhoog slik.

#### Middellange termijn evolutie

- Schorevolutie: Tussen 12-2010 en 02-2012 sedimenteerde het schor (n= 6,  $4.7 \pm 2\text{cm/jaar}$ ).
- Slikevolutie: *NOP-gebied* :overwegend sedimentatie met uitzondering van de zone tussen 220m en breuksteenzone; *oud slik*: Tot 02-2012 wisselend lichte erosie en sedimentatie op het middelhoog slik tot aan de laag waterlijn. Na 11-2012 en 02-2015 treedt sterke erosie op vanaf 285 meter tot aan de laagwaterlijn.

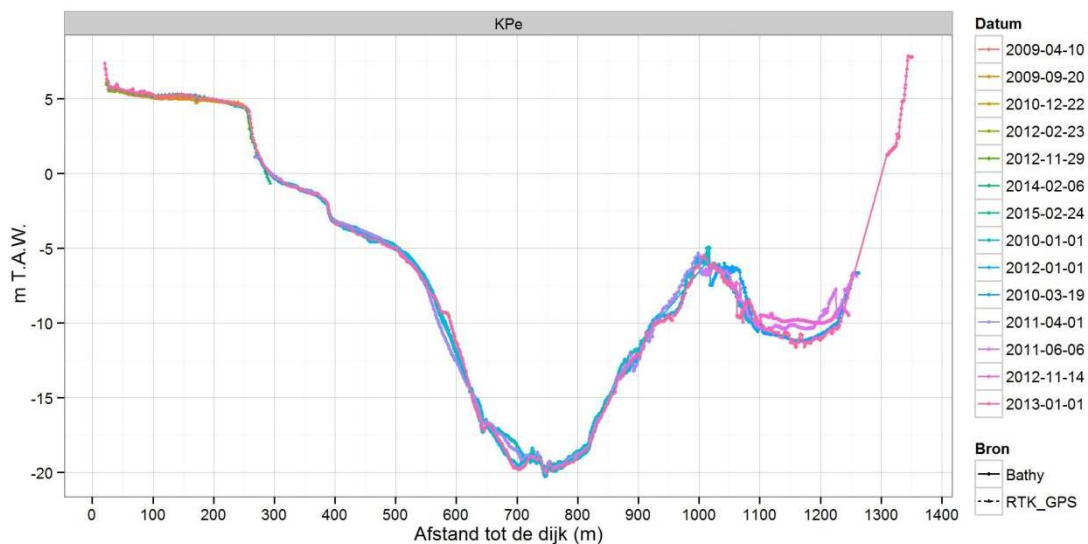
⇒ *Sliksubstraat vergelijking*: Tussen 12-2010 en 02-2015 evolueerde het slik van een slibrijk substraat naar een zand substraat. In 02-2012 verscheen een harde klei substraatzone aan de laagwaterlijn. Aan de schorrand kent het slik eerder een 'zand met slib'- substraat.



Figuur 3-12: Slik-en-schorraai Ketenisse e

#### Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 11-2013

- In 01-2013 bevond de vaargeul zich rond de 600m van de dijk met een maximale diepteligging van -20.01 m TAW. Tussen 01-2010 en 11-2012 verdiepte de vaargeul. De linkeroever van de geul erodeerde tussen 01-2010 en 04-2011 om nadien opnieuw te sedimenteren. Op een afstand van ~1000m bevindt zich de toegang tot de Van Cauwelaerts sluis.



Figuur 3-13: Dwarsprofiel Ketenisse e

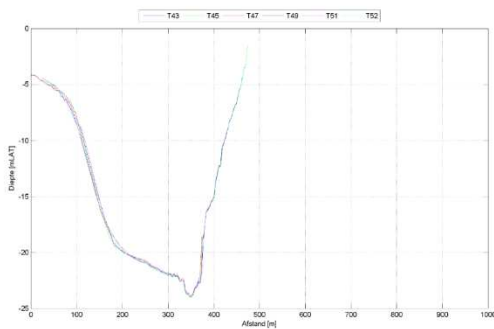
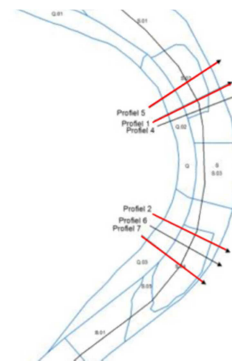
## INTERMEZZO Monitoring na stortproef Ketelputten

In maart 2010 werden er in opdracht van Maritieme Toegang stortingen uitgevoerd van in totaal iets meer dan 500.000 m<sup>3</sup> zand in de vaargeul ter hoogte van de diepe putten langs de Ketelplaat, de 'Ketelputten', met als doel de verkenning van deze nieuwe stortlocatie. Deze proef werd uitgebreid gemonitord en het gedrag van de gestorte specie en de omgeving werd beschreven in (IMDC, 2011 en IMDC, 2014).

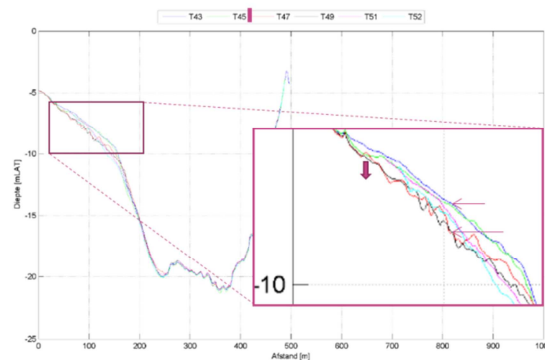
In de monitoring van de dwarsprofielen na de stortproeven zijn ook plaatvallen vastgesteld tussen 18 december 2012 (T45) en 27 februari 2013 (T47) zoals onder andere ter hoogte van Profiel 7 (Figuur 3-14). Of de oorzaak van de plaatvallen enkel en alleen toe te schrijven is aan de stortproef is tot op heden onzeker.

Deze periode van deze subtidale plaatval aan het zuidelijke Ketelput komt overeen met het weg eroderen van een stuk laag slik ter hoogte van raai KPe (Figuur 3-12) tussen november 2012 en februari 2014.

Vermoedelijk heeft deze plaatval dus ook een effect gehad op het aanliggend laag slik onder de breuksteengordel met een verlies aan laag slik tot gevolg.



Figuur 7-8: Profiel 2 doorheen de zuidelijke stortput



Figuur 7-9: Profiel 7 doorheen de zuidelijke stortput

Figuur 3-14: Dwarsprofiel door de Ketelputten op volgende tijdstippen T43 (23/10/12), T45 (18/12/12), T47 (27/02/13), T49 (12/04/13), T51 (26/06/13), T52 (22/08/13) met ingezoomd op Figuur 7-9 de plaatval die optrad tussen T45 en T47 (Bron: IMDC, 2014)

### Lillo Potpolder (LP; slik- & schorrand)

Net stroomafwaarts de westelijke Ketelput (Figuur 2-1) ligt ook een slik-en-schorraai ter hoogte van het recent ontpolderd gebied van de Lillo-Potpolder een voormalige potpolder die opnieuw is afgegraven en ontpolderd.

### Beschrijving campagne 2015

#### Beschrijving - 05-03-2015

Karakteristiek: Schor-slikgrens: 230.6m; vanaf 314.3m tot 338.2m kent het slik in 2015 een natuurlijke harde substraatlaag

#### Schorrand-hoog slik



#### Schorrand

Vegetatie	Riet
Frontlijn	inhammen
Vorm	erosieklif + erosieblokken
Klifhoogte-diepte	64cm - 60cm
<u>Hoog slik</u>	
Substraat	Slibrijk
Geomorfologische kenmerken	Microribbels

#### Middelhoog slik



Substraat	Slibrijk
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Laag slik

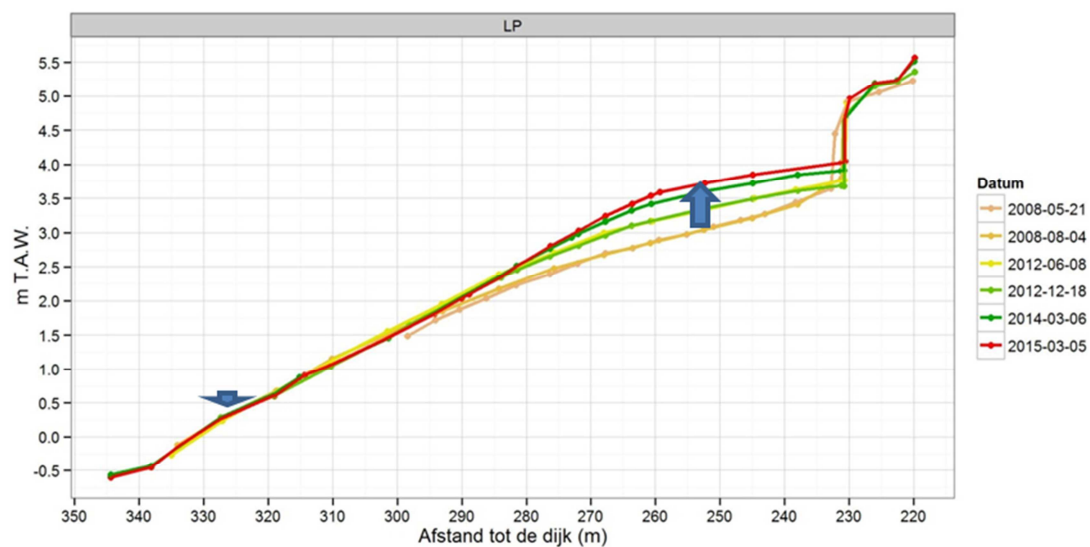


Substraat	slibrijk zand op veen
Geomorfologische kenmerken	micro-meseta

### Middellange termijn evolutie

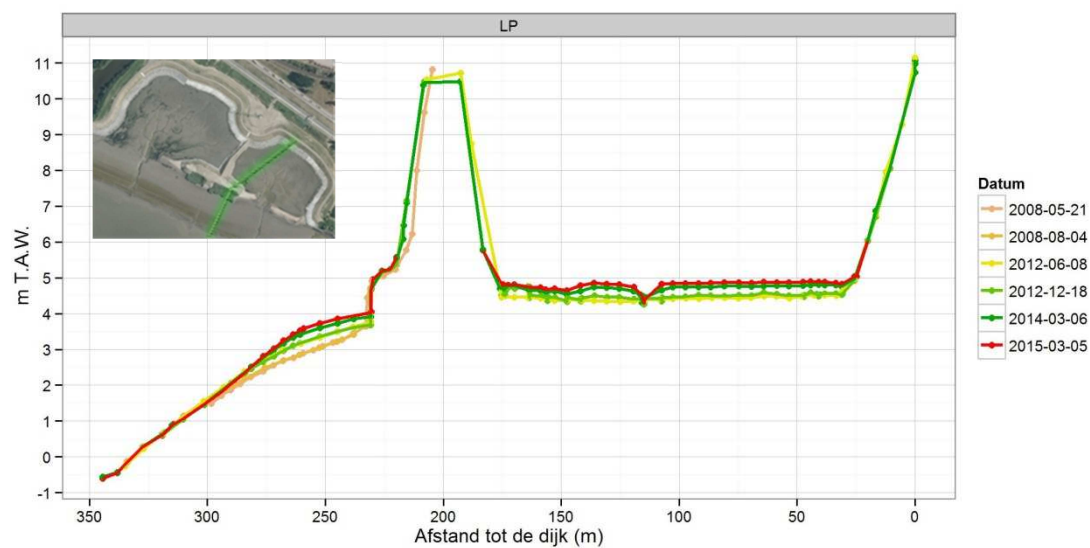
- Schorrandevolutie: In 08-2008 bevond de bovenrand van schorklif zich op een hoogte van 4.68 m TAW, op 03-2015 was dit 4.7m TAW. Daarnaast erodeerde het slik.
- Slikevolutie: Tussen 08-2008 en 03-2015 kende het slik tot ~275m een sedimentatie, verder kent de raai erosie waardoor een harde substraatlaag vanaf 314.35m tot aan de laagwaterlijn vrij kwam te liggen.

⇒ *Sliksubstraat vergelijking*: Tussen 06-2012 en 03-2015 verslibde het sliksubstraat.



Figuur 3-15: Slik-en-schorraai Lillo-Potpolder

In Figuur 3-16 is de volledige raai te zien waarbij ook het nieuw ontpolderd deelgebied is ingemeten. Ter hoogte van de raai is de hoogteligging gemiddeld 4.4 m op 06-2012.

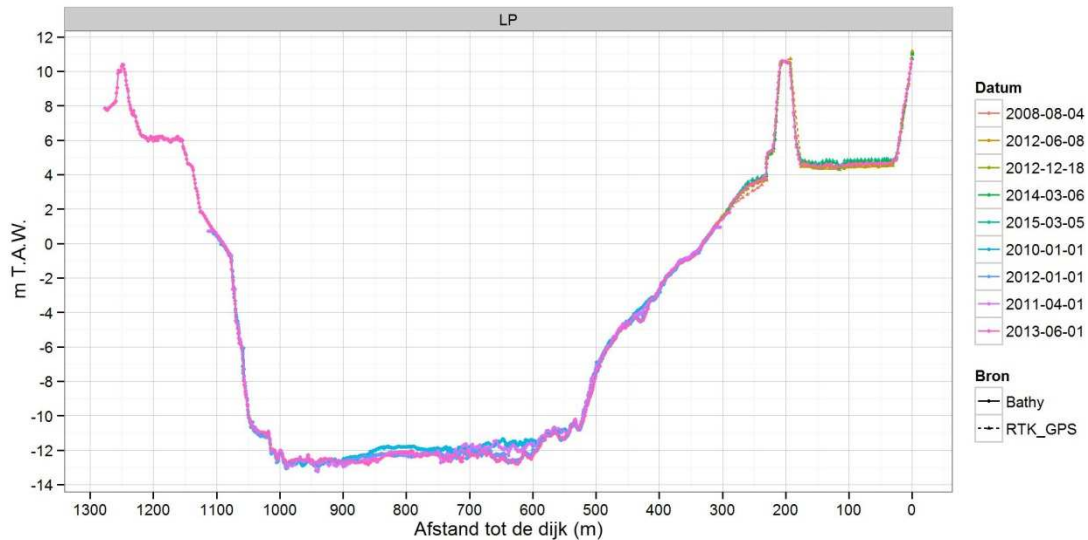


Figuur 3-16: Slik-en-schorraai in het natuurontwikkelingsgebied van Lillo-Potpolder



### Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 01-2012

- De vaargeul bevindt zich op een afstand van 5300m en heeft een diepte van -12.89m TAW. Tussen 01-2010 en 06-2013 kende de geul een beperkte verdieping. De wanden bleven nagenoeg stabiel.

