

Resultaten Monitoringprogramma Flexibel Storten Westerschelde en Monitoringprogramma Beneden-Zeeschelde

Voortgangsrapport 2020-2021

Uitgevoerd onder toezicht van het Overleg Flexibel Storten

Vlaamse Overheid
Afdeling Maritieme Toegang

RAPPORT 8 Maart 2024 - versie 6.0



Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerpen, België

: + 32 3 270 92 95

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Document Identificatie

Project Resultaten Monitoringprogramma Flexibel Storten Westerschelde en Monitoringprogramma Beneden-Zeeschelde
Titel rapport Voortgangsrapport 2020-2021
Opdrachtgever Vlaamse Overheid - Afdeling Maritieme Toegang
Contactpersoon Jürgen Suffis, +32 3 222 08 13, jurgen.suffis@mow.vlaanderen.be
Datum 08/03/2024
Rapportref. I/RA/11498/22124/MMO
Rapportlocatie K:\PROJECTS\11\11498_P009392 - Vaarwegbeheer 2016-2021\11498-1504-Voortgangsrapportage_2020-2021\10-Rap\RA22124_Voortgangsrapport 20-21 - v6\RA22124_11498_Voortgangsrapport 6 - v6.0-finaal.docx
Besteknummer MT/01357_15
Trefwoorden

Auteur(s) M. Moretto, R. Schepper, C. Pandelaers, B. Roest, A. Pieterse, G. van Holland

Nazicht	Aline Pieterse	Senior Ingenieur	
Goedgekeurd	Gijsbert van Holland	Hoofdingenieur	

Copyright © IMDC 2024, Alle rechten voorbehouden. Deze publicatie of delen mogen niet worden gekopieerd, gereproduceerd of verzonden in welke vorm of op welke manier dan ook, digitaal of anderszins zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van IMDC. De inhoud van deze publicatie zal door de klant vertrouwelijk worden behandeld, tenzij anders schriftelijk overeengekomen. Verwijzing naar een deel van deze publicatie dat tot verkeerde interpretatie kan leiden, is verboden.

Classificatie

☐ niet geclassificeerd
 ☐ intern
 ☒ beperkt
 ☐ confidentieel

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	21/10/2022	Concept	MMO/ROS/CPA	API	GVH
2.0	15/12/2022	Concept na opmerkingen aMT	MMO/ROS/CPA	GVH	GVH
3.0	23/12/2022	Finale versie Voortgangsrapport	MMO/ROS/CPA	GVH	GVH
4.0	09/10/2023	Concept versie Evaluatie na 12 jaar	MMO/ROS/CPA	API	GVH
4.0	13/11/2023	Update met 5.4 Discussie Experts	MMO/ROS/CPA/BRO	API	GVH
5.0	16/01/2024	Finale versie met evaluatie na 12 jaar voor CMW	MMO/ROS/CPA/BRO	API	GVH
6.0	08/03/2024	Finale versie zonder evaluatie na 12 jaar	MMO/ROS/CPA/BRO	API	GVH

Samenvatting

Het Voortgangsrapport 2020-2021 brengt verslag uit over de voortgang van de onderhoudswerkzaamheden en de monitoring in zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde. Deze rapportageplicht stamt voort uit afzonderlijke vergunningsverplichtingen voor Nederland en Vlaanderen, maar wordt, gezien de interactie tussen beide delen van het estuarium, gezamenlijk gerapporteerd. De voortgang is besproken op basis de van abiotische parameters uitgevoerd in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde zoals beschreven in het MONEOS-T Uitvoeringsplan, aangevuld met analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen, en (macrozoö)benthosgegevens voor de Westerschelde.

De analyse van deze gegevens laat toe om een advies te geven voor eventuele aanpassing van de stortstrategie, de monitoring of het nader onderzoek. Op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring en resultaten van studies en proefprojecten, kunnen aanbevelingen gedaan worden zowel voor het vaargeulonderhoud in de Westerschelde (cfr. Beslisproces Flexibel Storten, in het bijzonder bijsturing van de stortcapaciteit binnen de maximale ruimte voor Flexibel Storten), als voor het vaargeulonderhoud in de Beneden-Zeeschelde.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	9
1.1	De opdracht	9
1.2	Achtergrond derde verruiming en Flexibel Storten	9
1.3	Doel van het voortgangsrapport	10
1.4	Voortgangsrapport 2020 – 2021	11
1.5	Opbouw van rapport	12
2	Achtergrond	13
2.1	Onderhoud vaargeul Westerschelde	13
2.1.1	Voorspelde effecten uit het MER	13
2.1.2	Voorwaarden Protocol Flexibel Storten – Kwaliteitsparameters	17
2.1.3	Moneos-T Uitvoeringsprogramma 2015-2022	20
2.2	Onderhoud vaargeul Beneden-Zeeschelde	21
2.2.1	Voorspelde effecten uit het MER	21
2.2.2	Moneos-T Uitvoeringsprogramma 2015-2022	23
3	Beknopte data-analyse	25
3.1	Ingrepen	25
3.1.1	Westerschelde	25
3.1.2	Beneden-Zeeschelde	34
3.2	Hydrodynamiek	39
3.2.1	Westerschelde	39
3.2.2	Beneden-Zeeschelde	44
3.3	Morfologie en leefomgeving	49
3.3.1	Westerschelde	50
3.3.2	Beneden-Zeeschelde	84
3.4	Zwevende stof	92
3.4.1	Westerschelde	92
3.4.2	Beneden-Zeeschelde	93
3.5	Fauna (Westerschelde)	99
3.5.1	Macrozoöbenthos	100
3.5.2	Vogels	104
3.5.3	Zeehonden	112
4	Integrale discussie	114
4.1	Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Westerschelde	114
4.1.1	Behoud meergeulenstelsel	114
4.1.2	Laagdynamisch areaal plaatranden	117
4.1.3	Behoud ecologisch waardevol areaal	119
4.1.4	Fauna	119
4.2	Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Beneden-Zeeschelde	121

5	Conclusies	126
5.1	Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Westerschelde	126
5.1.1	Conclusies Voortgangsrapportage 2020-2021	126
5.1.2	Advies monitoring en verder onderzoek	128
5.2	Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Beneden-Zeeschelde	129
5.2.1	Conclusies Voortgangsrapportage 2020-2021	129
5.2.2	Advies stortstrategie	130
5.2.3	Advies monitoring en verder onderzoek	131
6	Referenties	132

Bijlagen

(De Bijlagen worden in een apart document opgeleverd)

Bijlage A Aangeleverde data

Bijlage B Bagger- en stortvolumes Westerschelde en Beneden-Zeeschelde

B.1	Westerschelde
B.1.1	Overzichtskaart van bagger- en stortlocaties
B.1.2	Baggervolumes (beun en in situ) per kalenderjaar en per vergunningsjaar (tabellen)
B.1.3	Verloop relatieve baggerinspanning per macrocel per vergunningsjaar
B.1.4	Verloop gestorte volumes per vergunningsjaar per type stortlocatie
B.1.5	Gestorte volumes per vergunningsjaar per type stortlocatie (tabellen)
B.1.6	Cumulatieve baggervolumes volledige Westerschelde
B.1.7	Cumulatieve baggervolumes Westerschelde per drempel
B.1.8	Cumulatieve stortvolumes per stortzone (in situ m ³)
B.1.9	Bagger- en stortrelaties per vergunningsjaar
B.1.10	Specie afgevoerd naar België
B.2	Beneden-Zeeschelde
B.2.1	Overzichtskaart van bagger- en stortlocaties
B.2.2	Slib: Bagger- en stortvolumes per jaar
B.2.3	Zand: Bagger- en stortvolumes per jaar
B.2.4	Totaal baggeronderhoud (zand + slib) per locatie in de Beneden-Zeeschelde (1980-2021)

Bijlage C Bathymetrie Westerschelde

C.1	Macrocel 1 & 2
C.2	Macrocel 3
C.3	Macrocel 4
C.4	Macrocel 5
C.5	Macrocel 6 & 7

Bijlage D Bathymetrie Beneden-Zeeschelde

D.1	Bath tot Saeftinge
-----	--------------------

- D.2 Saeftinge tot Doel
- D.3 Doel tot Filip
- D.4 Filip tot Oosterweel
- D.5 Rede van Antwerpen
- D.6 Ducht tot Rupelmonde

Bijlage E Plaatrandstortingen

Bijlage F Watervolume geulen Westerschelde

- F.1 Macrocel 1
- F.2 Macrocel 3
- F.3 Macrocel 4
- F.4 Macrocel 5
- F.5 Macrocel 6
- F.6 Macrocel 7

Bijlage G Integrale weergave data sedimentatie-erosiemeetpunten

- G.1 Hooge Springer
- G.2 Hooge Platen
- G.3 Plaat van Walsoorden
- G.4 Rug van Baarland

Bijlage H Ecotoop Westerschelde

- H.1 Ecotoopkaart 2010
- H.2 Ecotoopkaart 2020
- H.3 Ecotoopverschilkaart 2020-2010

Bijlage I Ecotoop Beneden-Zeeschelde

- I.1 Ecotoopkaart 2010
- I.2 Ecotoopkaart 2019
- I.3 Ecotoopkaart 2020
- I.4 Afbakening voor ecotoopareaalbepaling schorren

Bijlage J Zwevende Stof Meetlocaties

- J.1 Dieptestalen
- J.2 Continue metingen
- J.3 Trend- en breekpuntanalyse Zwevende Stof

Bijlage K Verspreiding van de schelpdieren in de Westerschelde 1992-2021 Monsternamepunten Schelpdierensurvey

- K.1 Kokkels (*Cerastoderma edule*)
 - K.1.1 Biomassa (gr/m²) op basis van de WOT-data
 - K.1.2 Densiteit (individue/m²) op basis van de WOT-data
- K.2 Nonnetjes (*Limecola baltica*)
 - K.2.1 Biomassa (gr/m²) op basis van de WOT-data
 - K.2.2 Densiteit (individue/m²) op basis van de WOT-data

Bijlage L Fauna

- L.1 Macrozoöbenthos
- L.2 Vogels
- L.3 Zeehonden

1 Inleiding

1.1 De opdracht

Het Voortgangsrapport 2020-2021 is opgesteld door IMDC nv in samenwerking met Universiteit Antwerpen – Ecobe (UA), Heinis Water & Ecologie (HWE), en GeoHydroData onder deelopdracht 15 ‘Morfologische analyses effecten speciebergingscenario’s in het Schelde estuarium’ van de ‘Meervoudige raamovereenkomst in kader van proces vaarwegbeheer periode 2016-2021’, in opdracht van afdeling Maritieme Toegang van de Vlaamse Overheid (besteknummer MT/01357_15).

1.2 Achtergrond derde verruiming en Flexibel Storten

In 2005 werd door de Vlaamse Regering en het Koninkrijk Nederland in een verdrag over de uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010 beslist dat de Schelde zou worden verdiept. De Ontwikkelingsschets 2010 omschrijft een plan voor de nodige projecten, maatregelen, en monitoringsrichtlijnen om de Schelde te doen evolueren naar een staat zoals bepaald in de Lange Termijn Visie (voor het jaar 2030). In het verdrag wordt onder andere gesteld dat zeeschepen tot een diepgang van 13,1 m op getij-onafhankelijke wijze de haven van Antwerpen dienen te kunnen bereiken.

Om dit doel te bereiken werd in 2010 de derde verruiming gerealiseerd. De eerste verdieping vond plaats in de jaren '70 van de vorige eeuw: drempels werden 3 tot 4 meter verdiept. In 1997-1998 werd een tweede verdieping uitgevoerd waardoor schepen tot 11,6 m diepgang getij-onafhankelijk konden varen.

Na de aanlegbaggerwerken die nodig waren om de derde verruiming uit te voeren, worden de drempels onderhouden op een gegarandeerde diepte van -14,5 m LAT. Voor wat betreft de onderhoudsbaggerwerken in de Westerschelde wordt in de Ontwikkelingsschets 2010 melding gemaakt van een flexibele stortstrategie. Deze houdt in dat de stortstrategie wordt aangepast op basis van monitoring om zo de fysieke kenmerken van het systeem binnen zijn natuurlijke dynamiek te bewaren. De flexibele stortstrategie maakt deel uit van de milieueffectrapportage (Consortium Arcadis-Technum, 2007a) en de hierop volgende milieuvergunningen voor de stortingen in de Westerschelde.

Het monitoringsprogramma dat voor de opvolging van het Flexibel Storten in de Nederlandse vergunningen is vastgelegd, is het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2008-2018 (Schrijver en Plancke, 2008) en het MONEOS-T Uitvoeringsplan 2015-2022 (Schrijver en Plancke, 2015), met uitbreiding van de benthosgegevens voor de Westerschelde voor wat betreft de Natuurbeschermingswetvergunning. De rapportage is later op vraag van LNV uitgebreid met vogel- en zeehondentellingen. Het MONEOS-T Uitvoeringsplan is gemeenschappelijk opgesteld door Nederland en Vlaanderen en beschrijft de metingen in de periode van 1 januari 2008 tot 1 januari 2023 die nodig zijn om de evaluatie van de effecten voor het thema toegankelijkheid, zoals opgelegd in de Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010, mogelijk te maken.

De evaluatie van de stortstrategie in de Westerschelde is gebaseerd op een aantal parameters die gedefinieerd zijn in het ‘Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten – Kwaliteitsparameters’ (Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie, 2008, 2014). De voorwaarden houden in dat bepaalde grenswaarden niet overschreden mogen worden zonder dat bijkomende maatregelen of onderzoek wordt opgestart. Om dit proces te bewaken en realiseren, werd binnen de werkgroep Onderzoek en Monitoring van de VNSC het Overleg Flexibel Storten opgericht als overlegplatform waaraan deskundigen van verschillende instanties deelnemen met als doel de monitoringsgegevens aan bovengenoemd protocol te toetsen, de stortstrategie bij te sturen waar en wanneer

nodig, bijkomend onderzoek op te dragen aan andere projectgroepen, en hierbij de Commissie Monitoring Westerschelde in te schakelen wanneer nodig.

1.3 Doel van het voortgangsrapport

Afdeling Maritieme Toegang dient in het kader van de vergunningen voor het vaarwegonderhoud van de Schelde een tweejaarlijks Voortgangsrapport op te stellen. Deze voorwaarde is opgenomen in de milieuvergunningen van 2013 voor de Natuurbeschermingswet (kenmerk DGNR-RRE/13194161) afgeleverd door het Directoraat-Generaal Natuur & Regio en de Waterwet¹ (kenmerk WTW11682 RWS-2013/48306) afgegeven door Rijkswaterstaat Zee & Delta voor wat betreft de Westerschelde, alsook in de milieuvergunningen afgeleverd door de provincie Antwerpen in 2017 (MLAV1-2016-0304) en de provincie Oost-Vlaanderen in 2017 (Mo3/46003/331/A/5/LDR/EM) voor wat betreft de Beneden-Zeeschelde. De provinciale milieuvergunningen zijn sinds 29 oktober 2021 vervangen door een gewestelijke omgevingsvergunning (OMV_2018128729).