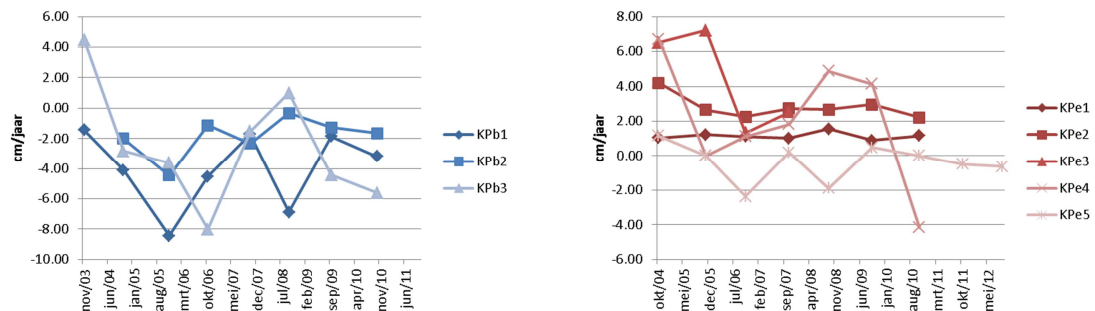


Figuur 3-17: Dwarsprofiel Lillo-Potpolder

### Hoogte- evolutie tussen november 2002 en september 2012 op basis van sederoplots (Speybroeck et al. 2011, aangevuld met ongepubliceerde data).

In het noordwestelijk deel van Ketenisse is na de afgraving ter hoogte van raai KPb voornamelijk erosie vastgesteld op de 3 sederoplots (Figuur 3-18) met een gemiddelde van 2.9 cm/jaar (range: 1.9 a 4.1cm/jaar).

In het zuidoostelijk deel van Ketenisse is na de ontpoldering ter hoogte van raai KPe voornamelijk sedimentatie opgetreden. Dit is vastgesteld op 5 sederoplots met een gemiddelde sedimentatiesnelheid tussen de 1.1 en 4.4cm/jaar en een standaardvariatie errond van respectievelijk 0.23 en 2.9cm/jaar. De hoogst gelegen plot KPe1 op het hoog slik kent een gemiddelde sedimentatiesnelheid van 1.14cm/jr en een gemiddelde variatie van  $\pm 0.89$ cm/jr. Binnen deze raai kent de laagste plot in het laag slik onder de breuksteen in tegenstelling tot de andere plots een gemiddelde erosie van 0.4cm/jaar.



Figuur 3-18: Sedimentatie-erosiesnelheid ter hoogte van de sederoplots op raai Kettenisse b en e (KPb, KPe)

### **Besluit**

De slik-en-schorraaien KPC en KPE ter hoogte van de Ketelputten vertonen nu al lokale erosie. Een van de verklaringen is dat deze vloedgedomineerde KPC-raai, gelegen in het smaller deel van Ketenisse niet wordt gebufferd door een subtidale plaat voor het slik. Dit is representatief voor het noord-westelijk hoogdynamisch deelgebied (cfr 3.1).

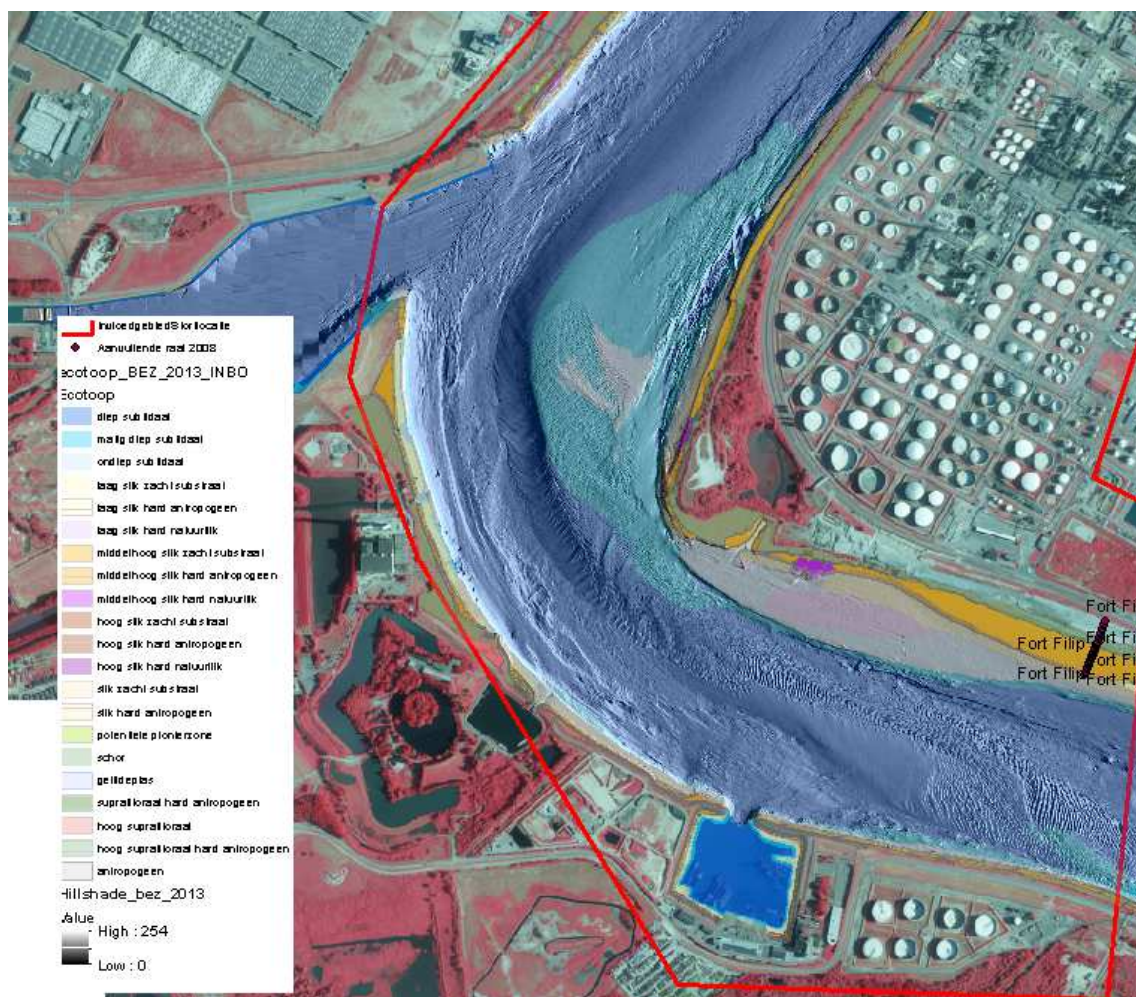
De zuidelijke raai van Ketenisse (KPE) nabij de zuidelijke Ketelput is gelegen in een meer laagdynamisch deelgebied. De hogere slikken vertonen nu reeds een systematische sedimentatie met voornamelijk slib en slibrijk zand tot 220m van de dijk. Lager onder de breuksteenzone is het slik sterk geërodeerd in de periode volgend op een plaatval, vastgesteld tijdens de monitoring na de stortproef van  $0.5\text{Mm}^3$ . Uit voorzorg lijkt storten van grotere hoeveelheden zand dan  $0.5\text{Mm}^3$  niet aangewezen vooral in het zuidelijk gedeelte. De kans op een toename van slikerosie bij storten van grotere hoeveelheden wordt o.a. voor  $2\text{Mm}^3$  bevestigd door het verlies van laagdynamisch areaal op die locatie (cfr 3.1.2).

Storten van slib nabij Ketenisse waarbij volgens Coen et al. (2015b) op het hoog slik slechts een beperkt effect van 0.2 à 0.6 cm/jaar te verwachten is, lijkt slechts een beperkt impact te hebben. De voorspellingen blijken binnen de variatie te vallen van recente sedimentatie en erosiesnelheden op Ketenisse (cfr 3.2.1.4).



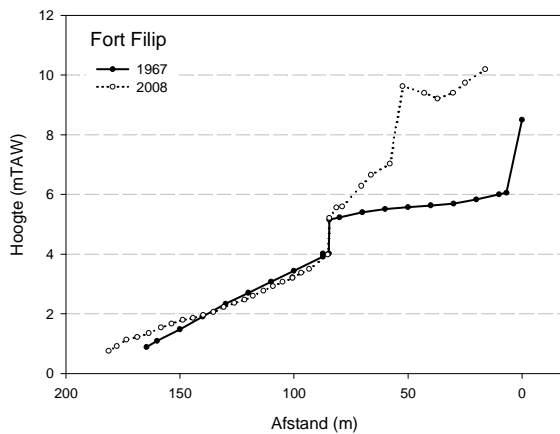
### 3.2.1.2 Invloedgebied nieuwe stortlocatie in de vaargeul: putten van de Parel

De oevers in de invloedzone van de Putten van Kallo vertonen voornamelijk smalle slikken en schorren, vaak met een uitgebreide breuksteengordel zoals bvb. op rechteroever stroomafwaarts Fort Filip. Een uitzondering vormt de grote slikplaat stroomopwaarts van Fort-Filip waarbij een grote oppervlakte hard substraat, vnl. harde kleilaag, sinds enkele jaren bloot is komen te liggen. Daarnaast is de grote zandige subtidale plaat van de Parel zichtbaar waar tegen de oever een diepe geul is geërodeerd. In het kader van de Actualisatie Sigmaplan zijn er plannen om deze diepe geul nabij de oever op te vullen, te verstevigen met een stroomopwaarts gerichte haakvormige strekdam, samen met een ontpolderingen van de niet vervuilde stukken van de site van Fort Filip.



Figuur 3-19: Morfologie (schaduwview van bathymetrie en dtm) en ecotopen 2013 rond de Putten van Kallo

In dit gebied zijn geen slik-en-schorraaien die frequent gemonitord worden. Enkel één raai aan de stroomopwaartse rand (situering raai in Figuur 3-19) is twee keer opgemeten in 1966 en 2008 (Piesschaert et al. 2008).



b) Zicht op het slik stroomafwaarts vanaf het profiel Fort Filip in 2008

Figuur 3-20: a) Aanvullende slik-en-schorraai in 1967 en 2008

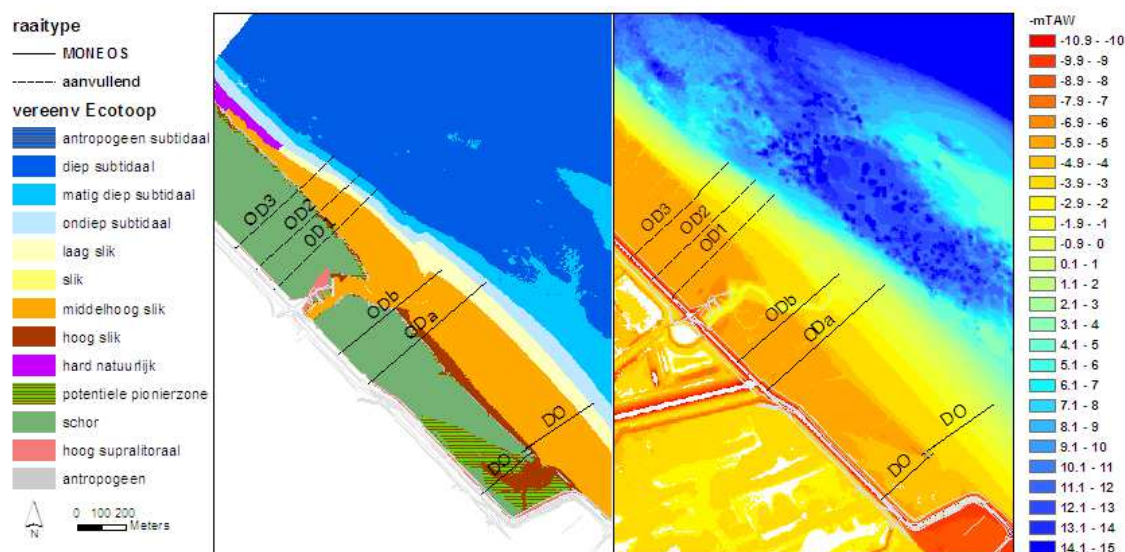
Door een rivierwaartse dijverschuiving is de schorbreedte sterk afgenomen en is een smal en steiler stuk overgebleven (27m, 6.9%). De schorrand is erosief met een ondermijnde klif, afgebroken blokken. Door een sedimenterende slik voor het schor rond 2008 was pioniervegetatievestiging mogelijk (ruwe bies & zeebies, 2008). De laatste tijd vertonen de slikken o.a. van de grote slikplaat echter een erosieve trend.

#### **Besluit**

Een verlaging van de stroomsnelheden in de grote slikplaatzones vnl. binnenbocht Fort Filip en een bijkomend aanbod van sediment door stortingen van zand (en/of slib) zijn op basis van de geomorfologische toestand van dit invloedgebied eerder positief te beschouwen dan negatief, om zo bij te dragen aan het terugdringen of stoppen van de eroderende trend op de slikken.

### 3.2.1.3 Invloedgebied huidige stortlocatie in de nevengeul Schaar van Ouden Doel

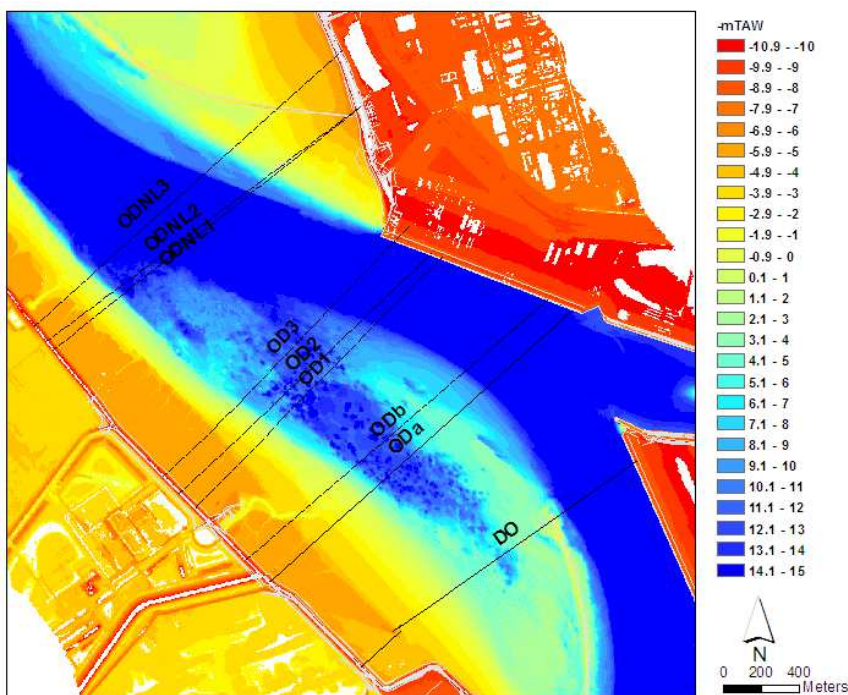
Raaien aan het schor van Ouden Doel - Paardenschor



Figuur 3-21: Situering raaien in Schor Ouden Doel (OD) en Paardenschor(DO)

#### Schor Ouden Doel (ODa)

Deze MONEOS-raai is representatief voor de ontwikkelingen op Schor Ouden Doel en dan voornamelijk voor het zuidelijk deelgebied. Dit deelgebied ligt in de 'schaduw' van de strekdam en grenst aan de schaar van Ouden Doel. Deze vloedgeul fungeert als stortlocatie voor zandige specie in de Beneden-Zeeschelde en is ook zandwingebied om stortcapaciteit te behouden. Dit zuidelijk slikgebied kent voornamelijk een sedimenterende trend. Van deze raai is tevens een historische slik-en-schorraai beschikbaar (Piesschaert et al.2008 ).



Figuur 3-22: Situering locatie dwarsprofielen Schor Ouden Doel (OD) en Paardenschor(DO)



## Beschrijving campagne 2015

### Beschrijving - 23-02-2015

Karakteristiek: Schor-slikgrens: 280.3m; breuksteenzone: 294.1m- 295.9m middelhoog-laag slikgrens: ~560m;

#### Schorrand-hoog slik



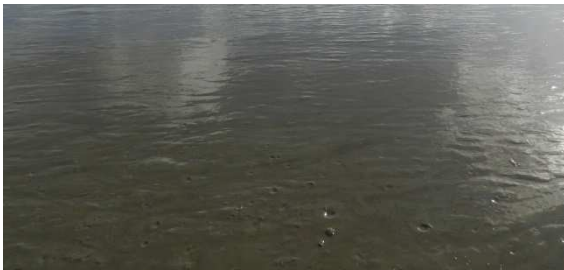
#### Schorrand

Vegetatie	Zilt grasland en Strandweek
Frontlijn	Golvend met erosieblokken
Vorm	rechte klif
Klifhoogte-diepte	47cm – nvt

#### Hoog slik

Substraat	slibrijk zand
Geomorfologische kenmerken	84cm microribbels, hoge breuksteen gordel

#### Middelhoog slik



Substraat	slibrijk
Geomorfologische kenmerken	microribbel

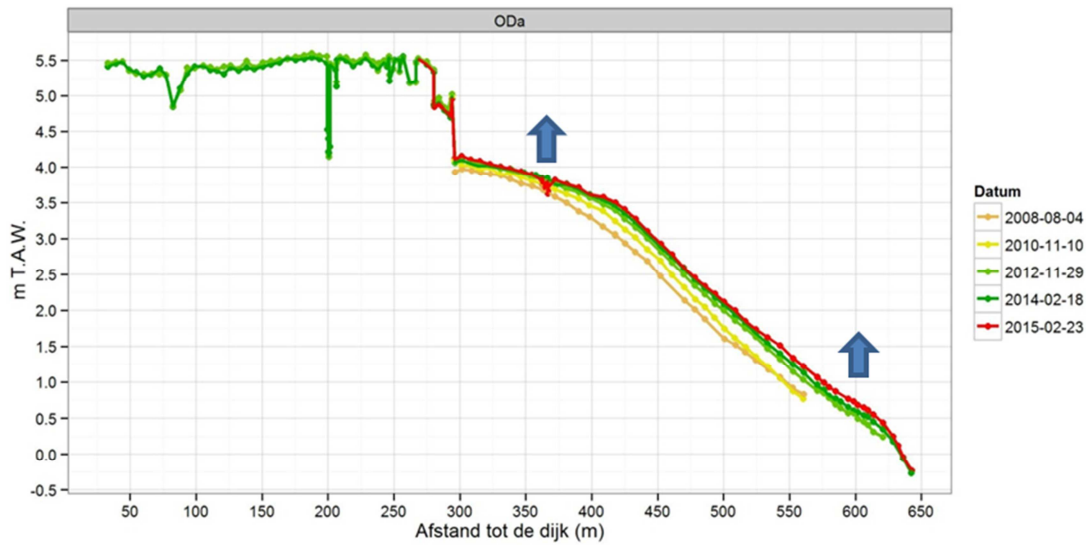
#### Laag slik



Substraat	slibrijk
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Middellange termijn evolutie

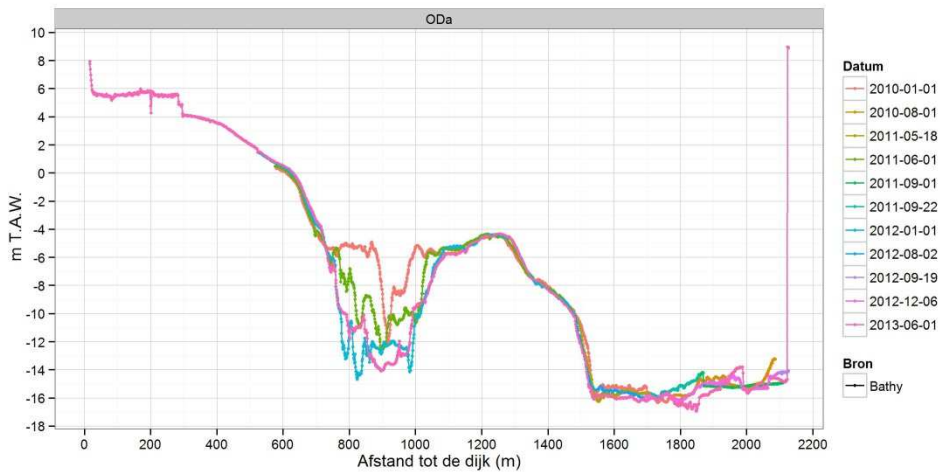
- Slikevolutie: Vanaf 08-2008 systematische sedimentatie over de gehele slikraai. Tussen 02-2014 en 03/2015 ontstond een kreek op 362m van 18cm diep
  - ⇒ Sliksubstraat vergelijking: Tussen de periode 11-2010- 11-2012 veranderde in het hoog slik het vlakke slibrijk zand naar een zandig slik met micro- en mesoribbels. Na 11-2012 werd het slik slibrijk.



Figuur 3-23: Slik-en-schorraai Schor Ouden Doel (ODa)

Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 06-2013

- De nevengeul bevindt zich op 800m afstand. Deze geul heeft een diepte van 14.03 m TAW. De vaargeul bevindt zich op een afstand van 1539m met een diepte van -16.94 m TAW. Twee verdiepingen zijn te zien in de nevengeul gedurende de periode 01-2010- 01-2012. In een eertse fase rond 01-2012 had deze nevengeul steile wanden die naar 06-2013 minder steil werden.



Figuur 3-24: Dwarsprofiel Schor Ouden Doel (ODa)

### Paardenschor (DO)

Deze raai gaat door het nieuw natuurontwikkelingsgebied dat in 2004 werd ontpolderd na afgraving van een gebied dat opgehoogd was voor de bouw van de kerncentrale. Het voorliggende schor werd daarbij zo goed als mogelijk bewaard (Speybroeck et al. 2011). We kunnen dan ook 2 aparte deelgebieden onderscheiden, namelijk het afgegraven NOPgebied tot 250 meter en het slikgebied aan de Scheldezijde van de rand van het voorliggende schor tot aan de laagwaterlijn.

### Beschrijving campagne 2015

#### Beschrijving oud slik- 04-02-2015

Karakteristiek: Natuurontwikkelingsproject (NOP):0-59.5m schor, slik 59.5-234.8m, Oude schor-slikgrens (oud slik): 274m; breuksteenzone: 273.3m tot 274.9m

#### Oude schorrand-hoog slik



#### Schorrand\*

Vegetatie	riet
Frontlijn	recht
Kliform	geleidelijk
Klifhoogte- diepte	
<u>Hoog slik</u>	
substraat	slibrijk
Geomorfologische kenmerken	

#### Middelhoog slik



Substraat	slibrijk
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Laag slik



Substraat	slibrijk zand
Geomorfologische kenmerken	microribbel

## Beschrijving NOP- 04-02-2015

### Nieuwe schorrand



Vegetatie	Riet & Zeeaster
Frontlijn	Recht
Kliffvorm	Geleidelijk
klifhoogte-diepte	n.v.t.

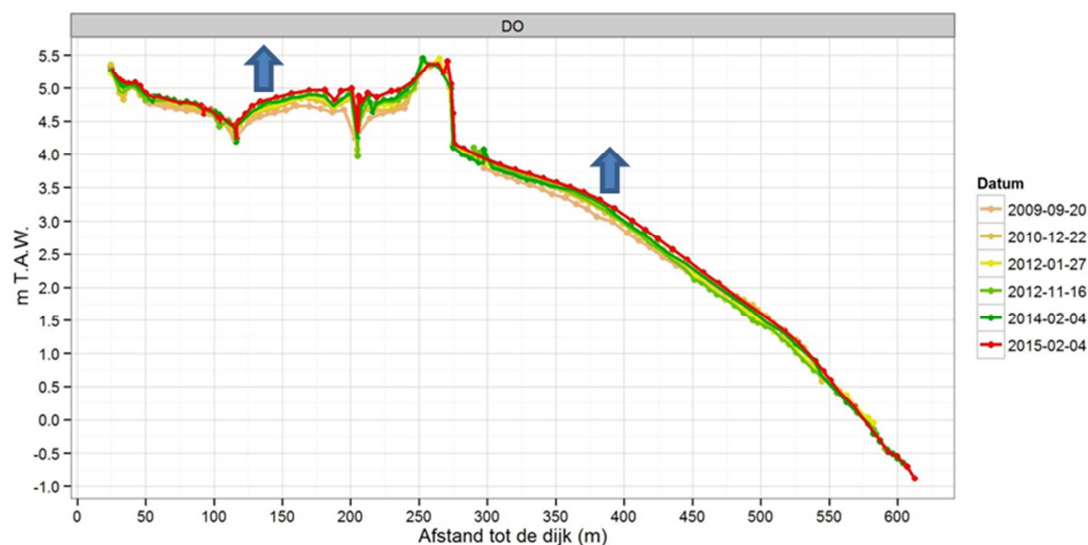
### Hoog slik – supralitorale zone



Substraat	Voornamelijk slib
Geomorfologische kenmerken	geulen vlak

### Middellange termijn evolutie

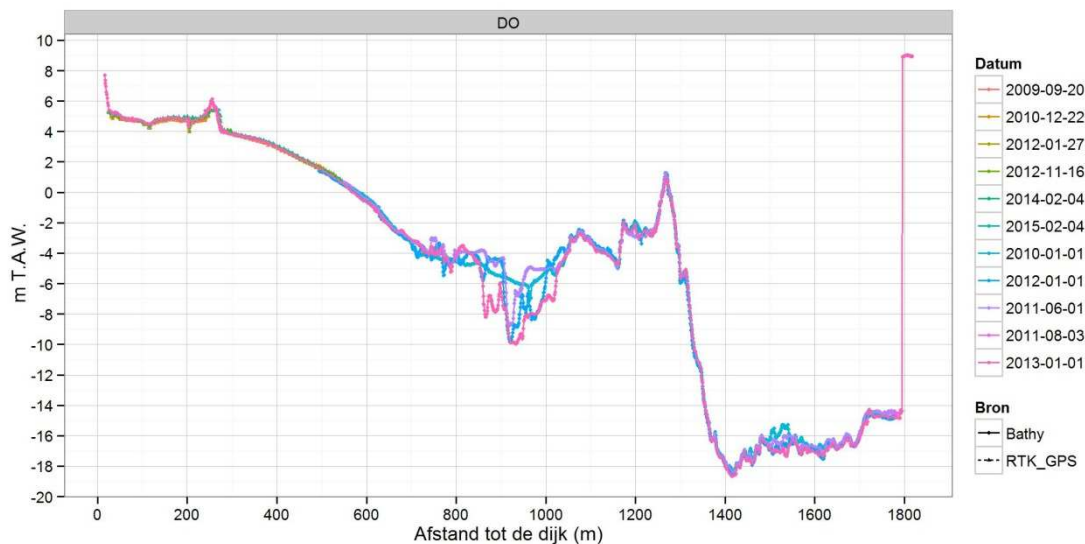
- **Schorevolutie:** NOP: Tussen 01-2012 en 11-2012 sedimenteerde het NOP gebied met 2.3 cm ( $n=4$ ,  $\sigma=2$ cm).
- **Schorrandevolutie:** NOP: De hoogteligging van de schorrand bleef stabiel tot 11-2012 op 4.82 m TAW; waarna verdere sedimentatie tot 4.84 m TAW 02-2015. De uitgroei van het schor bedroeg 12.33 m tussen 2009 en 02-2015.
- **Slikevolutie:** NOP-deelgebied: Het slik kende sedimentatie tot boven gemiddeld hoog water bij doortijd, met vorming van supralitoraal gebied en beschreven als het ecotoop potentiële pionierzone; oud deelgebied slik: hoog- en middelhoog slik sedimenteert tot ~525m. Lager, tot laagwaterlijn, beperkte erosie tot minstens 565m.
  - ⇒ **Sliksubstraat vergelijking:** Tussen de periode 12-2010 en 02-2015 verslibde de slikraai. Aan het oud slik kwam vanaf 2012 aan de laagwaterlijn een harde kleilaag aan de oppervlakte te liggen. Tussen 01-2012 en 02-2015 werd slib het belangrijkste substraat op de raai.