Uit de voorschriften van het besluit van de Natuurbeschermingswetvergunning is onderstaande tekst overgenomen:

“33. Tweejaarlijks of indien daarvoor op basis van tussentijdse resultaten aanleiding toe bestaat eerder doch uiterlijk 31 december van de jaren 2016, 2018, 2020 en 2022, rapporteert de vergunninghouder aan het bevoegd gezag ter attentie van het Nbwet-team over de voortgang van de werkzaamheden en de resultaten van de activiteiten die overeenkomstig het monitoringsprogramma hebben plaatsgevonden.

34. In de tweejaarlijkse rapportage worden tevens de benthosgegevens behandeld die in het kader van de geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium worden verzameld.”

In de Natuurbeschermingswetvergunning¹ wordt hierbij tevens verwezen naar de betreffende passage uit het Beslisproces Flexibel Storten:

“Op basis van de voortgang van de werkzaamheden, de uitkomsten van de integrale monitoring en de resultaten van studies en proefprojecten wordt [...] een voortgangsrapport opgesteld. In het Voortgangsrapport wordt op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring en resultaten van studies en proefprojecten aan de beheerder (in combinatie met Rijkswaterstaat Zeeland) een voorstel gedaan voor eventuele aanpassing van de stortstrategie, de monitoring of het nader onderzoek.”

Het vastgelegde monitoringsprogramma is beschreven in het Uitvoeringsplan MONEOS-T 2015 – 2022 (Schrijver en Plancke, 2015). Voor een overzicht van de gemeten parameters wordt verwezen naar Sectie 2.1.3.

In de Vlaamse milieuvergunningen resp. omgevingsvergunning is eveneens sprake van een tweejaarlijkse rapportage. Volgens de gewestelijke omgevingsvergunning voor het vaargeulonderhoud (2021) dient tweejaarlijks de Voortgangsrapportage, Deel Monitoringsprogramma Beneden-Zeeschelde, te worden gerapporteerd met de voortschrijdende historie van de meetgegevens, de evolutie in de gemeten grootheden, en de interpretatie hiervan in relatie tot de stortactiviteit. Het voortgangsrapport doet op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring, waaronder zeker turbiditeit, en de resultaten van de studies en

¹ Ook in de vergunning waterwet wordt verwezen naar het Beslisproces Flexibel Storten waar onder punt 3 het opstellen van een voortgangsrapport wordt vermeld.

proefprojecten voorstellen voor eventuele aanpassingen van de stortstrategie, de monitoring of nader onderzoek, inclusief nieuwe technieken en mogelijkheden.

In de Vlaamse vergunning wordt als mogelijkheid verwezen naar de MONEOS systeemmonitoring (Meire en Maris, 2008). Praktisch gezien wordt voor de Beneden-Zeeschelde echter ook gebruik gemaakt van het Uitvoeringsplan Moneos-T. Voor een overzicht van de gemeten parameters wordt verwezen naar Sectie 2.2.1.1.

In de praktijk zijn beide rapporten bijeengebracht in één grensoverschrijdend Voortgangsrapport.

Bijgevolg is het doel van het voortgangsrapport om te kunnen beantwoorden aan de voorwaarden zoals gesteld in de vergunningen van het vaarwegonderhoud voor de Beneden-Zeeschelde en Westerschelde en te beantwoorden aan het beslisproces Flexibel Storten voor de Westerschelde.

Op basis van de Voortgangsrapportage brengt de Commissie Monitoring Westerschelde onafhankelijk advies uit.

1.4 Voortgangsrapport 2020 – 2021

Het voortgangsrapport 2020 – 2021 brengt verslag uit over de voortgang van werkzaamheden en de resultaten van monitoring uitgevoerd in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde gedurende de periode 2020-2021, zoals vastgelegd in het MONEOS-T Uitvoeringsplan, andere studies en proefprojecten en aangevuld met een analyse van zeehondentellingen, vogeltellingen en benthosgegevens voor de Westerschelde.

De analyse van deze gegevens laat toe om de evolutie van de gemeten grootheden te weergeven en een interpretatie hiervan te maken in relatie tot de werkzaamheden. Op basis van de waargenomen ontwikkelingen kunnen voorstellen gemaakt worden voor eventuele aanpassingen van de stortstrategieën (maximale ruimte voor Flexibel Storten), de monitoring of het nader onderzoek voor het vaargeulonderhoud in zowel de Westerschelde (cfr. Beslisproces Flexibel storten), als de Beneden-Zeeschelde.

Dit voortgangsrapport volgt op vijf eerdere voortgangsrapporten: Voortgangsrapport 2010-2011 (IMDC, 2013a), Voortgangsrapport 2012-2013 (IMDC, 2015a, 2015b), Voortgangsrapport 2014-2015 (IMDC, 2017a, 2017b), Voortgangsrapport 2016-2017 (IMDC, 2019a, 2019b), en Voortgangsrapport 2018-2019 (IMDC, 2020a, 2020b).

Het 6^e Voortgangsrapport bestaat niet, zoals dat bij voorgaande edities wel het geval was, uit een afzonderlijk synthesesrapport en een data-analyserapport. Voor deze rapportageperiode is de data-analyse beperkt ten opzichte van de 5 eerdere Voortgangsrapporten. De evolutie van het systeem is niet (in detail) beschreven; hiervoor wordt verwezen naar de Toestandsrapportage voor de periode 2016-2021 (T-2021 rapport, *in voorbereiding*).

In vergelijking tot de voorgaande voortgangsrapporten is de totale omvang van de rapportage hierdoor afgenomen. De hoofdtekst geeft een beknopte beschrijving van de resultaten van enkele gemeten parameters uit het Moneos-T monitoringsprogramma, aangevuld met relevante resultaten van studies en proefprojecten. Deze dragen bij aan het in beeld brengen van de ontwikkelingen en staan toe om een advies te formuleren omtrent de stortstrategie. Aanvullende data en figuren zijn opgenomen als bijlage.

1.5 Opbouw van rapport

De structuur van dit rapport is gelijkaardig aan het syntheserapport van het Voortgangsrapport 2018-2019. Er zal per thema aandacht besteed worden aan zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde. Figuren die niet in dit rapport worden opgenomen, zullen in een apart bijlagendocument worden gevoegd.

In Hoofdstuk 2 wordt de achtergrond gegeven waartegen de waarnemingen in het Voortgangsrapport besproken worden, waarbij er onderscheid gemaakt wordt tussen de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Hierbij worden de kwaliteitsparameters Flexibel Storten, de verwachte effecten uit het MER, het MONEOS-T Uitvoeringsplan, voor de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde besproken.

In Hoofdstuk 3 wordt een beknopte beschrijving gegeven van de verschillende opgenomen analysefiguren, extra uitgevoerde analyses en getoonde monitoringsresultaten, voor nadere analyses wordt verwezen naar de relevante rapporten.

Hoofdstuk 4 vormt de integrale discussie, waarin de bevindingen worden besproken die van belang zijn voor het formuleren van een advies ten aanzien van de stortstrategie en de monitoring.

In Hoofdstuk 5 worden als afsluiting van de Voortgangsrapportages op basis van het voorgaande conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan ten aanzien van de stortstrategie en de monitoring.

2 Achtergrond

2.1 Onderhoud vaargeul Westerschelde

Op basis van de voorspelde effecten uit het MER en de vaststelling van (negatieve) effecten in de Passende Beoordeling enerzijds, en de vereiste opvolging van kwaliteitsparameters uit het Protocol Flexibel Storten anderzijds, is voor de Westerschelde het Moneos-T monitoringsprogramma opgesteld. Als achtergrond bij deze voortgangsrapportage worden deze drie onderdelen hieronder samengevat.

2.1.1 Voorspelde effecten uit het MER

In het Milieu Effecten Rapport (MER) van de derde verruiming (Consortium Arcadis-Technum, 2007a) zijn voorspellingen gedaan voor verschillende tijdsschalen (direct, kort en (middel)lange termijn) en voor verschillende scenario's. Deze zijn beoordeeld in de Passende Beoordeling (Consortium Arcadis-Technum, 2007b). Deze sectie geeft een samenvatting van de verwachte effecten voor de korte en middellange termijn (2015-2030)² en voor het voorkeursalternatief alternatief, met stortingen op de plaatranden. Enkel de belangrijkste effecten zijn in deze samenvatting opgenomen, voor een volledige lijst wordt verwezen naar het MER en de deelrapporten. De afwerking van het Deurganckdok, de ontpoldering van de Hedwige-Prosperpolder (verondersteld te zijn voltooid tegen 2015) en de ontwikkeling van de overige Sigmagebieden zijn in het MER tot de autonome ontwikkeling gerekend.

Voor de tweede vergunningsperiode (2015-2022) is de Passende Beoordeling³ opnieuw uitgevoerd. In deze Passende Beoordeling zijn bijkomende beschouwingen gedaan aan de hand van ingreep-effectketens. Er werden geen bijkomende effecten bepaald. Voor meer informatie wordt verwezen naar het desbetreffende rapport (Arcadis, 2013).

2.1.1.1 Ingrepen

De aanlegbaggerwerken die nodig waren in de Westerschelde om de derde verruiming uit te voeren werden geraamd op 7,7 miljoen m³ in situ.

In de eerste jaren na de eerste en tweede verdieping van de Westerschelde werd een verhoogd (onderhouds)baggervolume voorzien, gevolgd door een afname. In het MER werd gesteld dat niet kon worden voorspeld of een dergelijke afname ook na de derde verruiming zou optreden. Voor het baggervolume zand in de Westerschelde werd een toename voorspeld met een factor 1,5 tot 1,9, tot ca. 11,7 Mm³ in situ per jaar.

2.1.1.2 Hydrodynamiek

Waterstanden

De verwachte evolutie tegen 2015 door de autonome ontwikkeling bestond uit een afname van de getijslag door de ontpoldering van Hedwige-Prosperpolder en de andere Sigmagebieden, en dit vooral in de Beneden-Zeeschelde, maar ook in de Westerschelde. Er werd ook een beperkte toename van de hoogwaterstanden voorspeld door de zeespiegelstijging.

² In het MER worden analyses gedaan voor 2010, 2015 en 2030. In de Passende Beoordeling wordt voor de middellange termijn verwezen naar de analyses voor 2015 en 2030.

³ Deze Passende Beoordeling betrof de enkel Westerschelde; wel werden eventuele grensoverschrijdende effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van het Schelde- en Durme-estuarium beschouwd (stroming en stikstof).

Het voorspelde effect van de verruiming en het flexibel storten op de waterstand zou overal maximaal slechts één of enkele centimeters bedragen voor de gemiddelde waterstand, hoog- en laagwaterstand, en getijslag. Deze veranderingen werden als gering beschouwd ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

Stroomsnelheden

Op basis van simulaties werd op bepaalde locaties een afname in de maximale stroomsnelheid voorspeld met verschillen van maximaal 0,2 m/s in 2015 en minder dan dat in 2030.

Het MER voorspelde verder geen aanleiding tot extra geulwandverdediging en geen negatief effect op de stabiliteit van de hoogwaterkeringen, aangezien er voornamelijk een afname van de stroomsnelheden in de geul zou optreden.

2.1.1.3 Morfologie en leefomgeving

Morfologie, meergeulenstelsel en overschrijding stortcriterium

Het milieueffectrapport (Consortium Arcadis-Technum, 2007a) focust op verschillende stortstrategieën in de Westerschelde. De conclusie hierbij was dat de flexibele stortstrategie met de bijbehorende plaatrandstortingen, waarbij er een mogelijkheid was dat bijkomend laagdynamisch intertidaal gebied (met hoog ecologisch potentieel) gecreëerd zou worden, de meest milieuvriendelijke aanpak zou zijn. Hierdoor zouden ook de nevengeulen minder sterk belast worden door stortingen, wat strookt met het wensbeeld uit de Lange Termijn Visie van het behoud van een meergeulensysteem.

In de Westerschelde werd door de autonome ontwikkeling een afname van de meergeulenwerking, dat wil zeggen een degeneratie van het systeem van hoofd- en nevengeulen, met tussenliggende platen, kortsluitgeulen en een variatie aan ondiepwater- en intergetijdengebieden, verwacht. Op middellange termijn (2030) werd op basis van modelresultaten voorspeld dat als gevolg van de autonome ontwikkeling de geulen verder zouden verdiepen en het zandvolume van de platen verder zou toenemen. Door deze versteiling van het estuarium, werd verwacht dat het areaal aan ondiepwatergebied verder zou afnemen. Door de verruiming werd in het MER een licht negatief effect op de meergeulenwerking verwacht⁴ en door het flexibel storten (met name het storten in de diepe delen van de vaargeul en op de plaatranden) een licht positief effect, zodat het netto-effect als niet-significant werd beschouwd.

Analoog werd een licht negatief effect voorspeld op het stortcriterium (de maximale stortcapaciteit⁵ in de nevengeulen) door de verruiming zelf, en een licht positief effect door de aangepaste stortstrategie. Het netto-effect van de verruiming en de aangepaste stortstrategie werd daarom als niet-significant beoordeeld.

Globaal is er een afname in de kwaliteit van de fysische systeemkenmerken van het estuarium (meergeulenstelsel, kortsluitgeulen, ...) door de autonome ontwikkeling. In het MER werd slechts een geringe impact verwacht van de derde verruiming en het flexibel storten ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

⁴ Ten opzichte van de autonome ontwikkeling (nulalternatief) neemt de overschrijding van het stortcriterium weliswaar af, maar wordt in meer macrocellen het stortcriterium benaderd.

⁵ Stortcapaciteit: baggervolume waarbij geen of minimale overschrijding van de maximale bergingscapaciteit optreedt.

Ecotopen

In de Westerschelde werd door het storten op de plaatranden een aanzienlijke toename verwacht in het laagdynamisch litoraal⁶. Aangezien er geen gebruik gemaakt kon worden van de rainbow techniek voor het uitvoeren van de plaatrandstortingen, werd de verwachting later bijgesteld in het Determinatieonderzoek Plaatrandstortingen (Plancke et al., 2008). Op basis van dit onderzoek werd specifiek het streefdoel gesteld om 5 jaar na de start van de verruiming 114 ha nieuw laagdynamisch ecologisch waardevol areaal gecreëerd te hebben met de plaatrandstortingen, binnen vastgelegde controlepolygoenen rond de stortzones (Plancke et al., 2009). Voor de middellange termijn (2015) is in het determinatieonderzoek een toename van het areaal (laagdynamisch) intergetijdengebied met 96 ha en een toename van het areaal ondiepwater met 18 ha bepaald.

In de Passende Beoordeling worden op korte en middellange termijn (2015/2030) zeer kleine verschuivingen verwacht van het habitatype estuaria naar schorttype, door een (kleine) toename van de getijamplitude. Hierdoor verschuift ook de zoutgradiënt en de verhouding tussen zout en brak gebied voor deze habitattypen (kwaliteit). Aangezien het een klein verlies van ecologisch minder waardevolle, hoogdynamische ecotopen betreft, en het ecologisch waardevol laagdynamisch gebied toeneemt, worden deze effecten in de Passende Beoordeling als niet significant beoordeeld.