Figuur 3-25: Slik-en-schorraai Paardenschor(DO)

Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 06-2013

In het verlengde van het slik ligt de vloedgeul van de schaar van Ouden Doel met een diepteligging van - 9.91 m TAW. Rond 1300m ligt de Streckdam/geleidingsdam. Deze dam gaat naar het oosten steil over in de vaargeul op 1414m en met een diepte van van -18.66 m TAW. De vloedgeul verbreedde na 01-2012. De linkeroever van de vaargeul bleef nagenoeg stabiel.

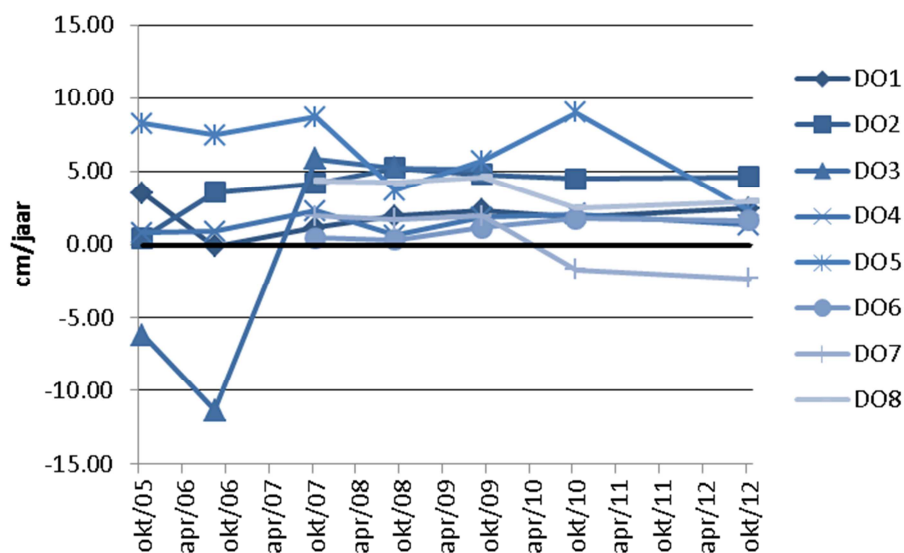


Figuur 3-26: Dwarsprofiel Paardenschor(DO)



**Hoogte- evolutie tussen oktober 2005 en oktober 2012 op basis van sederoplots (Speybroeck et al. 2011, aangevuld met ongepubliceerde data).**

In het Paardenschor is na de afgraving ter hoogte van raai DO voornamelijk sedimentatie vastgesteld op de 8 sederoplots met een gemiddelde van 2.3cm/jaar  $\pm$ 1cm/jr (range 0.3 - 6.4cm/jaar) met uitzondering van DO3 waar initieel een kreek door het meetpunt liep.



Figuur 3-27: Sedimentatie-erosiesnelheid ter hoogte van de sederoplots op raai Paardenschor (DO)

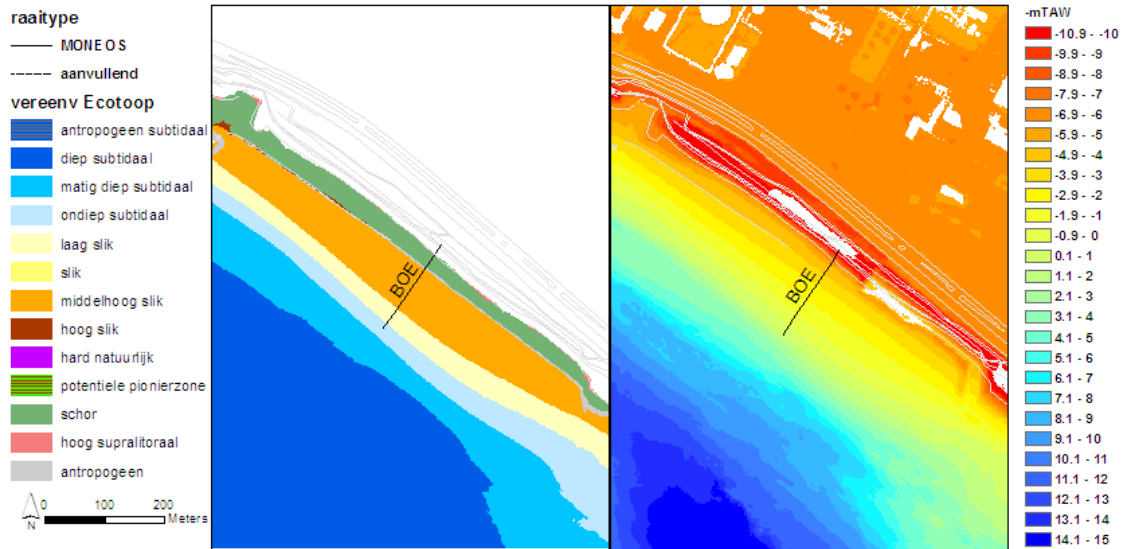
**Besluit**

De huidige slikken voor het Schor Ouden Doel en het Paardenschor vertonen overwegend sedimentatie met vooral slib tot slibrijk zand. Subtidaal treedt wel een verruiming op van de subtidale vloedgeul voornamelijk ter hoogte van ODa.

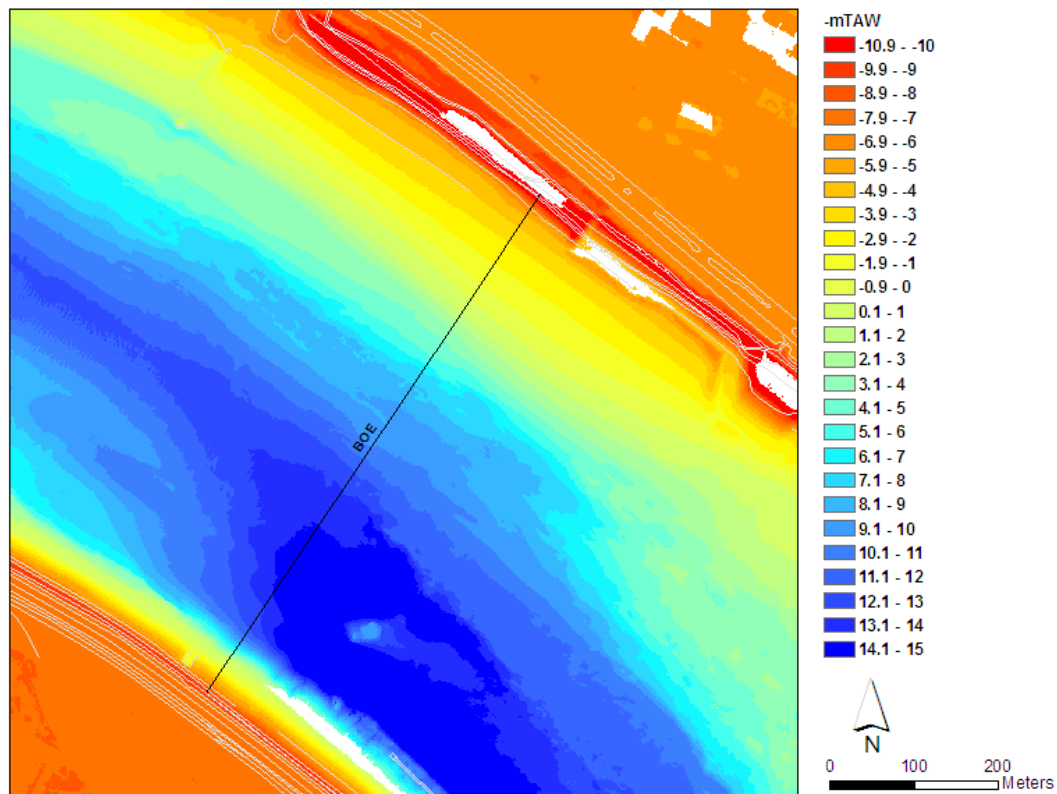
### 3.2.1.4 Bijkomende raaien in andere invloedgebieden

#### Slik-en-schorraai Boerenschans (BOE) nabij huidige slibstortlocatie punt van Melsele/Oosterweel

De Boerenschans had een smal met breuksteen verdedigd schor en een groot slik.



Figuur 3-28: Situering raai op Boerenschans (BOE)



Figuur 3-29: Situering locatie dwarsprofielen Boerenschans (BOE)

## Beschrijving campagne 2015

### Beschrijving - 05-02-2015

Karakteristiek: Schor-slikgrens: 39.2m; middelhoog- laag slik grens: 121m

#### Schorrand-hoog slik



#### Schorrand

Vegetatie	riet
Frontlijn	recht
Vorm	
Klifhoogte-diepte	
<u>Hoog slik</u>	
Substraat	zand
Geomorfologische kenmerken	

#### Middelhoog slik



Substraat	Slibrijk zand op klei
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Laag slik



Substraat	slibrijk zand op klei
Geomorfologische kenmerken	microribbel

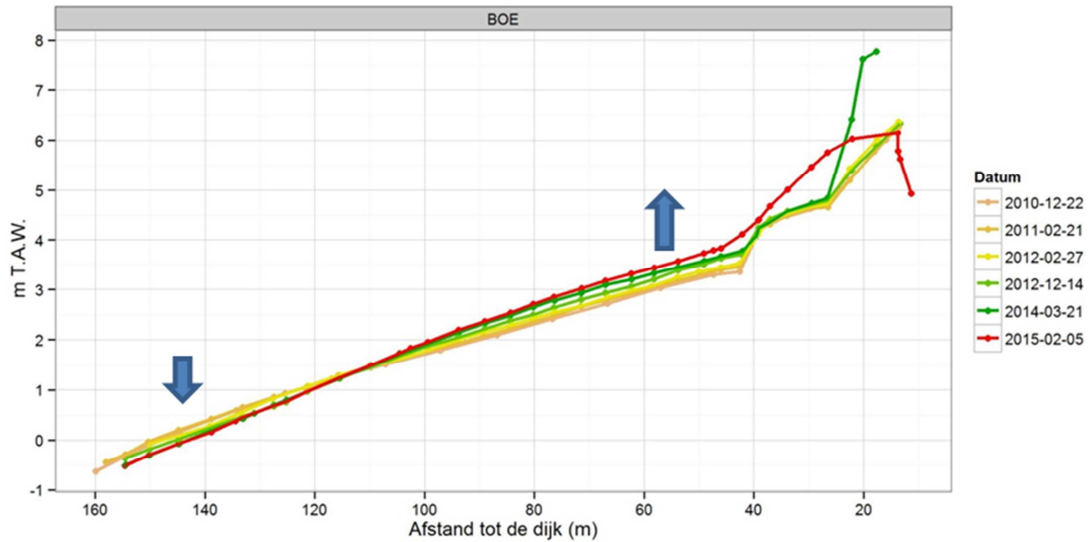
Opmerkingen: Breuksteen op schorgrens

#### Middellange termijn evolutie

- Schorrandevolutie:
- Slikevolutie: Het laag slik (vanaf 115.6m) erodeerde tot 2014 en bleef het laatste jaar stabiel. Het middelhoog en hoog slik sedimenteren systematische met uitzondering van de zone rond 1.5m T.A.W. In 2015 is een dijkverlegging van ongeveer 25m gerealiseerd. Ter hoogte

van de oude schorrand bleef wel een restant van de werfweg liggen met een hoogte tot 6m TAW. Dit restant bedekt het vroeger schor dat op een hoogte ligt van 4.75m T.A.W.

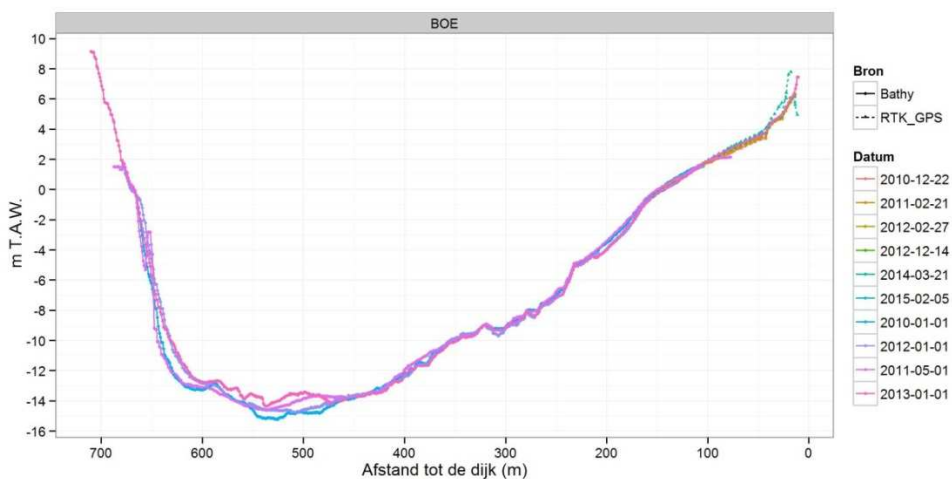
- *Sliksubstraat vergelijking:* Tot 03-2014 bleef het sedimentierend deel van middelhoog slik slibrijk zand. Na de veranderingen tot 02-2015 werd het substraat slibrijker. Op het zandig eroderend middelhoog en laag slik veranderde het substraat na 2015 naar een slibrijk zand substraat met microribbels.



Figuur 3-30: Slik-en-schorraai Boerenschans (BOE)

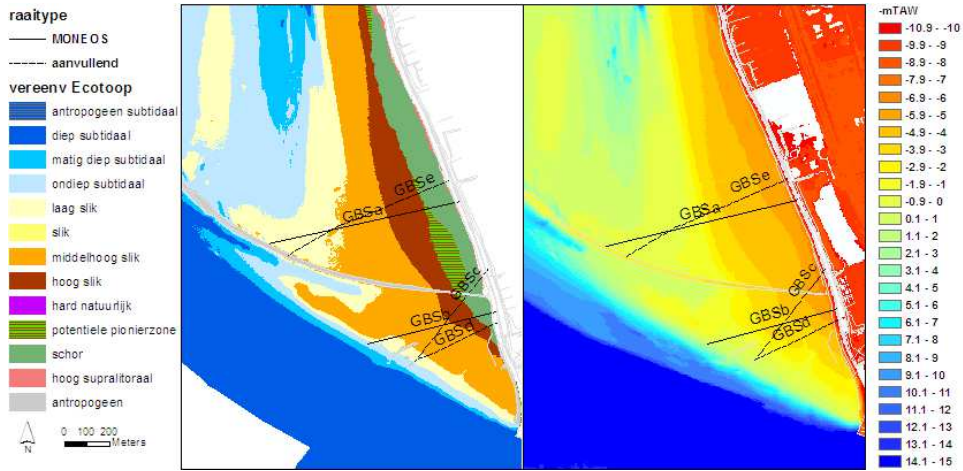
Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 01-2013

- De slik-en-schorraai gaat geleidelijk over in de vaargeul. Het diepste deel ligt op 525m afstand van de dijk met een diepte van -14.53 m TAW. In de periode 01-2010 en 05-2011 trad sedimentatie op van het subtidaal. Na 05-2011 verdiepte de vooral de rechteroever van dit profiel. De steilere linkerzijde sedimenteerde. Vanaf 01-2012 beperkte erosie van de linkerzijde en sedimentatie van de diepezone in de vaargeul.