2.1.1.4 Fysico-chemie en waterbodemkwaliteit

Slibdynamiek en doorzicht

Er werden in het MER geen aanwijsbare veranderingen voorspeld in het gemiddelde doorzicht. Wel werd er in de zone opwaarts van Hansweert (oostelijk deel van de Westerschelde) een verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht voorspeld van circa 5 tot 10 procent, zowel op korte (direct na aanleg) als op middellange termijn (2030).

Er werd ook een geringe impact op de aanslibbing verwacht, met een toename in de aanslibbingssnelheid op de slikken en schorren het dichtst bij de verruiming (in het oosten) tot 0,5 cm per dag (in laagdikte recent afgezet slib). Op middellange termijn zouden deze effecten nog merkbaar zijn, maar relatief kleiner dan op korte termijn.

Ten opzichte van de achtergrondconcentraties bedraagt de verwachte verhoging van de slibconcentratie door baggeren en storten in de Westerschelde maximaal 1,2 tot 1,5%. Volgens het MER zou een dergelijke verhoging zeker niet tot een versnelde opslibbing van schorren in de Westerschelde leiden. Er werd geen impact verwacht op de slibdynamiek in de zones afwaarts van Hansweert en geen impact op het aanslibbingsvolume in de Westerscheldehavens.

Zoutdynamiek

De verwachte impact van de verruiming en het flexibel storten op de zoutdynamiek werd als gering beschouwd. Er werden zowel op korte als lange termijn ten gevolge van de verruiming beperkte verschuivingen verwacht van de zout-, brak- en zoetwaterzones (maximaal enkele honderden meters). Echter, gelet op de natuurlijke variatie van ruim 50 kilometer in de ligging van het zoutfront, worden deze verschuivingen als niet noemenswaardig beschouwd.

⁶ MER: 266 ha (+5 %) tegen 2015, waarvan 225 ha in de zoute zone en 41 ha in de brakke zone. PB: Voor de middellange termijn (2015-2030) wordt voor de toename van het areaal (laagdynamisch) intergetijdengebied een bandbreedte aangehouden op basis van verschillende modelanalyses van 110 tot 280 ha (1,7 tot 4,5 %), ten gevolge van het storten op de plaatranden.

Milieuhygiënische kwaliteit van de baggerspecie

In het MER en de PB werd ten aanzien van milieuvreemde stoffen op basis van sedimentmonsters op alle te verdiepen (en onderhouden) locaties gesteld dat volgens de toen geldende normen de baggerspecie vrij zou mogen worden verspreid in de zoute wateren.

2.1.1.5 Fauna

In het MER werd voorspeld dat de morfologische veranderingen zich zouden doorvertalen via bodemdierenbiomassa naar benthivore vogels. Volgens het MER zouden de morfologische veranderingen geen impact hebben op het ecologisch functioneren en de waterkwaliteitsparameters uit de Kaderrichtlijn Water, zoals fytoplankton (primaire productie), macrofyten of vissen. Deze laatste worden daarom ook niet besproken.

Macrozoobenthos

Op middellange termijn (tegen 2015) werd een toename in de totale biomassa bodemfauna met +1,9 % verwacht in de Westerschelde, als gevolg van de voorspelde (licht) positieve effecten op de oppervlakten laag dynamisch litoraal.

Vogels

In het MER werden er ten gevolge van de verruiming geen of zeer beperkte veranderingen in de oppervlakte geschikt broedgebied (boven de hoogwaterlijn gelegen schorren, platten en stranden) verwacht. Ook werd er, gezien de beperkte veranderingen in het gemiddeld doorzicht, geen effect op de beschikbaarheid van voedsel (algen) voor broedvogels verwacht.

Voor de **broedvogels** werd op korte (direct na aanleg) tot middellange termijn (2015) enkel een negatief effect verwacht op de visdief *Sterna hirundo*, als gevolg van de stijging van het percentage met onvoldoende doorzicht in het oostelijk deel van de Westerschelde (zie deel slibdynamiek hierboven). De verwachte afname van vier broedparen (in het Verdrongen Land van Saeftinghe), of 0,3 % van het totale aantal, werd in de Passende Beoordeling als niet significant bestempeld.

Ook voor drie **niet-broedende** watervogels werden kleine negatieve effecten verwacht op korte (direct na aanleg) tot middellange termijn (2015): de tureluur *Tringa totanus*, zwarte ruiter *Tringa erythropus* en groenpootruiter *Tringa nebularia*. De effecten zouden volgens het MER het gevolg kunnen zijn van kleine veranderingen in de getijamplitude en gemiddelde stroomsnelheid. Hierdoor kan aantasting van het voor deze soorten belangrijke luwe en daarom potentieel slibrijke en lang droogvallende gebied optreden. De kortetermijneffecten zijn begroot op 4,5–4,8 % van de totale populatie in het Natura 2000-gebied. De effecten op middellange termijn zijn de effecten aanmerkelijker geringer. Gezien het tijdelijk karakter van het effect (waarvan het niet helemaal zeker is dat het optreedt), de beschikbaarheid van uitwijkmogelijkheden, en vanwege de gunstige staat van instandhouding van deze soorten, werd het effect in de Passende Beoordeling als niet-significant beoordeeld.

Daarnaast werd op middellange termijn (2015) een toename (of afname van de negatieve autonome ontwikkeling) verwacht van de bergeend en een aantal soorten steltlopers (bontbekplevier, bonte strandloper, kanoet, rosse grutto, wulp en zilverplevier), ten gevolge van de toename en beschikbaarheid van biomassa (met name wormen) door de voorspelde gunstige ontwikkeling in droogvalduur en stroomsnelheid aan de bodem als gevolg van de creatie van extra laagdynamisch area. In de Passende Beoordeling werd daarom geconcludeerd dat morfologische veranderingen door (het onderhoud van) de verruimde vaargeul op de middellange termijn (2015-2030) waarschijnlijk niet tot negatieve effecten op steltlopers (inclusief bergeend) zouden leiden. Voor 7 van de 11 in

het MER beschouwde soorten wordt zelfs een positief effect verwacht. Als gevolg van een negatieve trend in de autonome ontwikkeling zijn deze positieve effecten ten opzichte van de huidige situatie minder groot of afwezig (bonte strandloper, bontbekplevier).

Zeehonden

Voor de zeehond werd een mogelijke toename verwacht als gevolg van de autonome ontwikkeling; er werd geen bijkomend effect verwacht door de verruiming en het flexibel storten. Mogelijk was er een negatief effect als gevolg van verstoring door het storten in SN51 (nabij Zimmermangeul en de platen van Valkenisse en Walsoorden), maar een effect moet uiteindelijk niet worden verwacht omdat de stortzone in functie hiervan werd aangepast.

2.1.2 Voorwaarden Protocol Flexibel Storten – Kwaliteitsparameters

De evaluatie van de stortstrategie in de Westerschelde is gebaseerd op een aantal parameters die gedefinieerd zijn in het 'Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten – Kwaliteitsparameters' (Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie, 2008):

- Behoud meergeulensysteem (*watervolume*)
- Maximale ecologische winst plaatrandstortingen (*areaal oppervlaktes & stabiliteit*)
- Behoud ecologisch waardevol areaal (oppervlaktes, hoogteligging en sedimentsamenstelling)

De werkzaamheden zijn opgevolgd door middel van onder andere bathymetrische peilingen, analyse van de geulvolumes, stroom-snelheidsmetingen en analyse van bodemstalen. In bovenstaande lijst zijn *cursief* de parameters aangegeven die worden gemeten in het kader van het Moneos-T Uitvoeringsprogramma 2015-2022 (Sectie 2.1.3), en directe informatie moeten geven ten aanzien van de kwaliteitsparameters uit het protocol Flexibel Storten. Overige meetparameters die zijn opgenomen in het uitvoeringsprogramma dienen ter onderbouwing.

Het doel van het protocol, de kwaliteitsparameters en de monitoring is om ongewenste effecten (zie ook Tabel 2-1) tijdens de uitvoering van de onderhoudsbaggerwerken volgens het Flexibel Storten tegen te gaan. Op basis van drempelwaardes wordt geïdentificeerd of bijsturen binnen de mogelijkheden van het Flexibel Storten nodig is. Tegelijkertijd wordt er met het storten op de plaatrandstortingen, en bijsturen ervan, gestreefd naar de gewenste aangroei van het laagdynamisch ondiep water en intergetijde areaal.

Tabel 2-1: Toelichtende tabel voorwaarden en kwaliteitsparameters Flexibel Storten

Parameter	Meergeulensstelsel	Plaatranden	Ecologie (algemeen)
Gewenste situatie	Instandhouding	Bijkomend ecologisch waardevol gebied ter plaatse van de plaatranden	Behoud oppervlakte ecologisch waardevol gebied in de Westerschelde
Concrete doelstelling	Geen ongewenste verondieping nevengeulen	Toename oppervlakte laagdynamisch gebied nabij de plaatranden	Geen afname van oppervlakte en hoogte van slikken en platen, of verandering van sedimentsamenstelling
Monitorings-instrument	Bepaling van watervolume van nevengeul	a) ecotopenkaart Westerschelde b) meting van volume van de plaatrandstortvakken	a) ecotopenkaart Westerschelde b) meting van hoogteligging c) meting sediment-samenstelling
Criterium ongewenste ontwikkeling	Onderschrijding van huidig watervolume te verminderen met het stortcriterium in deze nevengeul	a) Ecologisch waardevol areaal wordt niet gecreëerd b) Baggerspecie blijft onvoldoende liggen	Betekenisvolle verslechtering van langjarige trend per areaaltype, rekening houdend met de natuurlijke variabiliteit per areaal.

2.1.2.1 Instandhouding meergeulensstelsel

De Westerschelde wordt gekarakteriseerd door een meergeulensysteem bestaande uit zes bochtgroepen of macrocellen. Elke bochtgroep bestaat uit een eb- en een vloedgeul (meestal ook de hoofd- en de nevengeul), kortsluitgeulen (die verbindingen maken tussen de eb- en vloedgeul), intergetijdengebieden (bestaande uit platen, slikken en schorren), en ondiepwatergebieden. De ecologisch meest waardevolle gebieden zijn over het algemeen de laagdynamische intergetijdengebieden en ondiepwatergebieden. Degeneratie van het tweegeulensysteem dient te worden voorkomen om de fysieke systeemkenmerken van het estuarium te kunnen behouden. Deze kenmerken vormen de randvoorwaarden voor de instandhouding van ecologisch belangrijke ecotopen.

De stabiliteit van het meergeulensstelsel wordt afgemeten aan de veranderingen van het berekende volume van de nevengeulen. Dit wordt jaarlijks bepaald op basis van topobathymetrische opnames (RWS). De resultaten worden afgezet tegen het maximaal stortvolume per jaar per nevengeul zoals vastgelegd in de vergunningen. De toegepaste methodiek is overgenomen uit (Schrijver, 2021).

De maximale toelaatbare afwijking van het volume in een nevengeul in een macrocel wordt gelijkgesteld aan het verschil tussen het maximale en het minimale volume berekend over de periode 2006 tot en met 2010, vermeerderd met de standaarddeviatie in deze periode, en het maximaal jaarlijks stortvolume in de nevengeul.

De ondergrens voor het nevengeul volume wordt bepaald de maximaal toelaatbare afwijking ten opzichte van het grootste gemeten watervolume. Hieruit volgt dat het minimale watervolume in een macrocel wordt bepaald door het minimale watervolume van de geul over de afgelopen vijf jaar min de standaardafwijking van het volume over de afgelopen vijf jaar en de maximaal te storten hoeveelheid per jaar.

Een waarschuwingsgrens is gedefinieerd als zijnde 80% van de maximaal toelaatbare afwijking. Indien deze drempelwaarde wordt overschreden, gaan de waterbeheerder en de uitvoerder over tot nader onderzoek voor het bijsturen van de stortstrategie. Indien tevens de ondergrens overschreden dienen stortingen van specie in de betreffende

nevengeul te worden gestopt en dient bijsturing plaats te vinden binnen de gestelde grenzen van de vergunning.

2.1.2.2 Ecologische winst van de plaatrandstortingen

Door het storten van specie op de plaatranden wordt een gewenste toename van het laagdynamisch litoraal gerealiseerd. Er werd als specifiek streefdoel gesteld om 5 jaar na de start van de verruiming 114 ha nieuw laagdynamisch areaal nabij de plaatranden te hebben gecreëerd. Na de eerste 5 vergunningsjaren wordt stabilisatie verwacht.

De stortstrategie is gericht op realisering en behoud van de maximale ecologische winst van de plaatrandstortingen, waarbij er sprake is van toename van de oppervlakte laagdynamisch ondiep water- en intergetijdengebied. Op basis van een ecotopenkaart (die in principe elke 2 jaar wordt opgemaakt) wordt bepaald of de totale oppervlakte laagdynamisch gebied ten opzichte van de To-situatie in 2008 is veranderd. De gewenste ontwikkeling betrof hier een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied tot 114 ha na 5 jaar. Een ondergrens en een bovengrens werden gedefinieerd.

Tevens werd daarbij gestreefd naar een grote stabiliteit (aanwezigheid) van de stortingen binnen het stortvak. Deze werd bepaald door het gestorte volume binnen een rekengebied te vergelijken met het peilvolume. In het protocol werd de gewenste stabiliteit (percentage van het oorspronkelijk gestort materiaal) per jaar voorgeschreven.

In het geval van een ongewenste ontwikkeling zouden bijsturingsmaatregelen genomen moeten worden, in de vorm van meer of juist minder storten op de plaatranden, waarbij eventueel uitgeweken zou kunnen worden naar andere locaties binnen de ruimte van de vergunningen.

2.1.2.3 Behoud van het oppervlakte ecologisch waardevol gebied

De derde voorwaarde betreft het behoud van de slikken en platen in de gehele Westerschelde, niet enkel de geselecteerde plaatranden die als stortzone worden gebruikt.

Op basis van de ecotopenkaart worden de veranderingen ten opzichte van de To-situatie geëvalueerd van het totale oppervlakte ecologisch waardevol gebied in de Westerschelde. Daarnaast werd ook de hoogteligging en sedimentsamenstelling van platen en slikken beschouwd. Ten slotte dienen ook de resultaten uit de bestaande monitoring uit het MWTL programma (van Rijkswaterstaat) te worden beoordeeld om een integrale beoordeling van de kwaliteit te kunnen maken.

Als ongewenste ontwikkelingen werd een ecologische achteruitgang aangemerkt zoals een afname van het areaal ecologisch waardevol (laagdynamisch) gebied, ongewenste slik/plaat hoogte veranderingen (meer dan gemiddeld 5 cm/jaar erosie of sedimentatie op basis van de zgn. RTK-raai en punt metingen) en schorrand erosie. Op basis van stroomsnelheidsgegevens werd de evolutie van de dynamiek geëvalueerd.

Voor de sedimentatie- en erosiesnelheden werd een praktische toetsmethode uitgewerkt in functie van een hoogteligging gebaseerd op droogvalduur (Jentink en Schrijver, 2021). De actuele positie van de schorrand wordt vergeleken met de trend bepaald over de laatste 10 jaar. Tevens wordt de stabiliteit van de schorklif geëvalueerd. Aangezien in het protocol geen toetswaarde werd genoemd, worden ongewenste ontwikkelingen ten aanzien van de stroomsnelheden en de sedimentsamenstelling kwalitatief bepaald.

Indien ongewenste ontwikkelingen zich zouden voordien was het de verantwoordelijkheid van de waterbeheerder en de uitvoerder om na te gaan welke

corrigerende maatregelen in het kader van de stortstrategie uitgevoerd zouden kunnen worden.

2.1.3 Moneos-T Uitvoeringsprogramma 2015-2022

In het ‘Verdrag tussen het Koninkrijk der Nederlanden en het Vlaams Gewest betreffende de uitvoering van de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde estuarium’ werd vastgelegd dat de fysieke systeemkenmerken het Schelde-estuarium in hun natuurlijke dynamiek behouden dienen te blijven. Hiertoe is het MONEOS-T monitoringsprogramma opgesteld. Het uitvoeringsprogramma MONEOS-T beschrijft de metingen van het fysieke en ecologische systeem, die nodig zijn om de evaluatie van de effecten voor het thema toegankelijkheid, in dit geval specifiek de verruiming van de vaargeul, zoals opgelegd in de Ontwikkelingsschets Schelde-estuarium 2010, mogelijk te maken. Het monitoringsprogramma is samengesteld uit lopende monitoringsprogramma’s en aanvullende (project) monitoring.

Op basis van de monitoring uit het MONEOS-T programma wordt 5 jaarlijks een evaluatie van de toestand van het fysisch en ecologisch systeem opgesteld, de zogenaamde T-rapportage. Hierin worden tevens de effecten van de ingrepen in de Westerschelde opgevolgd.

Voor meer achtergronden en details met betrekking tot de totstandkoming van het uitvoeringsplan MONEOS-T wordt verwezen naar (Schrijver en Plancke, 2015).

In het kader van het MONEOS-T monitoringsprogramma wordt voor de Westerschelde de volgende informatie verzameld:

Ingrepen

- Bagger- en stortgegevens (BIS, maandelijks, aanvullend)
- Havenstortingen (jaarlijks, aanvullend)

Morfologie

- Topo-bathymetrie (gebiedsdekkend, jaarlijkse opneming, elke 3 jaar lopende monitoring, verder aanvullend)
- Topo-bathymetrie raaien en punten (jaarlijkse opneming als onderdeel van de lopende monitoring; aanvullend 2x per jaar sedimentatie/erosie en 1x per jaar RTK raaien)
- Topo-bathymetrie (Multi-beam, gerichte campagnes, jaarlijks, aanvullend)
- Topo-bathymetrie geselecteerde platen (Multi-beam, maandelijks (muv Rug van Baarland, 4x per jaar), aanvullend)
- Topo-bathymetrie geselecteerde platen (Single-beam, 2 à 4x per jaar, aanvullend)
- Geulwandverdediging (1 à 2x per jaar, lopende monitoring)

Ecologie

- Ecotopenkaart (twee jaarlijk, 1x in 6 jaar lopende monitoring, verder aanvullend)
- Sedimentsamenstelling subtidaal en intergetijdengebied (jaarlijks, lopende monitoring)
- Lichtextinctie op 5 locaties (vaartocht, 13x per jaar, lopende monitoring)
- Primaire productie (pelagisch, jaarlijks, aanvullend)

Water

- Waterstand op LMW locaties (doorlopend)
- Debietsmetingen langs 13 raaien (elke 3 jaar, aanvullend)
- Stroommetingen op 7 locaties (jaarlijks, lopende monitoring); gerichte campagnes (jaarlijks, aanvullend)
- Golfwerking op LMW locaties (doorlopend)
- Chloridegehalte op LMW locaties (doorlopend)
- Chloridegehalte op 5 locaties (vaartocht, 13x per jaar, lopende monitoring)
- Zwevende stof gehalte op 5 locaties (vaartocht, 13x per jaar, lopende monitoring)

Chemie

- Verontreiniging waterbodem en waterfase (jaarlijks, lopende monitoring)

Randgegevens

- Zoetwaterlozingen (doorlopend)
- Meteo KNMI (doorlopend)

2.2 Onderhoud vaargeul Beneden-Zeeschelde

Voor het opvolgen van de mogelijk milieueffecten wordt in de Vlaamse vergunning als mogelijkheid verwezen naar de MONEOS systeemmonitoring (Meire en Maris, 2008). Praktisch gezien wordt voor de rapportering volgens de Vlaamse vergunning echter gebruik gemaakt van Moneos-T en het bijbehorende uitvoeringsplan, waarin voor de Beneden-Zeeschelde op basis van de voorspelde effecten uit het MER en de vaststelling van (negatieve) effecten in de Passende Beoordeling een gelijkaardig monitoringsprogramma is uitgewerkt als voor de Westerschelde.

Als achtergrond bij deze voortgangsrapportage wordt hieronder een samenvatting gegeven van de voorspelde effecten uit het MER en de monitoring die in het kader van Moneos-T voor de Beneden-Zeeschelde wordt uitgevoerd.

2.2.1 Voorspelde effecten uit het MER**2.2.1.1 Ingrepen**

Het verwachte aanlegvolume voor de verruiming in de Zeeschelde (hoofdzakelijk zand, uitgevoerd in 2008-2010) omvatte 6,35 Mm³ (in situ), gelijk aan 7,1 Mm³ in beun.

In de Beneden-Zeeschelde werd voorspeld dat het (onderhouds)baggervolume zand zou toenemen met een factor 1,2, en dat het (onderhouds)baggervolume aan slib constant zou blijven. Wel werd een herverdeling van het sedimentatievolume verwacht. De verwachte onderhoudsvolumes bedragen 2,1 Mm³ zand (in situ) en 1,7 Mm³ slib per jaar (V').

2.2.1.2 Hydrodynamiek**Waterstanden**

De verwachte evolutie tegen 2015 door de autonome ontwikkeling bestond uit een afname van de getijslag door de ontpoldering van Hedwige-Prosperpolder en de andere

Sigmagebieden. Er werd ook een beperkte toename van de hoogwaterstanden voorspeld door de zeespiegelstijging, maar deze verwachte stijging zou kleiner zijn binnenin het estuarium dan aan de monding, omwille van de reductie van de getijslag.

Het voorspelde effect van de verruiming en het flexibel storten op de waterstand zou overal maximaal slechts één of enkele centimeters bedragen voor de gemiddelde waterstand, hoog- en laagwaterstand, en getijslag. Deze veranderingen werden als gering beschouwd ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

Stroomsnelheden

Op basis van simulaties werd op bepaalde locaties een afname in de maximale stroomsnelheid voorspeld met verschillen van maximaal 0,2 m/s. In de zone opwaarts van de verruiming werd een toename in de stroomsnelheden verwacht (tot 0,2 m/s).

Het MER voorspelde verder geen aanleiding tot extra geulwandverdediging en geen negatief effect op de stabiliteit van de hoogwaterkeringen, aangezien er voornamelijk een afname van de stroomsnelheden in de geul zou optreden.

2.2.1.3 Morfologie en leefomgeving

Morfologie

Aangezien alle criteria voor bodem in het MER gericht waren op het toetsen van de diversiteit van het meergeulenstelsel in de Westerschelde, werden geen morfologische effecten beoordeeld in de Beneden-Zeeschelde. De stabiliteit van de slikken en schorren werd beoordeeld binnen het onderdeel natuur (ecotopen).

Ecotopen

Op de langere termijn (2030) zijn de effecten het grootst in het brakke deel van de Zeeschelde. Hier wordt voorspeld dat als gevolg van de verruiming schorttypen (supralitoraal) en litoraal (ten opzichte van het Nulalternatief) mogelijk (verder) zullen eroderen. Over het hele brakke deel van de Zeeschelde blijft de totale oppervlakte aan slikken vrijwel gelijk, hoewel lokaal wel afslag van slik wordt voorspeld. Er treden geen substantiële veranderingen in de oppervlakte ondiep water op.

Er werd voorzien dat tegen 2030 1 ha slik en 3 ha schor zou verdwijnen in het brakke gedeelte van de Zeeschelde (Beneden-Zeeschelde), met het zwaartepunt ter hoogte van het Galgeschoor waar een verlies zou kunnen optreden van 3,5 tot 5% van dit gebied. Dit werd beoordeeld als een significant negatief effect.

Bij de beoordeling werd geen rekening gehouden met de eventuele realisatie van natuurprojecten die ten tijde van het MER reeds in uitvoering werden gebracht of zich in ontwikkelingsfase bevonden (in het bijzonder het Geactualiseerde Sigmaplan, inclusief KBR). Er kon op dat moment nog niet worden besloten of dat er een overschot (aan areaal) op de gunstige staat van instandhouding zou zijn, waartegenover de lange-termijneffecten van de verruiming als niet significant mochten worden beschouwd.

Ten aanzien van de kwaliteit van de habitattypen in de Zeeschelde, uitgedrukt als de verhouding tussen de oppervlakte brak en zoet gebied (zoutgradiënt), werd voor 2015 voorspeld dat de brakke zone iets groter zou worden, maar dit effect zou in 2030 al niet of nauwelijks meer waarneembaar zijn.

Compenserende maatregel

Het verlies van areaal slik en schor dat tegen 2030 op de Beneden-Zeeschelde zou optreden zou door de voorziene mitigerende maatregelen niet opgeheven worden. Als compenserende maatregelen werd de vervroegde aanleg van het natuurproject tussen Fort Filip en Noordkasteel voorgesteld. De realisatie van deze compensatie zou in

samenhang lopen met het verbreden van de vaargeul in de Beneden-Zeeschelde inclusief de zwaaizone.

2.2.1.4 Fysico-chemie en waterbodembodemkwaliteit

Slibdynamiek en doorzicht

Het MER voorspelde een zeer geringe invloed van de verruiming op de ligging van het turbiditeitsmaximum. Er werd een beperkte afname in de maximale sedimentconcentratie verwacht van minder dan 10 mg/l in 2010 en 20 mg/l in 2030. Ter vergelijking: ter hoogte van het turbiditeitsmaximum bedragen de gemiddelde concentraties tot 300 à 400 mg/l en de momentane concentraties kunnen oplopen tot 1000 mg/l.

Er werden ook geen aanwijsbare veranderingen voorspeld in het gemiddelde doorzicht. Wel werd er op de middellange en lange termijn, in de zone afwaarts van Prosperpolder, een verhoging van het percentage met onvoldoende doorzicht voorspeld van circa 5 tot 10 procent.

Er werd ook een geringe impact op de aanslibbing verwacht, met een toename in de aanslibbingssnelheid op de slikken en schorren het dichtst bij de verruiming (nabij de Drempel van Frederik) tot 0,5 cm per dag (in laagdikte recent afgezet slib). In de onderhoudszones werd vooral een verschuiving van de aanslibbingsvolumes verwacht, met een afname van de aanslibbing in het Deurganckdok en de toegang tot de sluiscomplexen, en een toename in de aanslibbing op de Drempel van Frederik. Er werd geen impact verwacht op de slibdynamiek in de zones opwaarts van Schelle.

Zoutdynamiek

De verwachte impact van de verruiming en het flexibel storten op de zoutdynamiek werd als gering beschouwd. Er werden geen aanwijsbare verschuivingen verwacht van de zout-, brak- en zoetwaterzones, gelet op de natuurlijke variatie van ruim 50 kilometer in de ligging van het zoutfront.

Milieu-hygiënische kwaliteit van de baggerspecie

In het MER werd gesteld dat volgens specifiek milieu-hygiënisch onderzoek de kwaliteit van de aanlegbaggerspecie bleek te voldoen aan de Vlaamse en Nederlandse normen voor hergebruik van baggerspecie als bouwstof. Bovendien zou de aanlegbaggerspecie vrij verspreid worden in de zoute wateren.

2.2.2 Moneos-T Uitvoeringsprogramma 2015-2022

Voor de rapportering volgens de Vlaamse vergunning wordt praktisch gezien gebruik gemaakt van de informatie die wordt verzameld in het kader van het MONEOS-T monitoringsprogramma voor de Beneden-Zeeschelde:

Ingrepen

- Bagger- en stortgegevens (BIS, doorlopend)
- Havenstortingen (doorlopend)
- Zandwinning (doorlopend)

Morfologie

- Topo-bathymetrie (gebiedsdekkend, jaarlijkse opneming, lopende monitoring)
- Topo-bathymetrie raaien en punten grens-Oosterweel 1x per jaar sedimentatie/erosie, aanvullend)

Ecologie

- Sedimentsamenstelling subtidaal grens – Schelle (ad hoc, lopende monitoring); intergetijdengebied grens-Oosterweel (jaarlijks, lopende monitoring)
- Lichtextinctie op 17 locaties (vaartocht, 12x per jaar, aanvullend)
- Lichtextinctie op 5 locaties (doorlopend)
- Chlorofyl-a op 5 locaties (doorlopend)

Water

- Waterstand op MONEOS locaties (doorlopend)
- Stroommetingen langs 6 raaien (jaarlijks, lopende monitoring)
- Puntstroommetingen op 5 locaties (doorlopend)
- Golfwerking op 1 locatie (doorlopend)
- Chloridegehalte op 8 locaties (doorlopend)
- Chloridegehalte op 17 locaties (vaartocht K LW, 4x per jaar, lopende monitoring); op 17 locaties (vaartocht K HW, 4x per jaar, lopende monitoring)
- Turbiditeit op 5 locaties (doorlopend)
- Zwevende stof gehalte op 17 locaties (vaartocht HT, 4x per jaar, lopende monitoring)

Chemie

- Granulometrie bagger en stortlocaties (jaarlijks, aanvullend)
- Verontreiniging bagger en stortlocaties (jaarlijks, aanvullend)

Randgegevens

- Bovenafvoer op 6 locaties (doorlopend)
- Zoetwaterlozingen Antwerpse havendokken (doorlopend)
- Sedimentaanvoer op 6 locaties (doorlopend)
- Meteo KMI (doorlopend)

3 Beknopte data-analyse

In de volgende secties wordt een korte beschrijving gegeven van de resultaten die zijn verkregen uit de verschillende analyses, voor ingrepen, hydrodynamiek, morfologische veranderingen, zwevende stof en fauna. Analyses en figuren die uitgevoerd zijn maar niet werden toegevoegd in dit rapport, zijn als bijlage toegevoegd, zie Bijlage B tot Bijlage L.

3.1 Ingrepen

3.1.1 Westerschelde

3.1.1.1 Baggerwerken onderhoud vaargeul

Voor het bepalen van de jaarlijkse stortcapaciteit worden de totalen berekend over de vergunningsjaren⁷. Zowel in vergunningsjaar 11 als in vergunningsjaar 12 bedroegen de onderhoudsbaggerwerken 9,6 Mm³ in situ (Tabel 3-1). Dit is iets boven het gemiddelde berekend over de eerste en tweede vergunningsperiode samen (9,3 Mm³, exclusief het eerste jaar van aanleg en het jaar erna), maar nog steeds ruim onder de in de MER verwachte onderhoudsinspanning van 11,7 Mm³ in situ. Verdere detaillering van de onderhoudsbaggerwerken is opgenomen in Bijlage B.1.2; zie Bijlage B.1.6 voor het cumulatief verloop van de baggerhoeveelheden.