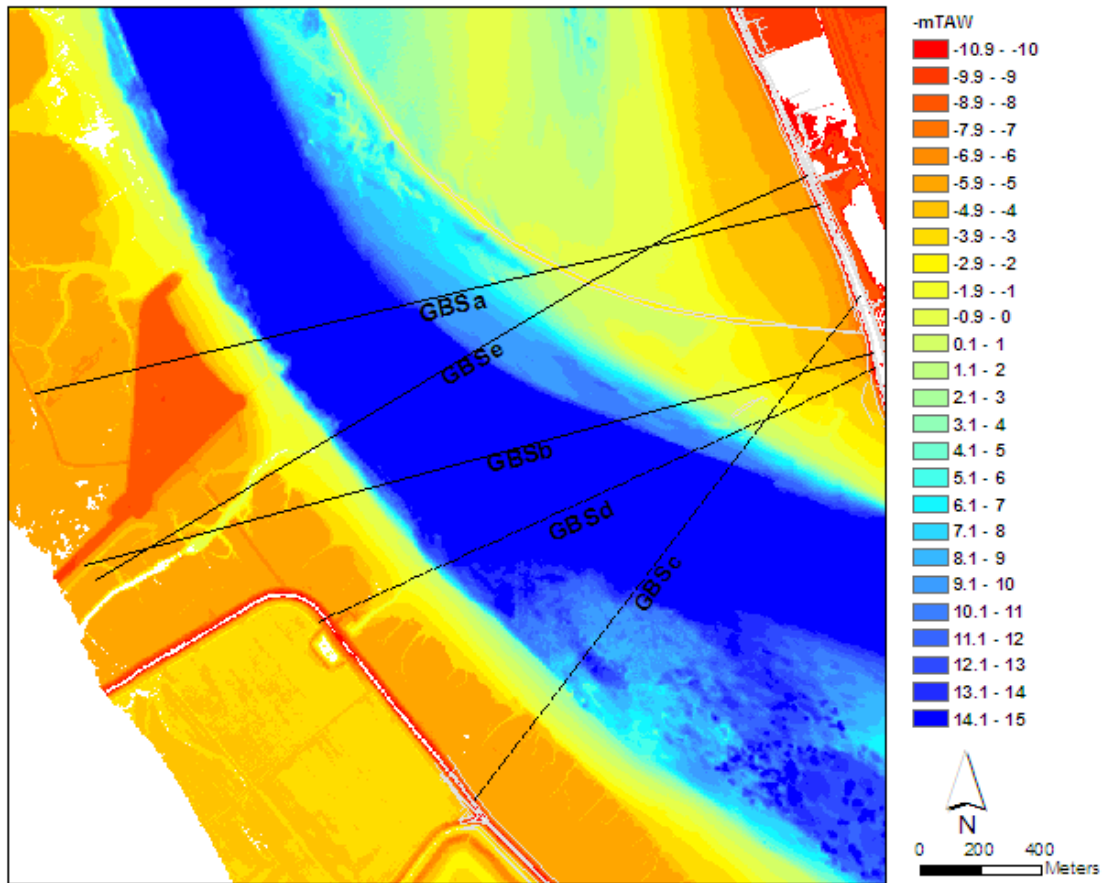


Figuur 3-31: Dwarsprofiel Boerenschans (BOE)

**Slik-en-schorraaien in Invloedgebied van de Appelzak stortlocatie**



Figuur 3-32: Situering raaien op Groot Buitenschoor en Ballastplaat



Figuur 3-33: Situering locatie dwarsprofielen Groot Buitenschoor en Ballastplaat



## Groot Buitenschoor a (GBSa)

MONEOS raai karakteristiek voor het gebied ten noorden van de strekdam.

### Beschrijving campagne 2015

#### Beschrijving - 04-03-2015

Karakteristiek: Schor-slikgrens: 152.35m; middelhoog-laag slikgrens:~580m

#### Schorrand-hoog slik:



#### Schorrand

Vegetatie	zeebies ( <i>Scirpus maritimus</i> )
Frontlijn	Golvend
Vorm	geleidelijk
Klifhoogte-diepte	n.v.t.

#### Hooq slik

Substraat	slibrijk
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Middelhoog slik:



Substraat	Zandig slib
Geomorfologische kenmerken	microribbel

#### Laag slik:

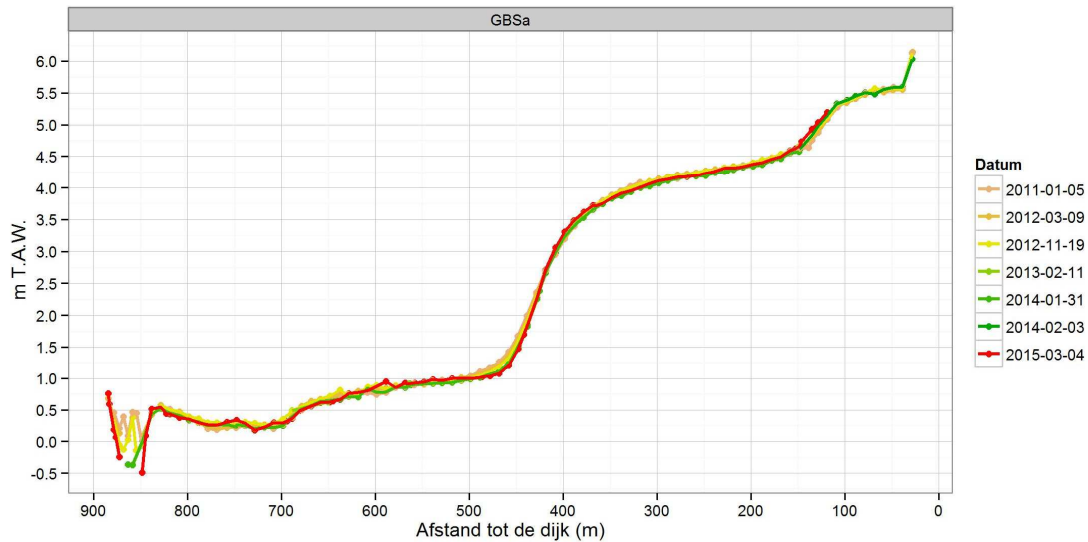


Substraat	Zand
Geomorfologische kenmerken	microribbel-mesoribbel

### Middellange termijn evolutie

- Schorevolutie: Tussen 01-2011 en 03-2012 bleef de hoogte van het schor stabiel, zelfs licht eroderend (-1cm per jaar (n= 7,  $\sigma$ = 3cm).
- Schorrandevolutie: Tussen 01-2011 en 03-2015 groeide de schorrand aan met Zeebies (*Scirpus maritimus*) over een afstand van 13.6m. De hoogteligging van de schorrand was op 01-2011 4.64 m TAW, op 03-2015 lag deze op 4.62 m TAW.

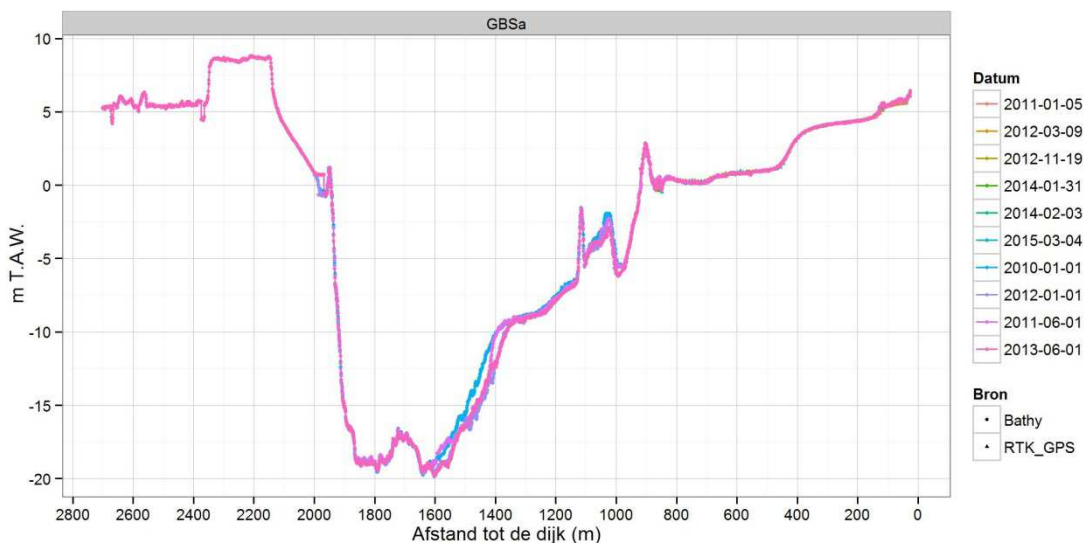
- **Slikevolutie:** Tussen 01-2011 en 03-2015 trad een geringe erosie op in het hoog en middelhoog slik tot op ~500m. Op het laag slik is er afwisselend beperkte erosie (tot ~840m). De geul aan het eind ervan dit profiel erodeerde steeds dieper...
  - ⇒ **Sliksubstraatvergelijking:** Tussen 01-2011 en 11-2012 verzande het hoog slik en verschenen microribbels.. Na 11-2012 trad daarentegen een verslibbing op van het hoog middelhoog slik. Het laag slik bleef gedurende 01-2011 en 03-2015 zandig maar veranderde van een vlak slik naar een slik met micro- en mesoribbels. Onderstaande figuur geeft ook aanwijzingen van de vorming van macroribbels. .



Figuur 3-34: Slik-en-schorraai Groot Buitenschoor a (GBSa)

#### Subtidaal dwarsprofiel 01-2010- 06-2013

- GBSa ligt in de punt van de vloedgeul een uitloper van de nevengeul van de Appelzak. De vaargeul ligt op een afstand van ~1600m met een diepte van -19.79 m TAW. Op 900m ligt de strekdam. Aan de zijde van GBS is een verschuiving van de vaargeulwand zichtbaar terwijl linkerwand stabiel blijft.



Figuur 3-35: Dwarsprofiel Groot Buitenschoor a (GBSa)

## Groot Buitenschoor b (GBSb)

MONEOS raai karkteristiek voor het deelgebied ten zuiden van de strekdam.

Beschrijving campagne 2015

Beschrijving - 03-02-2015

Karakteristiek: Schor-slikgrens: 109.9m; middelhoog-laag slikgrens: ~480m;

### Schorrand-hoog slik



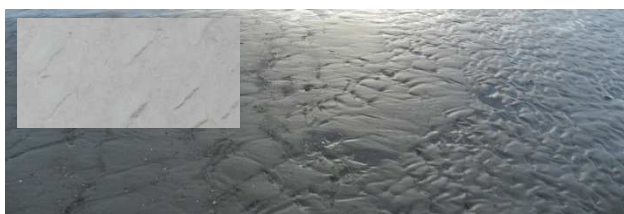
### Schorrand

Vegetatie	zeebies ( <i>Scirpus maritimus</i> )
Frontlijn	Recht
Vorm	geleidelijk
Klifhoogte-diepte	n.v.t.

### Hoog slik

Substraat	slibrijk zand
Geomorfologische kenmerken	microribbel

### Middelhoog slik



Substraat	Zand
Geomorfologische kenmerken	microribbel

### Laag slik



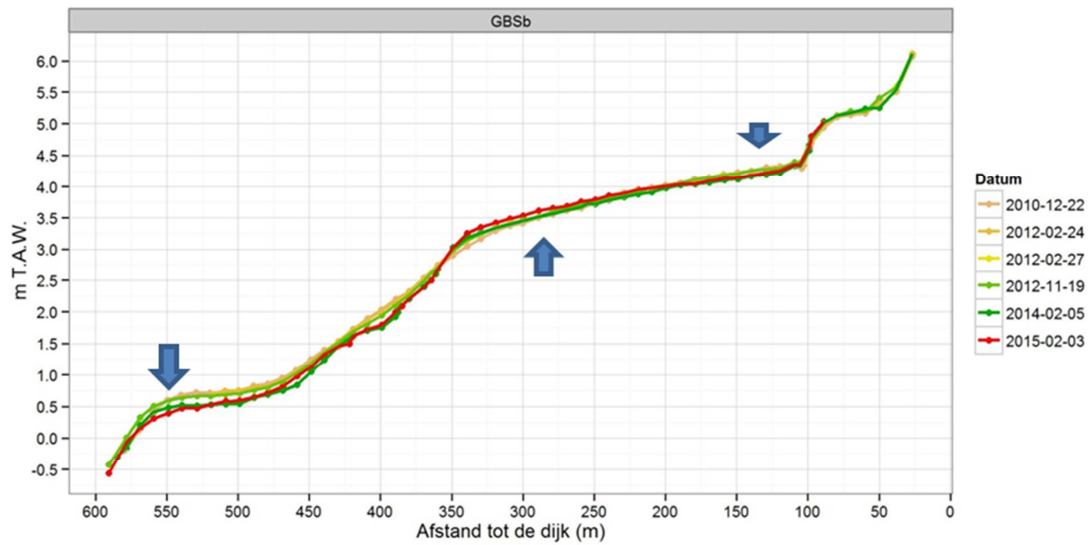
Substraat	Zand
Geomorfologische kenmerken	microribbel