Tabel 3-1: Baggervolumes (in situ en beun Mm³) in vergelijking met in de MER verwachte onderhoudsinspanning. VJ = Vergunningsjaar. VJ 1 bevat ook de aanleg van 7,7 Mm³ in situ.

	Eerste vergunningsperiode					Tweede vergunningsperiode							
	VJ1	VJ2	VJ3	VJ4	VJ5	VJ6	VJ7	VJ8	VJ9	VJ10	VJ11	VJ12	MER
Mm ³ in situ	13,2	10,1	8,8	9,3	9,1	8,9	9,3	9,9	9,4	9,2	9,6	9,6	11,7
Mm ³ in beun	14,8	11,3	9,8	10,4	10,2	10,0	10,5	11,1	10,5	10,3	10,7	10,8	

Uitgedrukt in kalenderjaren bedroeg het jaarlijks **onderhoudsvolume**⁸ van zandrijke specie in de Westerschelde in 2020 en 2021 respectievelijk 9,5 en 9,8 Mm³ in situ (zie betreffende tabel in Bijlage B.1.2).

⁷ Een vergunningsjaar begint op 12 februari en eindigt op 11 februari van het daaropvolgende kalenderjaar. Het eerste vergunningsjaar begon op 12 februari 2010.

De eerste vergunningsperiode omvatte vergunningsjaar 1-5 (12/02/2010 – 11/02/2015). De jaren in de tweede vergunningsperiode worden doorgeteld vanaf de eerste periode en beginnen dus bij vergunningsjaar 6 (12/02/2015 – 11/02/2016).

⁸ De bagger- en storthoeveelheden zijn in de baggerstatistiek (databank Beheer Maritieme Werken) uitgedrukt in m³ in beun voor zand en in m³ equivalent (of gereduceerd) volume (V') voor slib (Beneden-Zeeschelde).

Een aantal registraties voor de Westerschelde staan ook in gereduceerd volume. Het gaat om baggerwerk aan de Borssele, Terneuzen, Vlissingen en Wielingen. Indien het gebaggerde materiaal zand betreft dat duidelijk bezinkt in het beun van het baggerschip dan worden de volumes geregistreerd als beunvolumes. Betreft het echter zandig materiaal dat moeilijk bezinkt in het beun dan wordt het volume geregistreerd als gereduceerd volume (V'), weliswaar als type zand. In dit rapport wordt voor wat betreft de **Westerschelde** gewerkt met *in situ* volumes, waarbij de volgende omrekening gebruikt wordt: $V_{\text{beun}} / V_{\text{in situ}} = 1,12$ (Consortium Arcadis-Technum, 2007a). De **zandvolumes** voor de **Beneden-Zeeschelde** worden steeds weergegeven *in beun* m³.

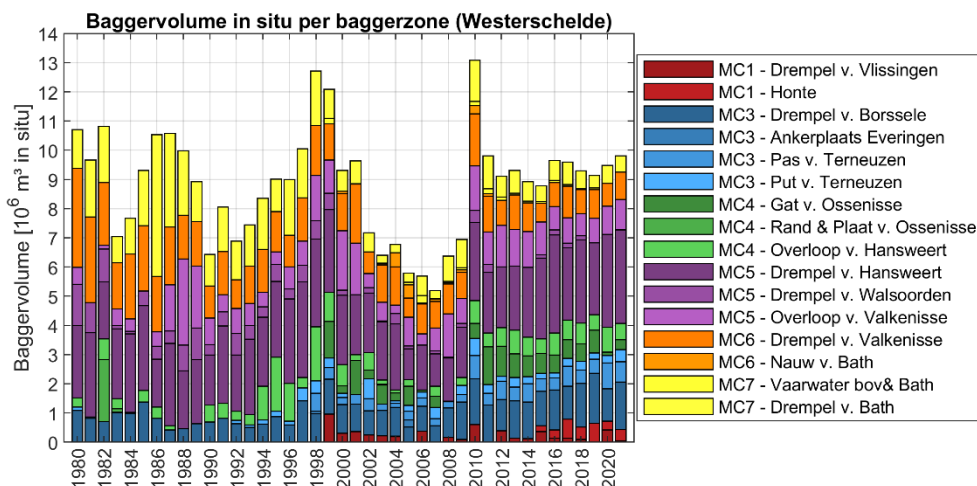
Het equivalent volume V' is het **volume slib** omgerekend naar een bulkdensiteit van 2 ton per m³ op basis van het waargenomen beunvolume en de beunmassa. Dit zijn eveneens de eenheden die gebruikt worden in de rapportages in het kader van diverse vergunningen.

De verdeling van de baggerinspanningen vanaf 1980 over de verschillende drempels en andere baggerlocaties wordt weergegeven in Figuur 3-1. De evolutie van de baggerhoeveelheden hangt zowel samen met autonome veranderingen in de morfologie, als met de respons op de uitgevoerde werken en de stortstrategie, inclusief de proefstortingen.

Sinds de derde verruiming ligt het zwaartepunt van de onderhoudsbaggerwerken op **macrocel 5** (ca. 38% van het totaal). De **Drempel van Hansweert** heeft hierin een toenemend aandeel van 2,1 Mm³ in situ (23%) in 2012 tot 3,4 Mm³ in situ (35%) in 2016. Hierna schommelde het aandeel van de Drempel van Hansweert van de onderhoudsbaggerwerken rond 2,9 Mm³ (31%) in 2018 en 2,5 Mm³ in 2017 en 2019 (26% en 27%). In 2020 en 2021 nam het aandeel weer toe tot 3,2 Mm³ (ca. 33%) voor beide jaren. Merk op dat voor de jaren met toenemend aandeel van de Drempel van Hansweert er slechts gedeeltelijk een overeenkomst is met de jaren waarin de proefstortingen werden uitgevoerd in de Put van Hansweer (2016, 2017, 2019 en 2021) en de Inloop van Ossenis (2016, 2017, 2019 en 2020). Ook in Plancke *et al.*, (2020a) wordt geconcludeerd dat de stijging van de sedimentatiesnelheden op de Drempel van Hansweert het gevolg zijn van het verhoogde sedimentaanbod door de ingebruikname van de stortlocaties SH41 en SH51 (na de derde verruiming) en dat een toename ten gevolge van de proefstortingen niet vast gesteld kan worden.

Tegelijkertijd nam aanvankelijk ook het aandeel op de **Overloop van Valkenisse** af, waardoor de baggerinspanning in de hele macrocel 5 in de jaren 2012-2016 in mindere mate toenam dan de toename op de Drempel van Hansweert. Na een periode met schommelingen neemt in 2020 en 2021 de baggerinspanning op de Overloop van Valkenisse ook toe, waardoor het aandeel van macrocel 5 in de baggerhoeveelheden relatief toeneemt (43%).

In absolute hoeveelheden is het aandeel van **macrocel 3** (Drempel van Borssele en Pas van Terneuzen) in de onderhoudsbaggerwerken toegenomen, terwijl dat in **macrocel 4** (Gat van Ossenis) juist afnam. In 2021 kent macrocel 3 (28%) na macrocel 5 het grootste onderhoudsvolume.



Figuur 3-1: Baggervolume (uitgedrukt in situ m³) in de Westerschelde sinds 1980. De locaties worden op kaart weergegeven in Bijlage B.1.1.

Het relatieve verloop van de baggerinspanningen toont verschillen tussen de verschillende macrocellen (zie Bijlage B.1.3). Gedurende de eerst vergunningsperiode was de relatieve baggerinspanning van macrocel 3 en 5 eerder stabiel, terwijl deze in macrocel 4, 6 en 7 afnam. In macrocel 1 was het onderhoud eerder verwaarloosbaar.

Met uitzondering van macrocel 1 en 5 nam het onderhoud in de tweede vergunningsperiode aanvankelijk verder af. In het 7^e vergunningsjaar (~2016) nam ook het onderhoud in macrocellen 4, 6 en 7 kortstondig toe. Macrocel 5 piekte in het 7^e jaar (~2016) en opnieuw in het 11^e jaar (~2020); er tussen daalde het onderhoud tot onder het gemiddelde voor beide periodes samen. Na het 7^e jaar nam het onderhoud in macrocel 3 geleidelijk toe. Macrocellen 1, 6 en 7 bereikten een piekwaarde in het 8^e jaar (~2017), daarna nam het onderhoud weer af. In macrocel 4 nam het onderhoud na een maximale waarde in het 9^e jaar (~2018) (sterk) af.

Over het geheel gezien nam in de tweede vergunningsperiode het onderhoud in macrocel 1 en 3 relatief toe en ligt het onderhoud in macrocel 4, 6 en 7 op het eind van de twee vergunningsperiodes onder het gemiddelde. In de vergunningsjaar 12 wijkt voor de meeste macrocellen in de relatieve trend enigszins af van de voorgaande jaren; de baggerinspanning nam in vergunningsjaar 12 af voor macrocellen 1 en 5 en toe voor macrocellen 3, 4, 6 en 7.

Merk op dat de proefstortingen in de Inloop van Ossensisse (macrocel 3) werden uitgevoerd in vergunningsjaren 7, 8, 10 en 11, en in de Put van Hansweert (gelegen tussen macrocellen 4 en 5) in vergunningsjaren 7, 8, 10 en 12. Dit verklaart mogelijk (deels) de ontwikkeling van de baggervolumes in macrocel 3 (toename vanaf vergunningsjaar 7) en macrocel 5 (piek in 7^e en 12^e jaar, maar niet 8^e en 10^e jaar). Ook de link met de baggervolumes in macrocel 4 kunnen niet eenduidig vast gesteld worden (toename met piek in 9^e jaar en afname erna). Ook in Plancke *et al.* (2020d) kon er geen eenduidend verband tussen de onderhoudsvolumes en de proefstortingen worden vastgesteld.

Ook op langere termijn (Figuur 3-1) zijn specifieke trends of veranderingen zichtbaar. Het baggervolume is sinds de derde verruiming relatief constant, waarbij het gemiddelde gebaggerde volume hoger is (9,37 Mm³ in situ, 2011-2021) dan het gemiddelde baggervolume dat na de tweede verruiming gerealiseerd is (6,82 Mm³ in situ, 2000-2009), maar lager dan voorspeld in het MER (11,7 Mm³/jaar). Dit kan mogelijk gedeeltelijk worden toegeschreven aan de zandwinning (1,5 tot 2 Mm³/jaar) die naast het onderhoud werd uitgevoerd en die na de derde verruiming werd afgebouwd (zie Sectie 3.1.1.3). Een afname van de baggerinspanning, zoals die werd waargenomen na de tweede verruiming (1998-1999), is echter niet opgetreden na de derde verruiming. Vóór de tweede verruiming fluctueerden de baggerinspanningen sterker en lagen deze meestal tussen de 6 en 10 Mm³ in situ, terwijl het gemiddelde baggervolume 8,23 Mm³ in situ was (1980-1996).

3.1.1.2 Stortingen onderhoud vaargeul

Vergunde stortcapaciteit

De stortactiviteiten in de Westerschelde worden gestuurd vanuit de strategie “Flexibel Storten” en zijn (twee)maandelijks besproken en bijgestuurd op het Overleg Flexibel Storten. Een overzichtskaart van de vergunde stortzones voor de periode 2015-2021 wordt weergegeven in Bijlage B.1.1.

De stortstrategie is deels gericht op het realiseren van laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal door het uitvoeren van plaatrandstortingen, en op het ontlasten van de nevengeulen door het gebruik van stortzones in de diepe delen van de hoofdgeul. De hoeveelheden die verspreid mogen worden zijn per vergunning vastgelegd (Tabel 3-2 en Tabel 3-3 voor de twee vergunningsperiodes van 2010 tot 2015 en van 2015 tot 2022).

Tabel 3-2: Maximaal vergunde stortcapaciteit (in m³ in situ)
voor de eerste vergunningsperiode (2010-2015).

Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal	Jaarlijks maximum nevengeul
1	0	5 500 000	8 200 000	13 700 000	3 000 000
3	0	6 000 000	0	6 000 000	3 200 000
4	15 500 000	2 000 000	5 000 000	22 500 000	2 400 000
5	3 500 000	7 000 000	6 500 000	17 000 000	3 800 000
6	3 500 000	1 500 000	0	5 000 000	1 000 000
7	2 000 000	0	0	2 000 000	0
Totaal	24 500 000	22 000 000	19 700 000	66 200 000	13 400 000

Tabel 3-3: Maximaal vergunde stortcapaciteit (in m³ in situ)
voor de tweede vergunningsperiode (2015-2022).

Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal	Jaarlijks maximum nevengeul
1	0	7 700 000	7 100 000	14 800 000	3 000 000
3	0	8 400 000	0	8 400 000	3 200 000
4	21 700 000	2 800 000	3 400 000	27 900 000	2 400 000
5	4 900 000	9 800 000	6 300 000	21 000 000	3 800 000
6	4 900 000	2 100 000	0	7 000 000	1 000 000
7	2 800 000	0	0	2 800 000	0
Totaal	34 300 000	30 800 000	16 800 000	81 900 000	13 400 000

Opwaarts storten was in de periode 2010-2021 expliciet uitgesloten; in de stortstrategie is enkel voorzien om te storten in de dezelfde macrocel of de afwaarts gelegen macrocel. Daarnaast worden, rekening houdend met het toetskader Flexibel Storten, uit voorzorg een aantal zones niet bestort. Voor enkele andere zones wordt een lagere capaciteit toegepast om operationele redenen:

- In macrocel 1 wordt vanaf vergunningsjaar 8 uit voorzorg niet meer gestort op de plaatrandstortzone Hooie Platen Noord (HPN) omwille van een mogelijk verband met de ophoging van de plaat zelf;
- In macrocel 4 wordt vanaf vergunningsjaar 3 van de eerste vergunningsperiode niet meer gestort op de plaatrandstortzone Rug van Baarland (RVB) en in de nevengeul (SN41) nadat het volume van de nevengeul een kritische ondergrens (volgens de kwaliteitseis instandhouding meergeulenstelsel uit protocol, zie ook Sectie 2.1.2) bereikte door snelle autonome sedimentatietrend. Sinds 2015 is het volume stabiel;
- In macrocel 5 wordt vanaf vergunningsjaar 3 niet meer gestort in nevengeulstortvak SN51 nadat het volume van de nevengeul een kritische ondergrens bereikte (volgens de kwaliteitseis instandhouding meergeulenstelsel uit protocol, zie ook Sectie 2.1.2). De laatste jaren is het volume stabiel;
- In macrocel 6 werd uit voorzorg niet gestort in nevengeulstortvak SN61 omdat er gevreesd wordt voor een negatieve impact op de diepgang van het nevenvaarwater gelegen in de Schaar van de Noord. De eventuele inzet van het vak is evenwel onderzocht binnen het Overleg Flexibel Storten en in 2018 is hiertoe als proef een stortcampagne uitgevoerd waarbij er ca. 200 000 m³ is gestort. Uit de opvolging van de campagne bleek dat de storting relatief stabiel is en daarbij hoofdzakelijk in oostelijke richting migreert (IMDC, 2020c). Momenteel is het watervolume van de

nevengeul, volgens de bepaling vastgelegd in het protocol, ruim boven de waarschuwingsgrens en wordt hier voornamelijk niet gestort omdat de ruimte niet direct nodig is en de capaciteit van het stortvak gering is;

- In macrocel 6 zijn geen beperkingen voor het storten in hoofdgeulstortvak SH61. Een aandachtspunt is de capaciteit van het stortvak omdat de teruggestorte baggerspecie er relatief stabiel blijkt te zijn;
- In macrocel 7 wordt beperkt gestort in de hoofdgeul omdat hier enkel baggerspecie vanuit de eigen macrocel gestort kan worden. Als proef is er in de periode januari – juni 2021 een beperkte hoeveelheid (circa 0,14 Mm³) sediment gestort afkomstig uit de Beneden-Zeeschelde (Grensoverschrijdende Proefstortingen (GOPS), overeenkomstig de Waterwetvergunning met kenmerk RWS2020/33939).