### Middellange termijn evolutie

- Schorrandevoluitie Tussen 12-2010 en 02-2015 groeide de schorrand aan met 12.27m. De aangroei bestond voornamelijk uit Zeebies. In 12-2010 lag de schorrand op 4.3 m TAW, in 11-2012 op 4.35 m TAW.
- Slikevoluitie: Tussen 12-2010 en 02-2015 was er lichte erosie op het hoog slik en sedimentatie op het middelhoog slik tot ~350m. Daarnaast is beperkte erosie te zien op het laag slik (tot 590.65m).
  - ⇒ Sliksubstraatvergelijking: In 2010 en 2012 bestond het slik uit een zandig substraat met microribbels. Nadien tussen 02-2012 - 02-2015 verscheen in het laag zandig slik



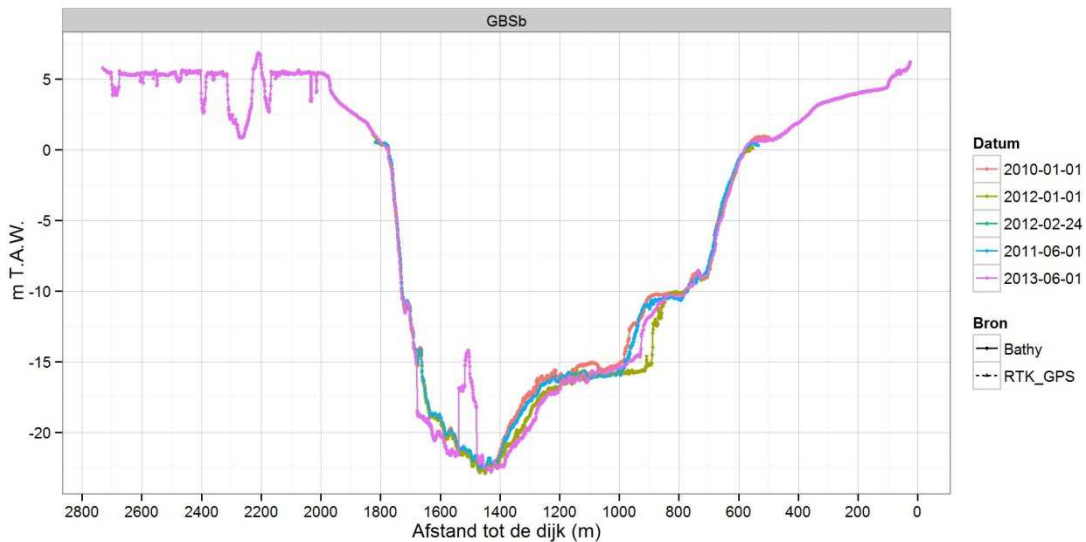
microribbels. Tevens kwamen lokaal harde kleilagen bloot te liggen. Dit wijst op een lokale verhoging van de hydrodynamiek in dit deel van het slik.



Figuur 3-36: slik-en-schorraai Groot Buitenschoor b (GBSb)

Subtidaalprofiel 01-2010- 01-2012

- De vaargeul bevindt zich op 1600m afstand van de dijk en heeft een diepte van -22.82 m TAW. De rechterwand van de vaargeul gaat steil tot tegen de strekdam (rond 1800m). Na 01-2012 verdiepte de vaargeul centraal aan linker en rechter zijde. De linkeroever is na 6-2011 verruimd met een steilere oever tot gevolg. Na 01-2012 sedimenteerde dit weer.



Figuur 3-37: Dwarsprofiel GBSb

### Groot Buitenschoor d (GBSd)

De aanvullende raai GBSd is nog zuidelijker gelegen van de strekdam en is vlugger onderhevig aan veranderingen in dit deelgebied.

#### Beschrijving campagne 2015

#### Beschrijving - 06-03-2015

Karakteristiek: Schor-slikgrens: 65.1m; middelhoog-laag slikgrens: 361.5m;

#### Schorrand-hoog slik



#### Schorrand

Vegetatie	zeebies ( <i>Scirpus maritimus</i> )
Frontlijn	golvend
Vorm	geleidelijk
Klifhoogte-diepte	n.v.t.

#### Hoog slik

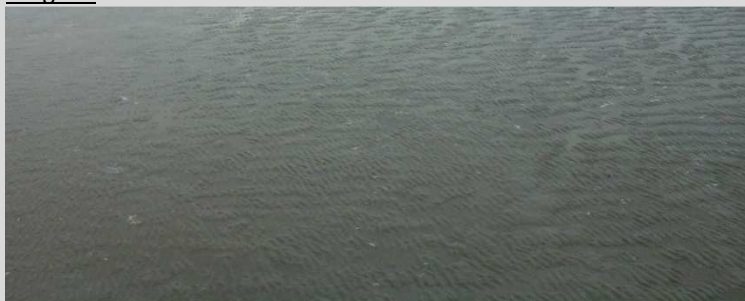
Substraat	slibrijk
Geomorfologische kenmerken	vlak

#### Middelhoog slik



Substraat	zandig slib op klei
Geomorfologische kenmerken	microribbel microklif

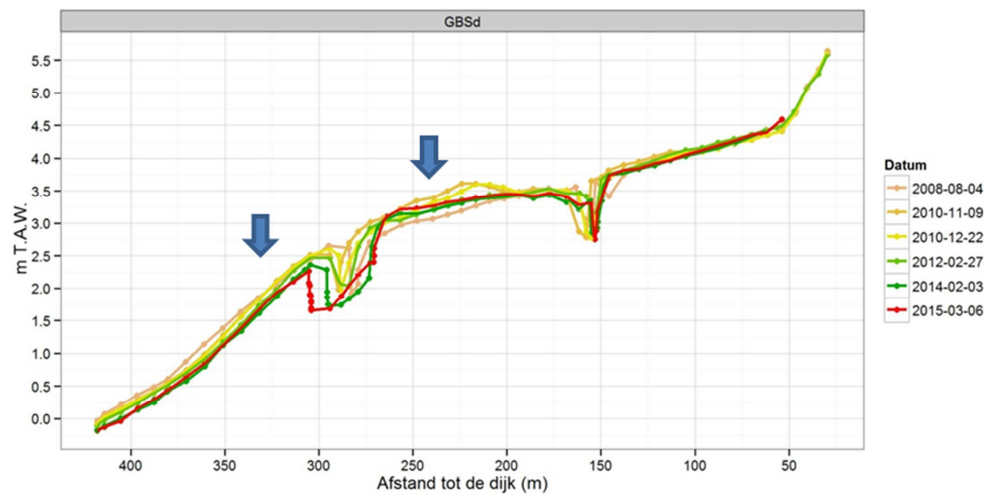
#### Laag slik



Substraat	zand
Geomorfologische kenmerken	microribbel microklif

### Middellange termijn evolutie

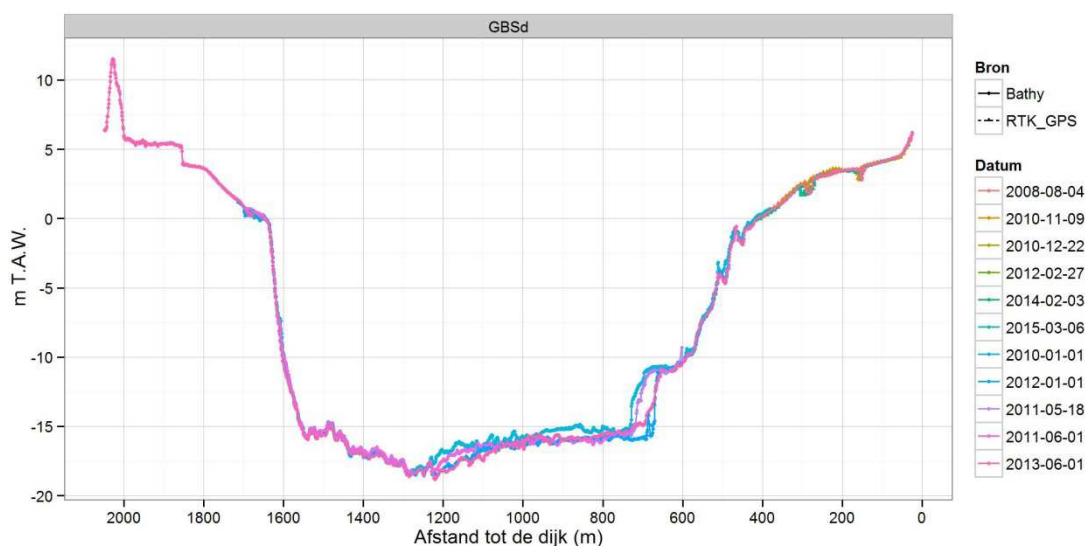
- Schorrandevolutie: De schorrand kende een sterke aangroei van 11.32m tussen 08-2008 en 03-2015. De hoogteligging van de schorrand in 08-2008 bedroeg 4.48 m TAW. In 03-2015 lag de schorrand op een hoogte van 4.38 m TAW.
- Slikevolutie: Sedimentatie van hoog slik tussen 08-2008 en 12-2010 (tot 150m); tussen de krekentrad en erosie op tussen 08-2008 en 12-2010 opgevolgd doorsedimentatie tot 03-2015;; vanaf 304.6m van de dijk tot aan de laagwaterlijn trad systematisch erosie op.
  - ⇒ *Sliksubstraat vergelijking*: In 02-2012 bestond het profiel voornamelijk uit een zandig substraat met microribbels. Het lager gedeelte van dit profiel bestond uit een hard klei substraat. Dit is geëvolueerd naar een meer slibrijk slik dat in de lage slikzone zandig is. De kreekbodem is kleiig.



Figuur 3-38: Slik-en-schorraai Groot Buitenschoor d (GBSd)

### Subtidaalprofiel 01-2010- 06-2013

- De vaargeul van dit profiel bevindt zich op 1200m met een diepte van -18,81 m TAW. De vaargeul is hier heel breed en vrij steil aan beide zijden. De 3<sup>e</sup> verruiming is vooral te zien op de rechteroever.



Figuur 3-39: Dwarsprofiel Groot Buitenschoor d (GBSd)

#### 3.2.1.5 Algemeen besluit op basis van slik-en-schorraaien

De slik-en-schorraaien in Ketenisse, KPc en KPc, ter hoogte van de stortlocatie Ketelputten vertonen nu reeds lokale erosie. In het noordelijkwestelijk meer dynamischer slikgebied zou de subtidaal buffer van de Ketelplaat na mogelijks plaatvallen nog verminderen. In het zuidoosten trad na een stortproef van 0.5 Mm<sup>3</sup> in 2010 een plaatval op dat zich vermoedelijk vertaalde in een sterke erosie van het laag slik. Storten van grotere hoeveelheden zand dan de vorige stortproef lijkt dan ook niet aangewezen en specifiek in het zuidelijk gedeelte.

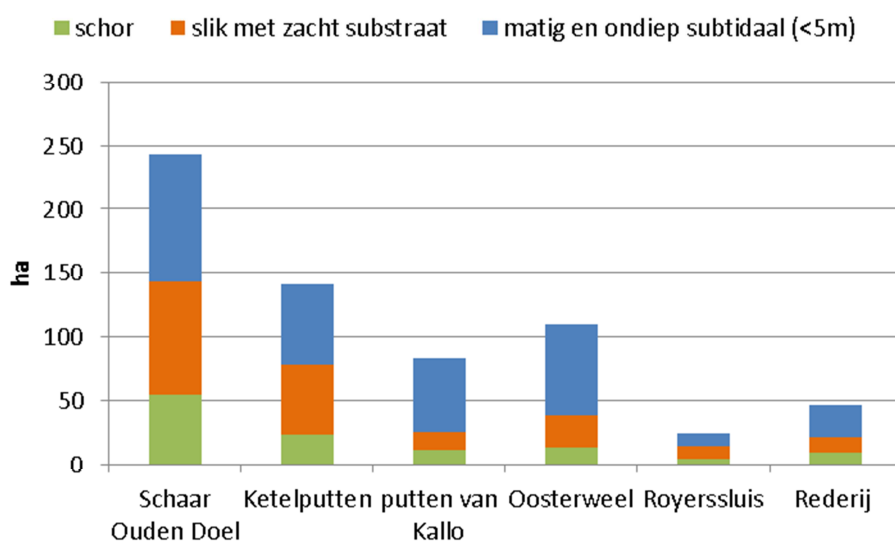
Bij het storten van slib in de Ketelputten lijkt de te verwachten toename in sedimentatie in het invloedsgebied binnen de huidige gemiddelde variatie in sedimentatiesnelheden te liggen. Tevens is de kans op plaatvallen voor Ketenisse minder hoog bij slibstorten waardoor het verwachte effect op de lage slikzone lager kan zijn. Aangezien de impact van het stortscenario 'huidig en dichtbij opwaarts' (S428) met gedeeltelijke slibstorting bij vloed in de Ketelputten ook op basis van de pelagisch ecologische modellering van Cox & Meire 2015 binnen de 1% marge zit, lijkt dat slibstortscenario haalbaar zonder een belangrijk ecologisch effect.

De huidige slikken voor het Schor Ouden Doel en het Paardenschor vertonen overwegend sedimentatie plaats met overwegend slib tot slibrijk zand. Subtidaal treedt wel een verruiming op van de vloedgeul voornamelijk ter hoogte van ODa. Bij het storten van zand (en/of verminderde zandwinning) kan hier een sterke verbetering optreden.

### 3.2.2 Ecotopen

Voor de evolutie van de ecotopen binnen de volledige Beneden-Zeeschelde verwijzen we naar (Van Braeckel en Elsen in Van Ryckegem et al. 2015)

Globaal blijken de invloedzones van Schaar Ouden Doel en Ketelputten op basis van schoroppervlak, slikoppervlak met zacht substraat en waterzones met dieptes onder de 5 meter de grootste oppervlaktes ecologisch belangrijke arealen te bezitten (resp. een totaal van 244 en 141 ha). Ook het invloedsgebied van Oosterweel steekt boven de 100 hectare uit wat vooral te wijten is aan de grote oppervlaktes ondiep en matig diep water op de plaat van Boomke. In de andere stortlocaties zijn de oppervlakte zacht slik en schor beperkt tot maximaal 15- 26 hectares.



Figuur 3-40: Totale oppervlakte aan schor, slik met zacht substraat, matig en ondiep subtidaal gebied per invloedzone van de stortlocaties

De ecotopenverdeling binnen het potentieel invloedsgebied van stortlocaties (met uitzondering van de Appelzak) is te zien in Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Ecotoopareaal anno 2013 in de potentiële invloedsgebieden van de stortlocaties

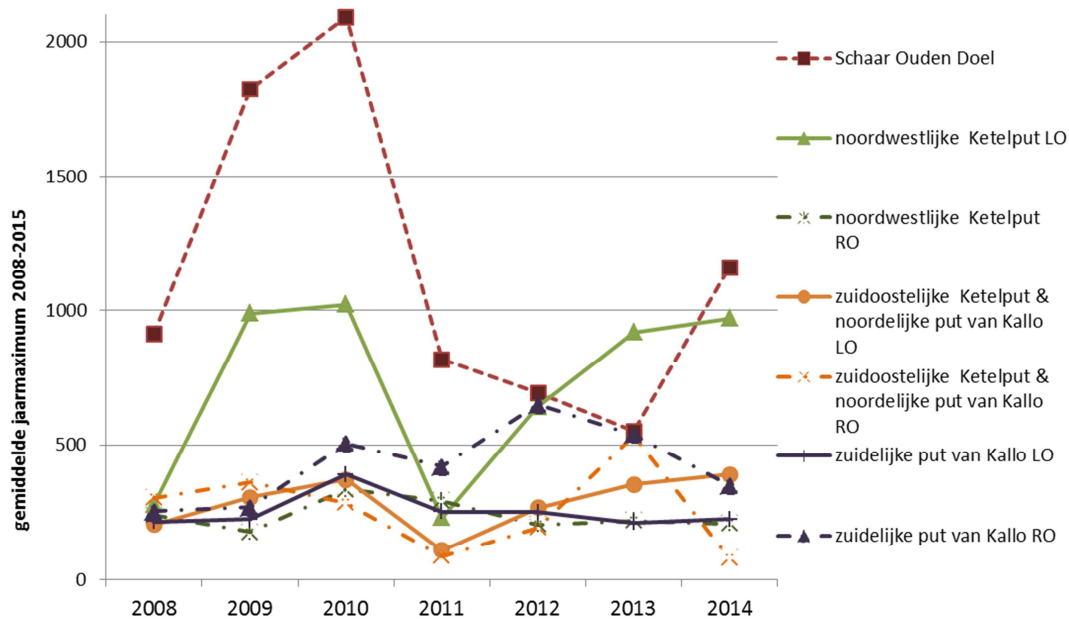
Ecotoop2013	Schaar Ouden Doel	Ketelputten	putten van Kallo	Oosterweel	Royerssluis	Rederij Antwerpen
diep subtidaal	222.8	220.9	147.7	147.9	73.0	101.8
matig diep subtidaal	75.3	33.5	42.4	48.2	5.8	15.5
ondiep subtidaal	25.2	28.9	15.5	23.4	3.8	9.1
laag slik zacht substraat	18.5	13.5	7.6	11.3	3.1	5.4
middelhoog slik zacht substraat	54.5	22.6	5.7	12.3	5.8	7.1
hoog slik zacht substraat	10.9	10.8	1.0	0.6	0.8	0.1
potentiele pionierzone	4.2	8.3	0.5	0.8	0.2	0.0
hard natuurlijk	0.2	5.8	6.2	3.0	0.1	0.7
hard antropogeen	4.0	13.3	7.1	12.1	3.6	2.3
Schor	55	23.5	11.1	13.0	4.8	9.1
hoog supralitoraal	2.3	3.0	1.5	2.0	0.9	0.2

### 3.2.3 Watervogels

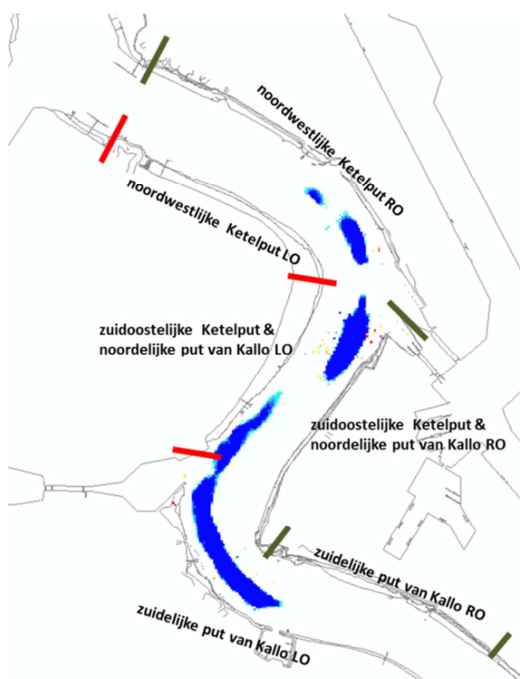
In dit deel wordt gekeken naar de aanwezige watervogels in de vogelgebieden in de invloedssfeer van de stortlocaties zie Figuur 3-42, ook wordt een inschatting gemaakt van het storteffect op watervogels.

#### 3.2.3.1 Vogelaantallen totaal:

De invloedzone van de Schaar van Ouden Doel, de rechteroever nabij de noordwestelijke Ketelput en de rechteroever van de zuidelijke put van Kallo (Figuur 3-42) vertonen de hoogste gemiddelde jaarmaxima van de getelde vogelaantallen, zoals te zien in Figuur 3-41.



Figuur 3-41: Temporele evolutie van de gemiddelde jaarmaxima van watervogelaantallen tussen 2008 en 2015 per oever en invloedsgedebied van de belangrijkste stortlocaties



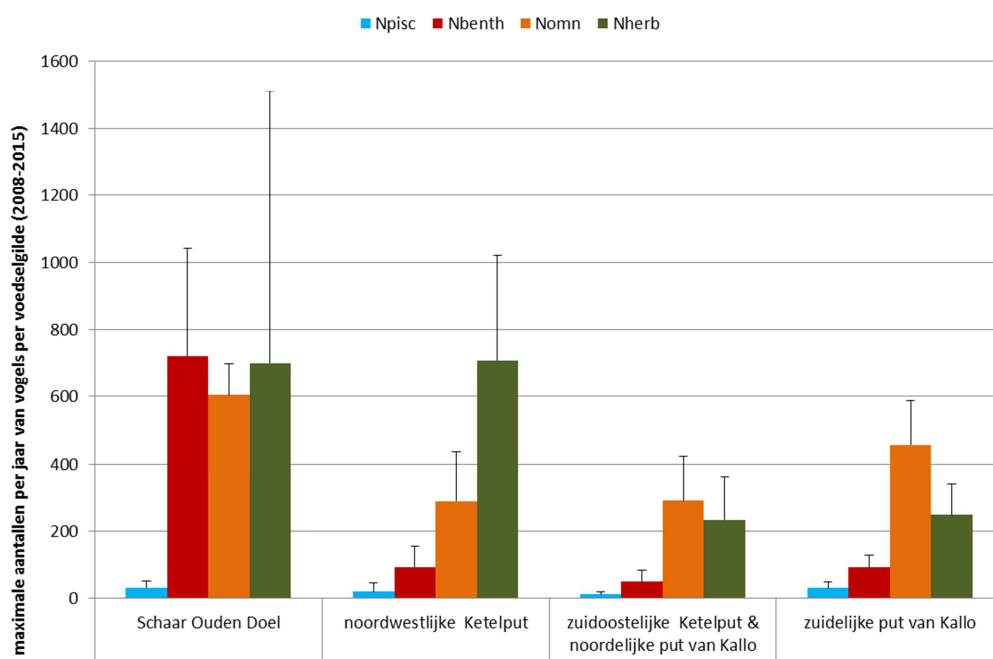
Figuur 3-42: Aanduiding watervogelgebieden nabij de stortlocaties Ketelputten en putten van Kallo

### 3.2.3.2 Maxima van vogelaantallen per indicatorgroep

Zoals in 2.2.3.2 beschreven, ondervinden benthivore en omnivore vogels potentieel de grootste invloed door veranderingen in de geomorfologie en hydrodynamiek dat effectueert op het aanwezige benthos. Het merendeel van deze soorten voeden zich namelijk op deze aanwezige bodemdieren.

Op basis van deze meest vogelsoortsgroepen (Figuur 3-43) zijn de stortlocaties Ketelputten en putten van Kallo vergelijkbaar. Enkel de zone rond de zuidelijke put van Kallo is relatief belangrijker. Hierbinnen is het vooral het gebied aan de binnenbocht (RO) met als belangrijkste soort de kievit (Figuur 3-42, Figuur 3-41). De hoogste aantallen in beide invloedsgebieden van de stortlocaties zijn vooral omnivore soorten (grotendeels eendachtigen en meeuwen). De hoogste maxima van zowel benthivore (steltlopers) als omnivore vogelsoorten zijn terug te vinden in de invloedzone van de Schaar van Ouden Doel. Deze zone is dan ook het gevoeligst voor veranderingen in de benthosdensiteiten/biomassa's.

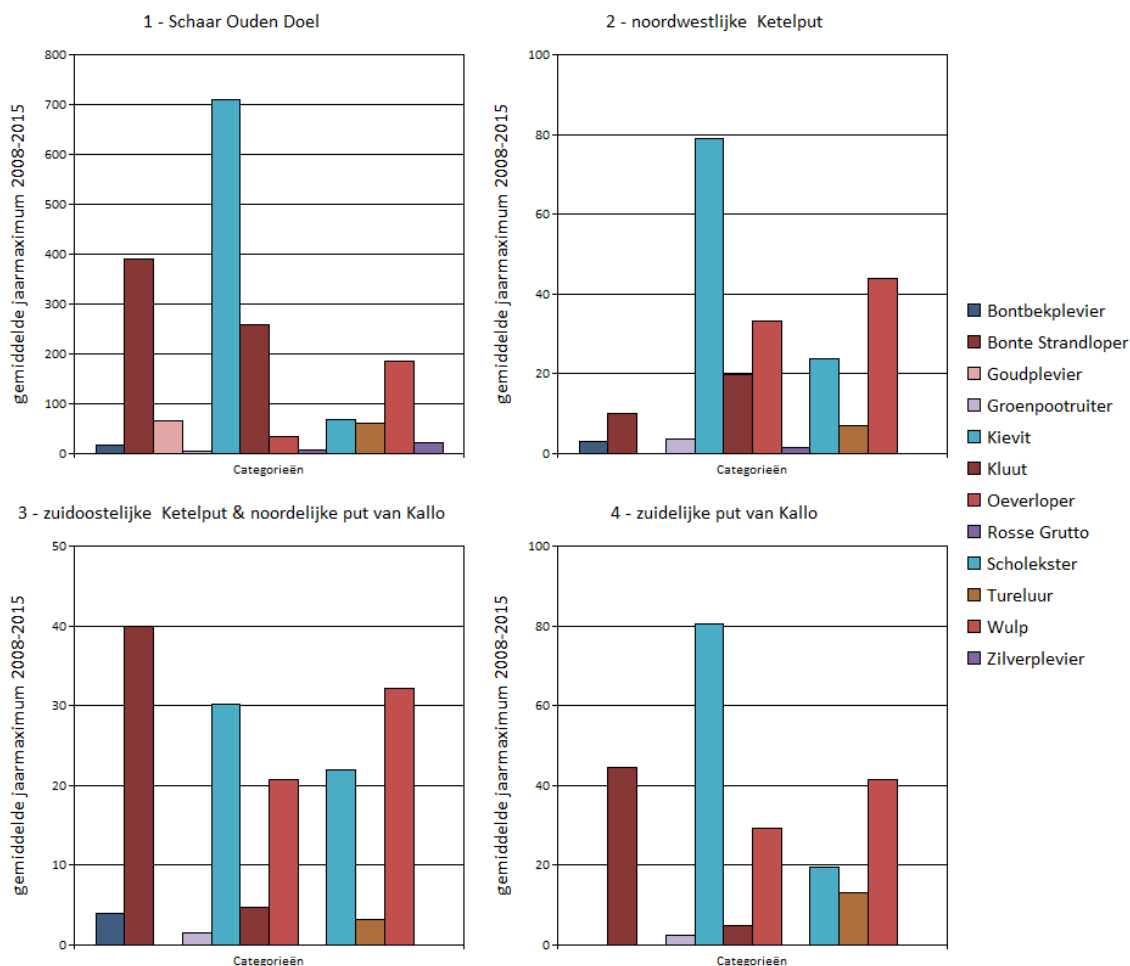
De herbivore soorten zijn vooral terug te vinden in de invloedzone van de Schaar van Ouden Doel en de noordwestelijke Ketelput.



Figuur 3-43: Aandeel van benthivore, herbivore, omnivore en piscivore watervogels per stortlocatie

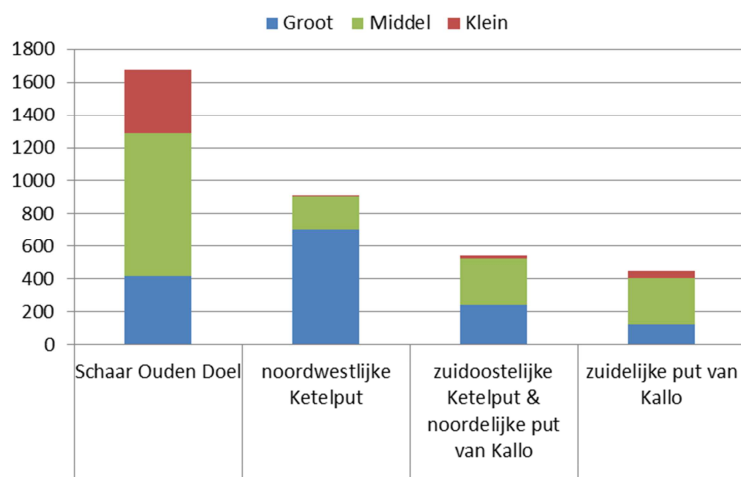


In Figuur 3-44 is het belang van de belangrijkste benthivore steltloper te zien voor de invloedsgebieden van de stortlocaties. De Schaar van Ouden Doel is veruit het belangrijkste. De andere gebieden rond de Ketelputten en Kallo zijn voor een divers aantal steltlopers van belang.