Een deel van het gebaggerde volume wordt buiten in de basisvergunning vastgelegde stortzones gestort, onder andere in de proefstortzones, op de geulwand langs het Gat van Ossensisse en ter hoogte van de DOW-leidingen in macrocel 1. Ook is er een zeker volume gebruikt ten behoeve van de nieuwe sluis in Terneuzen.

De stortvolumes van de **proefstortingen** (Inloop van Ossensisse, Diepe Put van Hansweert en de Suikerplaat⁹) (Waterwetvergunning RWS-2019/291) worden buiten de reguliere vergunningstabellen geregistreerd, maar zijn wel inbegrepen in het jaarvolume uit de basisvergunning. (Zie toelichting hieronder.)

De stortingen in het kader van de **geulwandverdediging** langs het Gat van Ossensisse (Natuurbeschermingswetvergunning, 13026001/NB.13.044) en de bestortingen van de DOW leidingen (Waterwetvergunning RWSZ2020-00018092) zijn apart vergund en de volumes worden aanvullend in rekening gebracht. (Zie toelichting hieronder.)

In de tabellen worden enkel de stortingen van specie die uit het onderhoudsbaggerwerk afkomstig zijn in rekening gebracht. Niet in rekening gebracht worden de stortingen van specie die is vrijgekomen bij de bouw van de **Nieuwe Sluis Terneuzen**, de **grensoverschrijdende proefstorting met zandige baggerspecie uit het vaargeulonderhoud in de Beneden-Zeeschelde**, de **havenstortingen** en de **zandwinning**.

Stortingen in vergunde stortvakken uit basisvergunning

In de tweede vergunningsperiode is minder in de ‘reguliere’ stortvakken (uit de basisvergunning) gestort ten opzichte van de voorgaande periode door proefstortingen in diepe delen van de hoofdgeul. Vanaf het 2^e vergunningsjaar werd in de reguliere **hoofdgeulstortvakken** circa 4 tot 6 miljoen m³ per jaar gestort. Uitzondering hierop is vergunningsjaar 10 waarin dit slechts ca. 3 Mm³ was (Bijlage B.1.4).

De **nevengeulstortvakken** zijn iets minder intensief benut door de jaren heen: van circa 2,4 tot 3,3 Mm³ in de eerste vergunningsperiode tegenover 1,3 tot 2,1 Mm³ in de tweede vergunningsperiode. Voor laatstgenoemde periode werd in elk vergunningsjaar meer gestort in de nevengeulen (hoofdzakelijk SN11 en SN31) dan dat jaar ervoor, dit als gevolg van de toename van het onderhoud in macrocel 1 en 3.

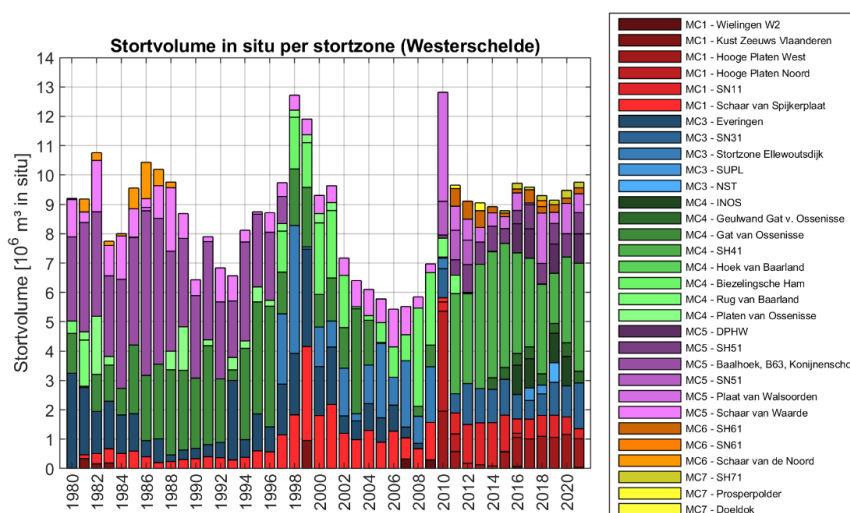
De **plaatranden** zijn vanaf vergunningsjaar 3 frequenter ingezet met als doel de gerealiseerde winst aan laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in stand te houden. Gedurende de laatste 5 jaar bedraagt het jaarlijks gestorte volume gemiddeld ongeveer 1,8 Mm³.

De vergunde hoeveelheid als ook de maximale jaarlijkse storthoeveelheden in de nevengeulen (Tabel 3-2 en Tabel 3-3) werd in geen enkele stortzone overschreden.

⁹ De proefstorting op de Suikerplaat zat niet meer in de herhaling van de proefstorting uitgevoerd in de periode 2019-2021.

Tabellen met de gestorte volumes per vergunningsjaar, type stortlocatie en macrocel zijn opgenomen in Bijlage B.1.5; zie Bijlage B.1.8 voor het cumulatief verloop van de storthoeveelheden.

Op langere termijn blijkt dat na de derde verruiming, de nadruk van de stortingen meer in macrocel 4 (en 5) ligt, ten opzichte van de stortactiviteiten na de tweede verruiming toen dit macrocel 3 (en 1) was (Figuur 3-2). Vóór de tweede verruiming werd er vooral gestort macrocel 5 en in toenemende mate in macrocel 1, 3 en 4. Stortingen vonden plaats in de hoofdgeul van macrocel 4 en 5, de nevengeulen van macrocel 1, 3, 4, 5 en 6 en beperkt op de platen in macrocel 4 en 5. In deze weergave zijn ook de inzet van de stortvolumes in de proefstortzones, Nieuwe Sluis Terneuzen en de Geulwand Gat van Ossensisse inbegrepen. Merk op dat voor 2021, de stortingen (89 500 m³ in situ) die zijn uitgevoerd door aMT voor Dow Benelux in functie van het herstellen van de dekking van de ondergrondse leidingen in macrocel 3, niet zijn meegenomen in de figuur.



Figuur 3-2: Stortvolume (uitgedrukt in situ m³) in de Westerschelde sinds 1980 ¹⁰.

Proefstortingen

In 2016 heeft Maritieme Toegang een vergunning verkregen voor het uitvoeren van stortproeven die inzicht geven in het gedrag van mogelijke toekomstige stortzones. Hieraan voorafgaand zijn 14 proefstortlocaties gedefinieerd (Arcadis, 2015a), waarvan er na trechtering 5 zijn meegenomen in het vergunningstraject (Arcadis, 2015b). Uiteindelijk zijn drie verschillende proefstortlocaties ingezet: Suikerplaat, Inloop van Ossensisse (INOS) en Diepe Put van Hansweert (DPHW). De inzet van Suikerplaat is gericht op het bijdragen tot de vergroting van de ecologische kwaliteit, terwijl de stortingen in de diepe delen gericht zijn op de ontlasting van de bestaande stortzones en het realiseren van een reductie van de getijslag. In 2019 heeft Maritieme Toegang een nieuwe vergunning verkregen voor het uitvoeren van een nieuwe proefstortcampagne bij de diepe delen Inloop van Ossensisse en Diepe Put van Hansweert.

In 2016 en 2017 is jaarlijks in de diepe zones (INOS, DPHW) telkens één miljoen m³ sediment gestort, en in 2019 werd dit opnieuw gedaan. In 2017 is op de Suikerplaat 424 000 m³ gestort en in 2018 was dit 298 000 m³. Vervolgens werd in 2020

¹⁰ De Diepe Put van Hansweert (DPHW) is hier ondergebracht in macrocel 5, maar formeel ligt deze tussen macrocel 4 en 5 in. Stortingen (voor 2010) aan de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse ter hoogte van Baalhoek, Boei 61, Boei 63 en het Konijnenschor in macrocel 5 zijn samengenomen (Kornman et al., 2003).

één miljoen m³ sediment gestort in INOS en in 2021 één miljoen m³ in DPHW. Deze volumes zijn mee opgenomen in het overzicht in Figuur 3-2.

Stortingen geulwandverdediging Gat van Ossensisse

Sinds februari 2014 worden er op regelmatige basis geulwandstortingen uitgevoerd ter hoogte van de geulwand langs het Gat van Ossensisse, op vraag van en onder de vergunning van Rijkswaterstaat Zee en Delta. De cijfers worden mee opgenomen in de rapportage in het kader van Flexibel Storten en zijn mee gepresenteerd in Figuur 3-2. De zone waarin gestort wordt overlapt in grote mate met het zuidelijk deel van stortzone SH41. Per vergunningsjaar mag maximaal 400 000 m³ worden gestort, en dit volume wordt ook elk jaar benut, overeenkomstig met de Natuurtoets als onderdeel van de vergunning op grond van de wet Natuurbescherming.

Samenvatting storthoeveelheden onderhoud hoofdvaargeul

Tabel 3-4 en Tabel 3-5 geven de in-situ volumes weer die per vergunningsjaar zijn gestort in de reguliere stortlocaties uit de basisvergunning, per macrocel en type gebied. In Bijlage B.1.9 worden per vergunningsjaar samenvattende tabellen gegeven en tevens een overzichtstabel waarin de volumes opgesplitst worden per macrocel en dan per bagger- of stortvak. In de bijlage tabellen worden tevens de volumes gegeven van de specie uit de onderhoudsbaggerwerken die werd gestort op andere locaties dan de reguliere stortlocaties uit de basisvergunning. Bijlage B.1.10 geeft een overzicht van de specie die werd afgevoerd naar België.

Tabel 3-4: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) voor de eerste vergunningsperiode (2010-2015), binnen de reguliere vergunningen voor het onderhoud van de hoofdvaargeul¹¹.

12-02-2010 tot en met 11-02-2015 (1 ^e vergunningsperiode)				
Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal
1	--	5 382 188	6 932 439	12 314 628
3	--	5 463 487	--	5 463 487
4	15 467 710	0	1 305 019	16 772 728
5	3 207 079	2 984 518	6 200 722	12 392 319
6	1 997 428	0	--	1 997 428
7	0	--	--	0
Totaal	20 672 216	13 830 193	14 438 180	48 940 589

Tabel 3-5: Samenvatting gestorte in-situ volumes (in m³) voor de tweede vergunningsperiode (2015-2022), binnen de reguliere vergunningen voor het onderhoud van de hoofdvaargeul.

12-02-2015 tot en met 11-02-2022 (2 ^e vergunningsperiode)				
Macrocel	Hoofdgeul	Nevengeul	Plaatrand(en)	Totaal
1		4 787 195	7 025 852	11 813 048
3		7 345 367		7 345 367
4	21 660 472			21 660 472
5	4 752 346		4 902 690	9 655 036
6	1 605 670	204 513		1 810 182
7	1 145 683			1 145 683
Totaal	29 164 170	12 337 075	11 928 543	53 429 787

¹¹ Stortlocaties anders dan beschreven in de basisvergunning zijn hierin niet opgenomen: DOW kabelbestorting, Geulwandverdediging Gat van Ossensisse, Proefstortingen Put van Hansweert, Suikerplaat en Inloop van Ossensisse, en Nieuwe Sluis Terneuzen

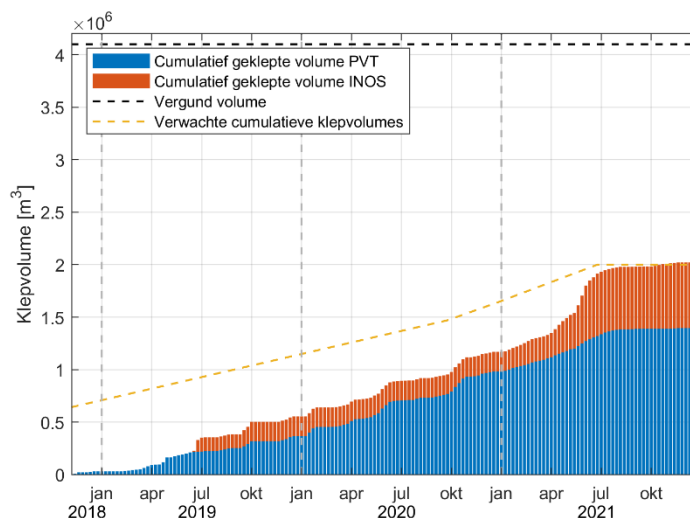
3.1.1.3 Overige bagger- en stortactiviteiten

Nieuwe Sluis Terneuzen

In 2019 is er circa 668 000 m³ (in situ) zand vanuit de Westerschelde, afkomstig van de onderhoudsbaggerwerken, toegepast ten behoeve van de bouw van de Nieuwe Sluis Terneuzen (zie overzicht stortlocaties Figuur 3-2).

Daarnaast worden er ook stortingen in de Westerschelde gedaan met zand dat vrijkomt bij de bagger- en graafwerken voor de aanleg van de Nieuwe Sluis Terneuzen (nuttige toepassing). Aanvullend aan deze zandstortingen zijn ook andere (milieu-hygiënisch geschikte) grondsoorten uit het sluisproject gestort in de Westerschelde. Deze specie wordt gestort ter hoogte van de Pas van Terneuzen en de Inloop van Ossensisse. Deze stortingen worden uitgevoerd onder een aparte vergunning en zijn dus niet opgenomen in het voorgaande overzicht. Morfologische effecten binnen deze stortzones worden opgevolgd in kwartaal- en jaarrapportages (bijv. IMDC, 2021, 2022) die opgemaakt worden in opdracht van de uitvoerende partij Sassevaart.

De stortingen zijn begonnen eind 2018 met ca. 30 000 m³ (in situ) en in 2019 is vervolgens ca. 525 000 m³ gestort waarvan 2/3^e in de Pas van Terneuzen en 1/3^e in de Inloop van Ossensisse. In 2020 is circa 615 000 m³ gestort in de Pas van Terneuzen. In 2021 bedroeg het totaal van de stortingen ca. 850 000 m³ ongeveer gelijkmatig verdeeld over de beide locaties (Figuur 3-3). (Zie hieronder voor informatie over de onderhoudsbaggerwerken uit de Westerschelde havens, inclusief de nieuwe sluis.)



Figuur 3-3: Cumulatief geklepte volume (in situ) voor beide bestemmingslocaties van oktober 2018 tot en met december 2021, PVT = Pas van Terneuzen; INOS = Inloop van Ossensisse (IMDC, 2022a).

Grensoverschrijdende proefstorting

In het kader van de Grensoverschrijdende Proefstortingen (GOPS) was het de doelstelling om gebaggerd bodemmateriaal uit de Beneden-Zeeschelde te storten in afgebakende stortzones in macrocel 6 en 7 van de Westerschelde. Overeenkomstig de Watervergunning met kenmerk RWS2020/33939 kan in deze zones tot 1,5 miljoen m³ (in situ) bodemmateriaal gestort worden voor een periode van 2 jaar vanaf 1 juli 2020 met een maximum van 750 000 m³ per stortzone en per jaar. Door middel van maandrapportages worden de tussentijdse resultaten van deze monitoringsacties opgevolgd (bijv. IMDC, 2022b).

In januari 2021 werd gestart met deze proefstorting. De laatste stortingen in het kader van de GOPS vonden plaats in juni 2021. Wegens de beperktheid van geschikt materiaal (vereiste sedimentsamenstelling) is er in totaal slechts ca. 140 000 m³ gestort in macrocel 7 en niet gestort in macrocel 6.

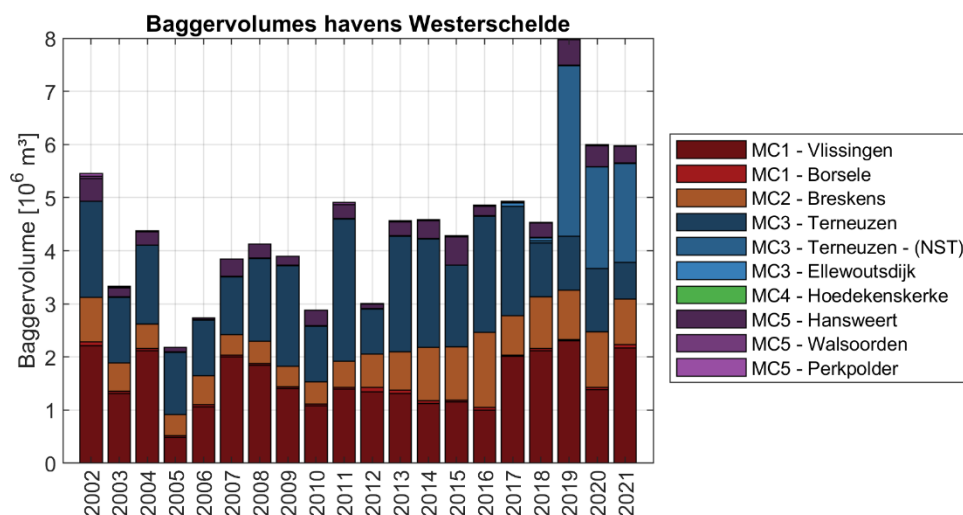
Havenstortingen

Naast het reguliere onderhoud van de vaargeul, vindt ook onderhoud van de Westerscheldehavens plaats. Het sediment dat er gebaggerd wordt is een mengsel van slib en fijn zand en wordt geklept in specifieke vakken in de Westerschelde, binnen dezelfde macrocel als waar de haven zich bevindt. Details over de samenstelling zijn niet beschikbaar. Deze vakken bevinden zich over het algemeen dichtbij de haventoeegangen.

Het onderhoudsvolume (Figuur 3-4) varieert van 2002 tot 2018 tussen ca. 2 en 5 miljoen m³ (in beun). Van 2013 tot en met 2018 is het totaal volume vrij stabiel met 4,5 à 5 miljoen m³.

De grootste havens, Terneuzen en Vlissingen, zijn samen verantwoordelijk voor 60 tot 85% van dit volume. De stortingen vanuit de haven van Breskens zijn vrij stabiel, met uitzondering van het jaar 2016 en levert de derde grootste bijdrage met ca. 15 tot 30% (in 2016). De overige havens (Hansweert, Borssele, Walsoorden, ...) hebben een beperkt aandeel in deze sedimentstroom.

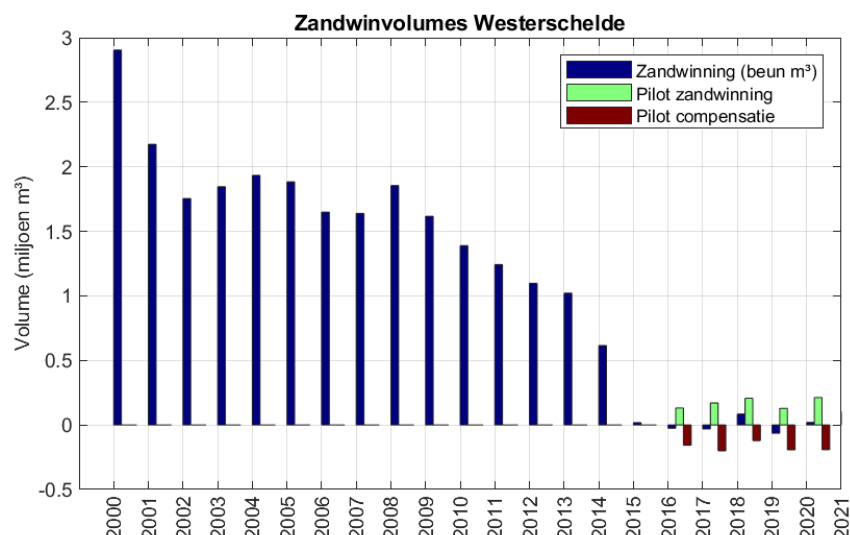
Het totale (onderhouds)baggervolume vanuit de havens ligt vanaf 2019 hoger (ca. 6 tot 8 Mm³), in vergelijking met eerdere jaren. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de werkzaamheden bij de Nieuwe Sluis Terneuzen, wat in 2019 tot 2021 goed is voor 30 tot 40% van de sedimentstroom in de Westerschelde vanuit de havens. Dit betreft dus niet het zand dat als nuttige toepassing is gestort in de Pas van Terneuzen en de Inloop van Ossensisse.



Figuur 3-4: Evolutie en verdeling havenstortvolumes Westerschelde (in beun; mengsel zand/slib; geen informatie over sedimentsamenstelling beschikbaar).

Zandwinning

Voor de derde verruiming bedroeg de zandwinning circa 1,5 tot 2,0 Mm³. Na het afbouwen en vervolgens stopzetten van de zandwinning in de Westerschelde vanaf 2015, is een zandruilproef (pilot) gestart waarbij de zandvolumes die worden gewonnen in het oosten van de Westerschelde, worden gecompenseerd met Noordzeezand dat ter hoogte van de Suikerplaat (in het westen) wordt gestort. De bruto volumes zijn beduidend kleiner (niet hoger dan 260 000 m³ in 2016 tot en met 2021) dan de historische zandwinvolumes.



Figuur 3-5: Ontwikkeling van de zandwinvolumes in de Westerschelde vanaf 2000. Na beëindiging van de zandwinning in 2015 is een zandruiiproef ('Pilot') gestart: de bruto en netto volumes worden getoond in de grafiek.

3.1.2 Beneden-Zeeschelde

3.1.2.1 Onderhoudsbaggerwerken

De onderhoudsbaggerwerken in de Beneden-Zeeschelde zijn er op gericht de toegang tot de haven (sluizen, dokken) te verzekeren, en situeren zich hoofdzakelijk tot 500 m opwaarts van het Deurganckdok (er wordt sinds 2017 ook een bescheiden hoeveelheid gebaggerd in Wintamsluis en Rupelmonding).

Er wordt bij het baggeren onderscheid gemaakt tussen 'slib' en 'zand', omdat dit de bestemming van het gebaggerde sediment bepaalt: zand wordt gestort op andere locaties dan slib. In de praktijk is de gebaggerde specie echter meestal een mengsel van slib en zand, waar de verhouding tussen de twee componenten onder meer afhankelijk is van de locatie van de drempel en de lokale hydrodynamische parameters. Dit kan resulteren in meer zandige- of slibdrempels. Tabel 3-6 geeft een overzicht.

Tabel 3-6: Uitgevoerde baggerhoeveelheden voor het jaarlijks onderhoud (en aanleg voor zand) in de Beneden-Zeeschelde [Mm³ in beun voor zand¹² en Mm³ V' voor slib].

Soort specie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	MER
Slib	1,9	2,2	2,9	4,8	3,4	3,1	3,0	2,4	2,5	2,8	3,4	2,4	2,5	2,3	1,7
Zand onderhoud	1,4	1,5	0,9	2,3	1,4	1,9	2,0	1,2	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,4	2,4
Zand aanleg	1,1	1,8	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹² Indien het gebaggerde materiaal zand betreft dat duidelijk bezinkt in het beun van het baggerschip dan worden de volumes geregistreerd als beunvolumes. Betreft het echter zandig materiaal dat moeilijk bezinkt in het beun dan wordt het volume geregistreerd als gereduceerd volume V', weliswaar als type zand. Voor de jaren 2019 – 2021 bestond het zandig onderhoud op de meeste locaties in het vaarwater, waaronder de Drempels van Frederik en Zandvliet en het Vaarwater Plaat van Lillo, hoofdzakelijk uit moeilijk bezinkbaar zand.

In Bijlage B.2.2 en B.2.3 worden gedetailleerde tabellen weergegeven van jaarlijkse bagger- en stortactiviteiten in de Beneden-Zeeschelde, voor respectievelijk slib als zand. Een overzicht van de bagger- en stortlocaties wordt gegeven in Bijlage B.2.1.

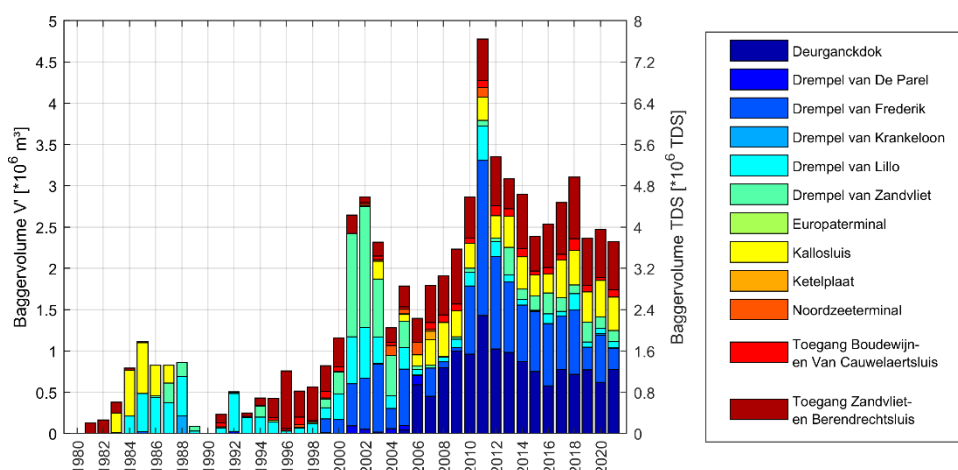
3.1.2.2 Slib: Bagger- en stortvolumes

Het slibonderhoud situeert zich sinds de derde verruiming voornamelijk in het **Deurganckdok** en op de **Drempel van Frederik** (net afwaarts van Deurganckdok). Daarnaast zijn de **sluistoegangen** ook onderhevig aan onderhoud: voornamelijk de toegang tot de Zandvliet- en Berendrechtsluis en de Kallosluis. In totaal werd in 2020 en 2021 voor respectievelijk 2,5 en 2,3 miljoen m³ V' gebaggerd (Figuur 3-6). Het totaal gebaggerde volume piekte in 2011 met 4,8 m³ V', maar nam daarna geleidelijk af. Sinds 2015 bedraagt het volume gemiddeld circa 2,6 m³ V'. Het slibonderhoud ligt sinds de derde verruiming beduidend hoger dan ervoor en ook het aantal baggerzones verschilt doorheen de tijd (tot 2008 werd niet meer dan 2 miljoen m³ V' gebaggerd, met uitzondering van de baggerwerken aan de Drempel van Zandvliet in 2001-2003 die eerder aanleg dan onderhoud betreffen).

Op nog langere termijn is duidelijk een toename zichtbaar, waarbij een aantal locaties een belangrijke rol spelen: vanaf 2006 moet het **Deurganckdok** onderhouden worden; in de eerste jaren betrof dit slechts een deel van het dok (initieel eerste derde), sinds 2008 is de volledige lengte van het dok in gebruik en vindt ook onderhoud in het volledige dok plaats. Dit onderhoud piekt in 2011 omdat in dat jaar het onderhoudspeil wordt verlaagd¹³. Sindsdien schommelt het onderhoud er tussen de 0,5 en 1 Mm³ V'. De **Drempel van Frederik** kent een sterker (slibrijk) onderhoud na dan voor 2010, aangezien deze drempel ook verdiept is. Voor de Drempel van Frederik is het interventiepeil in 2003-2004 verlaagd van 13,00 m naar 13,30 m GLLWS (Gemiddelde Laagste LaagWaterstand bij Springtij). Vanaf eind 2009 is het baggerpeil verder verlaagd naar 14,5 m LAT (Laagste Astronomisch Tij). Tenslotte zijn ook aan de **sluistoegang van Zandvliet-Berendrecht en Kallo** de aanslibbingsvolumes toegenomen. Er dient ook opgemerkt te worden dat het onderhoud in de sluistoegangen ook uit *sweepbeam* (slibslepen) bestaat (niet weergegeven).

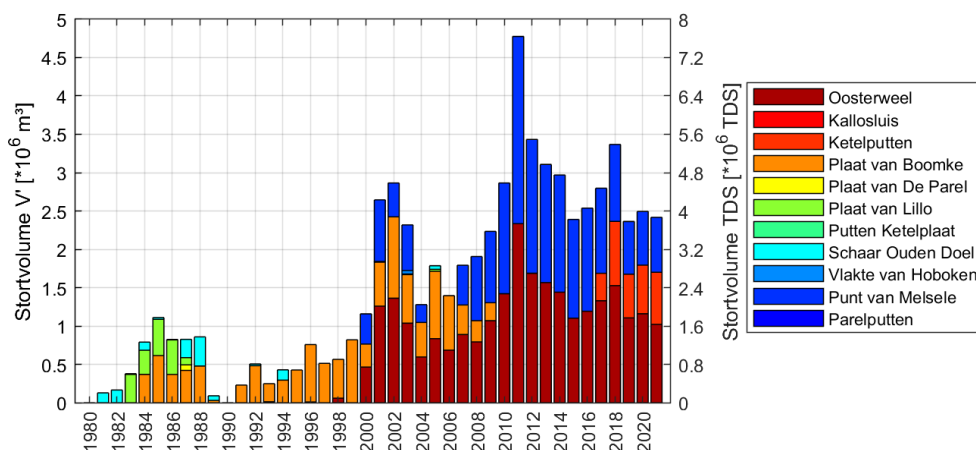
In het MER (Consortium Arcadis-Technum, 2007c) werd enerzijds weergegeven dat er door de verruiming meer slib zou gaan sedimenteren aan de Drempel van Frederik en minder in het Deurganckdok (zie Sectie 2.1.1). Er werd ook aangegeven dat het totale aanslibbingsvolume niet significant zou toenemen door de verruiming (er was sprake van een herverdeling, met afname in toegangsgeulen). Anderzijds werd een afname van de aanslibbing verwacht op beide plaatsen door de autonome ontwikkeling tegen 2030. De toegenomen aanslibbing ter hoogte van de Drempel van Frederik blijkt inderdaad op te treden, maar de baggerwerken van slib in het Deurganckdok zijn slechts weinig afgenomen. De aanslibbing en de hieruit volgende onderhoudsvolumes vallen daarmee hoger uit dan in het MER werd voorzien (Tabel 3-6).