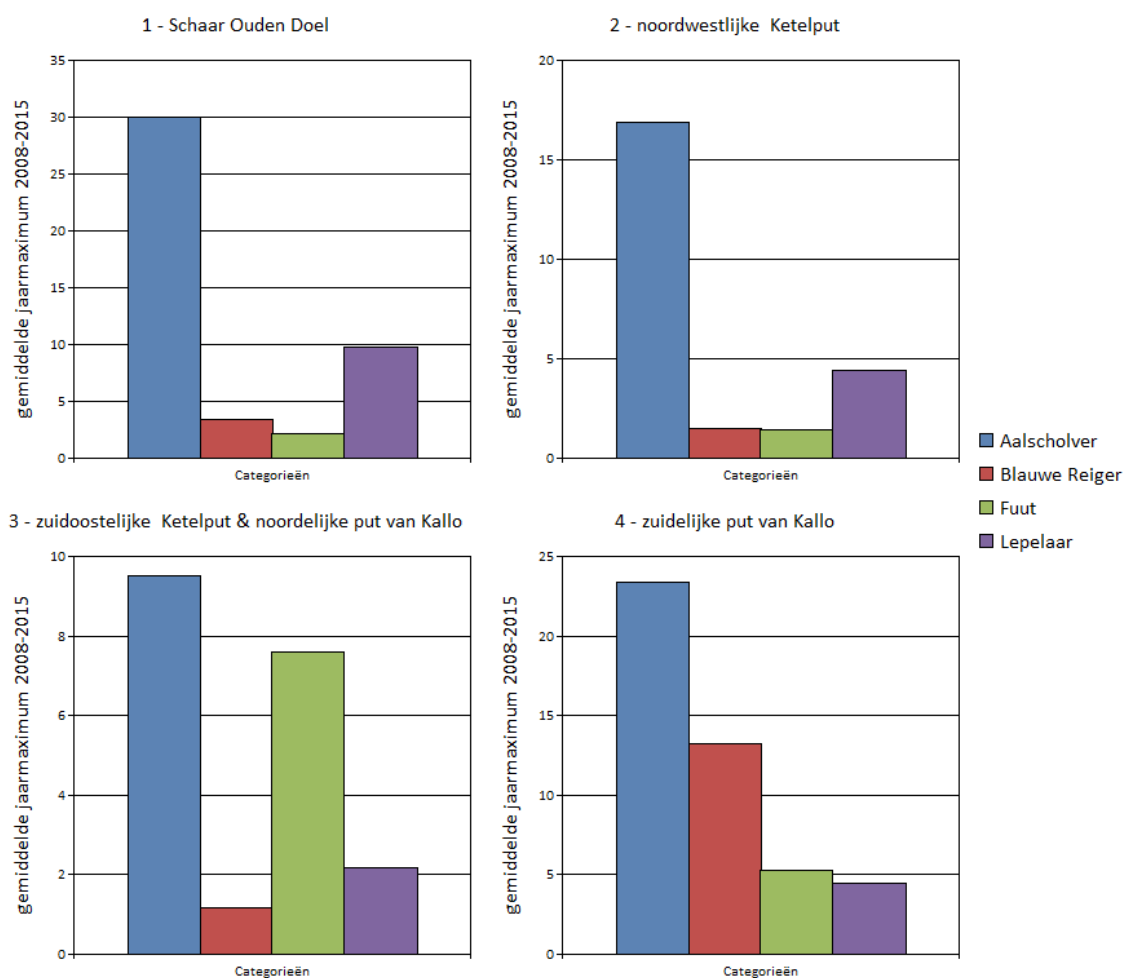
Figuur 3-44: Gemiddelde jaarmaxima van de dominante steltlopers in de invloedszones tussen 2008 en 2015

Naast de voedselstrategie kan op basis van de grootte van de overwinterende watervogels (november-maart, Figuur 3-45) een idee gevormd worden over de gevoeligheid voor veranderingen in het voedselaanbod of foerageermogelijkheid. Uit deze verkenning volgt dat de meest kwetsbare populatie op basis van deze proxy zich bevindt ter hoogte van de Schaar van Ouden Doel en in mindere mate de zuidelijke put van Kallo. De populaties ter hoogte van de noordwestelijke Ketelput voor overwinterende watervogels is groter dan de stroomopwaartse gebieden en vertonen door haar meer open hoogdynamisch karakter een relatief grote bijdrage aan grote watervogels. De twee stroomopwaartse zones zijn vergelijkbaar en vertonen een relatief gelijkaardige bijdrage van de grootteklassen.



Figuur 3-45: Aandeel van overwinterende kleine, middelgrote en grote watervogels per locatie

Daarnaast zijn er mogelijke effecten op de piscivore vogels door zuurstofstress en verminderen in het doorzicht (zicht jagende soorten bv. reigers, futen, sternes). De invloedzone ter hoogte van de Schaar Ouden Doel en de zuidelijke put van Kallo is relatief belangrijker voor visetende vogelsoorten (Figuur 3-46).



Figuur 3-46: De dominante visetende vogelsoorten 2008-2015 (sternen worden zelden gezien minder dan 100 per invloedzone over periode 2008-2015)

### 3.2.3.3 *Besluit watervogels*

Bij de keuze van het storten van zand in de Ketelputten of de putten van Kallo is te verwachten dat de grootste relatieve impact op watervogels zal optreden in het invloedsgebied van de Ketelputten.

Dit gebied aan de binnenbocht op rechteroever vertoont de grootste oppervlaktes aan onverharde slikken en grote aantallen watervogels vooral in het meer open pionierend deel nabij de noordwestelijke Ketelput. Het gebied herbergt ook grote groepen overwinterende watervogels alsook een groot deel herbivore vogels zoals ganzen en smienten.

Het verdwijnen van lage slikken en laagdynamische zones in en nabij de Ketenisse polder zal een grotere impact hebben op de aanwezige vogelpopulatie door het verdwijnen van groter foerageergebied dan rond de putten van Kallo. De slikken in het invloedsgebied van de putten van Kallo zijn immers een heel stuk smaller. En in tegendeel kan het zandstorten in de putten van Kallo net zorgen voor het meer laagdynamisch worden van dit ebgedomineerd slik op rechteroever (stroomopwaarts zone Fort Filip), wat mogelijk de benthivore en omnivore vogelsoorten ten goede kan komen.

## 4 Algemeen besluit

Uitgaande van de kwantitatieve en kwalitatieve analyse van ecologisch waardevol laagdynamische ecotopen voor benthos en vogels is de impact van het *storten van zand in de Ketelputten* niet te verwaarlozen bij stortingen groter dan  $0.5 \text{ Mm}^3$ . Door te verwachten effecten op slik-en plaatmorfologie kan ecologisch waardevol laagdynamisch areaal verdwijnen dat foerageergebied is voor tal van watervogels. Verdere studie zou nog kunnen nagaan of de effecten even sterk blijven indien enkel in de noordwestelijke put zou worden gestort. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de kwantitatieve analyse is uitgegaan van een maximale impactinschatting aangezien de modelberekeningen zijn gebeurd in scenario's waarbij het gestorte zandvolume integraal op de bodem wordt aangebracht. In werkelijkheid zal een deel eroderen tussen de verschillende stortingen

De verwachte toename van sedimentatiesnelheid bij het *storten van slib op de Ketelputten* lijkt binnen de bestaande schommelingen te liggen van sedimentatie/erosiesnelheden binnen deze gebieden. Tevens zijn de slikken nabij de Ketelputten reeds zeer slibrijk met aangepast pionierend benthos en iets minder benthische en omnivore watervogels dan nabij de zuidelijke put van Kallo. De effecten van slibstorten in de Ketelputten lijken voor habitat en het benthisch systeem niet zeer beperkend te zijn. Aangezien de impact van het stortscenario 'huidig en dichtbij opwaarts' (S428), met gedeeltelijke slibstorting bij vloed in de Ketelputten, ook op basis van de pelagisch ecologische modellering van Cox & Meire 2015 binnen de 1% marge zit, lijkt dat slibstortscenario haalbaar zonder een belangrijke ecologisch impact.

Bij het storten van zand in de putten van Kallo is het verlies van ecologisch waardevol areaal ondiep en matig diep subtidaal zeer beperkt en onder  $1 \text{ Mm}^3$  zelfs verwaarloosbaar klein. Watervogels in de invloedzone van de zuidelijke put van Kallo zouden een effect kunnen ondervinden vooral in de ebgedomineerde binnenbocht stroomopwaarts fort Filip. Uit de gemodelleerde sedimenttransporten (Vos et al. 2015b) blijkt dat deze zone door haar ebdominantie bij stortingen geen of weinig effect zal ondergaan van zandtransport. Het areaal laagdynamisch ondiep en matig diep subtidaal zou in deze zone zelfs toenemen wat juist een positief effect heeft.

Anderzijds zorgt een storting van  $1 \text{ Mm}^3$  zand (of een gelijkaardige verminderde zandwinning) in de *Schaar van Ouden Doel* voor een aanzienlijke toename in ecologisch waardevol laagdynamisch areaal. Het gebied herbergt de grootste oppervlak aan onverharde slikken en bezit ook de meeste benthische en omnivore watervogels van alle onderzochte stortinvloedzones. Een vermindering van de verstoring op deze locatie door gedeeltelijk op andere locaties te storten kan dan ook een grote ecologische winst betekenen.

## 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 5.0. 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 (2011). Monitoringprogramma flexibel storten. Analyse stortproef Ketelplaat. International Marine & Dredging Consultants i.o.v. Afdeling Maritieme Toegang: Antwerpen.

IMDC (2014). Monitoringprogramma flexibel storten. Deelopdracht 12: analyse van de stortingen in de diepe delen van de hoofdgeul – fase 2. International Marine & Dredging Consultants i.o.v. Afdeling Maritieme Toegang: Antwerpen. Maximova, T.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2013). Habitatmapping ondiep water Zeeschelde. Deelrapport 2 – Numeriek 2D-model. Version 2\_0. WL Rapporten, 00\_028. Flanders Hydraulics Research: Antwerp, Belgium.

Maris, T.; Bruens, A.; van Duren, L.; Vroom, J.; Holzhauer, H.; De Jonge, M.; Van Damme, S.; Nolte, A.; Kuijper, K.; Taal, M.; Jeuken, C.; Kromkamp, J.; van Wesenbeeck, B.; Van Ryckegem, G.; Van den Bergh, E.; Wijnhoven, S.; Meire, P. (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium. Update 2014. Report Ecosystem Management Research Group ECOBE, 014-R175. Deltares/Ecosystem Management Research Group/NIOZ/INBO: [s.l.]. 356 pp.

Piesschaert, F.; Dillen, J.; Van Braeckel, A.; Van den Bergh, E. (2008). Inventarisatie en historische analyse van Zeescheldehabitats: Vervolgstudie: resultaten van het eerste jaar. Interne rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2008.29. INBO: Brussel. 124 pp.

Van Braeckel, A., Speybroeck, J., Vanoverbeke J. & Van den Bergh, E. (2015) Habitatmapping Zeeschelde. Ecologie en ecotopen in het subtidaal gebied. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.x. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, België.

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 – Zandsenario's. Versie 4.0. WL Rapporten, 14\_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

## Bijlage 1: Indicatorgroepen watervogels

Tabel bijlage 1 Overzicht van de toegekende indicator per vogelsoort. Voedselgilde : Npisc = piscivoor, Nomn = omnivoor, Nherb = herbivoor, Nbenth = benthivoor; Grootte : kleine, middelmatig of grote soort; Slibindicator : verwachte relatie tussen slibrijke bodem en het voorkomen van de soort: pos = positief gecorreleerd, neg = negatief gecorreleerd, neutr = geen relatie

Soort	Voedselgilde	Grootte	slib_indicator
Aalscholver	Npisc	Groot	neutr
Bergeend	Nomn	Groot	pos
Blauwe Reiger	Npisc	Groot	neutr
Boeregans	Nherb	Groot	neutr
Bontbekplevier	Nbenth	Klein	pos
Bonte Strandloper	Nbenth	Klein	neg
Brandgans	Nherb	Groot	neutr
Brilduiker	Npisc	Middel	neutr
Canadese Gans	Nherb	Groot	neutr
Dodaars	Npisc	Klein	neutr
Drieteenstrandloper	Nbenth	Klein	pos
Fuut	Npisc	Middel	neutr
Geoorde Fuut	Npisc	Middel	neutr
Goudplevier	Nbenth	Middel	neutr
Grauwe Gans	Nherb	Groot	neutr
Groenpootruiter	Nbenth	Middel	pos
Grote Mantelmeeuw	Nomn	Groot	neutr
Grote Zilverreiger	Npisc	Groot	neutr
Indische Gans	Nherb	Groot	neutr
Kemphaan	Nbenth	Middel	pos
Kievit	Nbenth	Middel	neutr
Kleine Mantelmeeuw	Nomn	Groot	neutr
Kleine Zilverreiger	Npisc	Middel	neutr
Kluut	Nbenth	Middel	pos
Knobbelzwaan	Nherb	Groot	neutr
Kokmeeuw	Nomn	Middel	neutr
Kolgans	Nherb	Groot	neutr
Krakeend	Nomn	Middel	pos
Kuifeend	Nomn	Middel	neutr
Lepelaar	Npisc	Groot	neutr
Meerkoet	Nherb	Middel	neutr
Middelste Zaagbek	Npisc	Middel	neutr
Nijlgans	Nherb	Groot	neutr
Nonnetje	Npisc	Middel	neutr
Oeverloper	Nbenth	Klein	pos
Pijlstaart	Nomn	Middel	pos
Rosse Grutto	Nbenth	Middel	pos
Rotgans	Nherb	Groot	neutr
Scholekster	Nbenth	Middel	neg
Slobeend	Nomn	Middel	neutr
Smient	Nherb	Middel	neutr
Soepeend	Nomn	Middel	neutr
Stormmeeuw	Nomn	Middel	neutr

<b>Soort</b>	<b>Voedselgilde</b>	<b>Grootte</b>	<b>slib_indicator</b>
<b>Tafeleend</b>	Nomn	Middel	neutr
<b>Toppereend</b>	Npisc	Middel	neutr
<b>Tureluur</b>	Nbenth	Middel	pos
<b>Waterhoen</b>	Nherb	Middel	neutr
<b>Waterral</b>	Nbenth	Middel	neutr
<b>Watersnip</b>	Nbenth	Middel	neutr
<b>Wilde Eend</b>	Nomn	Groot	pos
<b>Wintertaling</b>	Nomn	Middel	pos
<b>Wulp</b>	Nbenth	Groot	pos
<b>Zilvermeeuw</b>	Nherb	Groot	neutr
<b>Zilverplevier</b>	Nbenth	Middel	neutr
<b>Zwarte Ruiters</b>	Nbenth	Middel	pos
<b>Zwartkopmeeuw</b>	Nomn	Middel	neutr