¹³ In 2011 was de Westerschelde volledig op diepte en werd vervolgens ook het Deurganckdok op diepte gebaggerd. De onderhoudsdiepte werd hierbij verlaagd van ongeveer -16 m LAT naar -18m LAT (centrale sleuf).



Figuur 3-6: Onderhoud slib in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2021. De baggerlocaties worden op kaart weergegeven in Bijlage B.2.1.

Het gebaggerde slib werd tussen 2010 en 2016 uitsluitend gestort op de stortlocatie Oosterweel en Punt van Melsele (Figuur 3-7). In 2017 is een nieuwe bagger- en stortvergunning voor de Beneden-Zeeschelde in voege getreden. De stortstrategie omvat nu ook de mogelijkheid om slib te storten in de putten ter hoogte van de Ketelplaat, gelegen ter hoogte van de toegang tot de Boudewijn- en Van Cauwelaertsluizen. Deze stortlocatie is afwaarts van de andere stortzones gelegen. Er werd in de periode van 2017 tot en met 2021 in totaal ca. 3,1 Mm³ V' gestort.



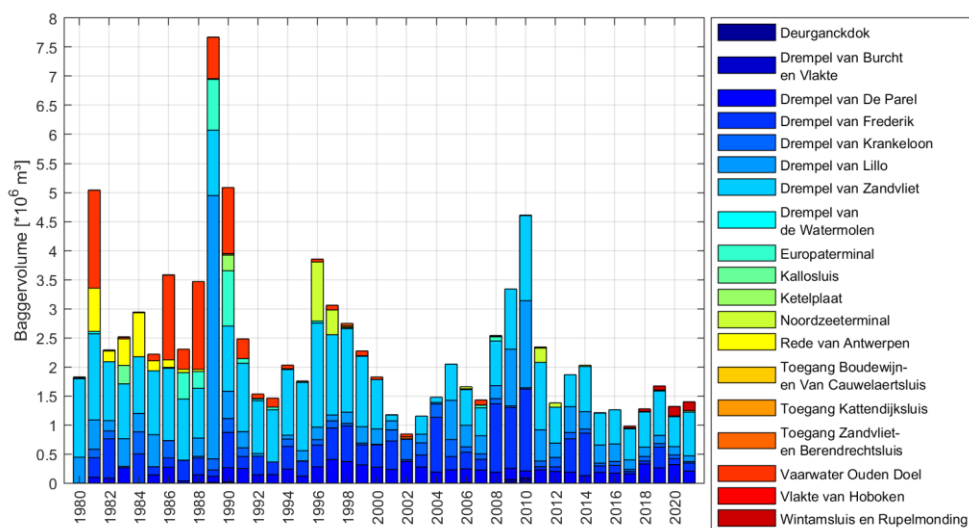
Figuur 3-7: Stortvolume slib in m³ V' per stortlocatie van 1980 tot 2021.

3.1.2.3 Zand: Bagger- en stortvolumes en zandwinning

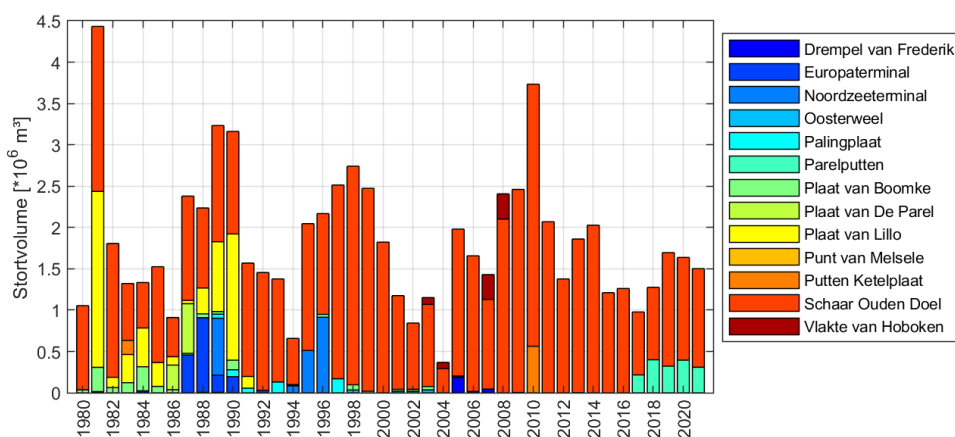
Het onderhoudsvolume zand (Figuur 3-8) in de Beneden-Zeeschelde bedraagt na de derde verruiming gemiddeld circa 1,5 Mm³. In 2020 en 2021 bedroeg het baggervolume respectievelijk 1,3 en 1,4 Mm³. De belangrijkste baggerlocaties zijn de Drempel van Zandvliet (nabij de grens), de Drempel van Lillo, de Drempel van Frederik en de Drempel van De Parel. Op de jaren 2008-2010 na (waarin de verdieping is gerealiseerd), ligt het volume op hetzelfde niveau als in de periode 2000-2010; vóór het jaar 2000 werden gemiddeld hogere volumes zand gebaggerd.

Het gebaggerde zand werd tot 2017 bijna uitsluitend gestort in de Schaar van Ouden Doel, maar onder de nieuwe stortvergunning wordt sinds 2017 ook zand gestort in de Parelputten (Figuur 3-9). Er werd daar tussen 2017 en 2021 1,6 Mm³, oftewel 23% van het

totaal, gestort. Daarnaast is een grensoverschrijdende proefstortcampagne (GOPS, zie Sectie 3.1.1.3) uitgevoerd, waarbij zand vanaf de drempels in de Beneden-Zeeschelde is gestort in een geselecteerde zone in het Vaarwater boven Bath (macrocel 7). Door de beschikbaarheid van geschikt baggermateriaal is slechts een beperkte hoeveelheid overgebracht en gestort in de Westerschelde.

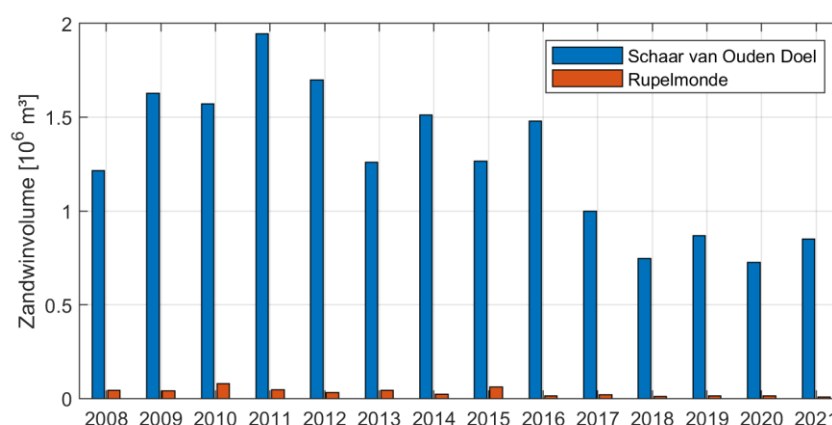


Figuur 3-8: Onderhoud zand (m³ in beun) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2021.



Figuur 3-9: Stortvolume zand (m³ in beun) per stortlocatie van 1980 tot 2021.

Het zand dat wordt gestort in de Schaar van Ouden Doel wordt ook (deels) teruggewonnen (zandwinning). Met de toepassing van de nieuwe stortstrategie in de Beneden-Zeeschelde is de toegestane hoeveelheid met één derde verlaagd vanaf 1 juli 2017. Als gevolg hiervan ligt het zandwinvolume in 2017 tot en met 2021 lager dan in de voorgaande jaren (Figuur 3-10). Daarnaast wordt ook nog een kleine hoeveelheid zand gewonnen nabij de Rupelmonding. Verder opwaarts in de Boven-Zeeschelde wordt ook aan zandwinning gedaan; echter valt dit buiten het bereik van dit voortgangsrapport.



Figuur 3-10: Overzicht van de hoeveelheid gewonnen zand in de Beneden-Zeeschelde (Schaar van Ouden Doel en Rupelmonde) tussen 2008 en 2021 [m³].

3.1.2.4 Totaalvolume zand + slib

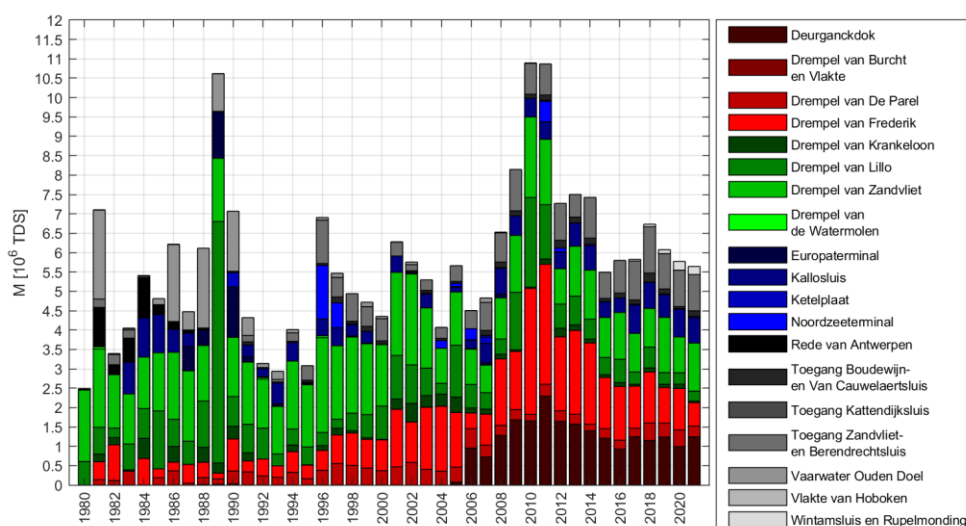
Omdat de kwalificatie zand of slib niet altijd eenduidig is (het gaat om een mengsel in de meeste gevallen), wordt ook de totale baggerinspanning beschouwd.

Omwille van de variërende beundensiteit kunnen baggervolumes zand en slib niet eenvoudigweg bij elkaar worden opgeteld, maar er kan wel een schatting worden gemaakt van het totale baggervolume door de volumes om te zetten naar massa's (in TDS), op basis van een aangenomen densiteit (zie voetnoot 8 op pagina 25). Door de onzekerheid op de beundensiteiten waarop de omrekeningen zijn gebaseerd, moeten de resulterende totaalvolumes, weergegeven in Figuur 3-11, niet worden geïnterpreteerd als exacte cijfers, maar worden gebruikt om trends weer te geven. Merk op dat Figuur 3-11 zowel aanleg- als onderhoudsbaggerwerken omvat.

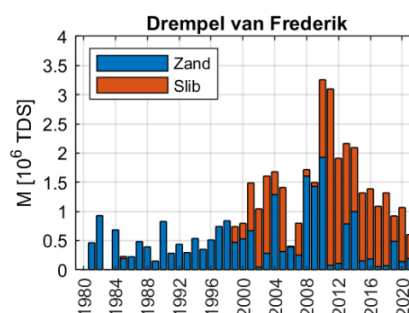
Doorheen de tijd is het totale onderhoudsvolume toegenomen. Zelfs indien jaren met grote volumes niet in aanmerking worden genomen, is duidelijk dat het totaal onderhoud in de jaren '80 en '90 beduidend kleiner was dan 6 miljoen TDS en af en toe onder 4 miljoen TDS. Sinds de tweede verruiming lag het onderhoud niet meer lager dan 4 miljoen TDS en meestal onder 6 miljoen TDS. Na de derde verruiming bedroeg het onderhoud de eerste jaren meer dan 7 miljoen TDS. Vanaf 2015 is het totale onderhoud afgenomen en bedraagt gemiddeld circa 5,5 tot 6 miljoen TDS, met uitzondering van een uitschieter in 2018. Uitschieters naar beneden komen niet meer voor.

Per drempel beschouwd (zie figuren in Bijlage B.2.4), blijkt dat de toename van het totaal kan worden verklaard door toenames ter hoogte van Deurganckdok (in feite een nieuwe locatie), de Drempel van Frederik (een stijgende trend is zichtbaar vanaf 1996, die ook is gelinkt aan de verlagingen van het interventiepeil, zie Sectie 3.1.2.2), en de sluistoegangen (deels ook vanaf de tweede verruiming). Na de derde verruiming is er op een aantal locaties (na een piek) ook een afname zichtbaar (drempel van Frederik en drempel van Lillo).

Op de Drempel van Frederik (Figuur 3-12) werd tot de tweede verruiming (1998-1999) uitsluitend zand gebaggerd; nadien wordt verhoudingsgewijs steeds meer slib gebaggerd. Tijdens de aanleg van fase 2 en 3 van het Deurganckdok (2005-2008) nam het aandeel slib op de Drempel van Frederik weer sterk af. Na de derde verruiming en het verwijderen van de drempel aan de ingang van Deurganckdok (in 2010) bestaat het onderhoud op de Drempel van Frederik hoofdzakelijk uit slib.



Figuur 3-11: Totaal (aanleg- en) onderhoudsvolume (zand + slib) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2021. De baggerlocaties worden op kaart weergegeven in Bijlage B.2.1.



Figuur 3-12: Totaal (aanleg- en) onderhoudsvolume (zand + slib) op de Drempel van Frederik van 1980 tot 2021.

3.2 Hydrodynamiek

De opmaak van het Voortgangsrapport (2020-2021) verliep parallel met het T2021-rapport (T2021 Consortium, 2023a). Bij het vaststellen van de scope van het Voortgangsrapport is besloten om enkele parameters en analyses niet te onderzoeken, aangezien deze reeds in het T2021-rapport besproken worden.

Voor de hoog- en laagwaterstanden en de getijslag is in de volgende secties op basis van het T2021-rapport een beknopte analyse opgenomen. Voor een uitgebreide analyse van de meteorologie, bovenafvoer, hoog- en laagwaterstanden en de getijslag wordt verwezen naar het T2021 rapport (T2021 Consortium, 2023a).

De overige analyses – golven in de Westerschelde en stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde – zijn wel binnen de scope uitgevoerd.

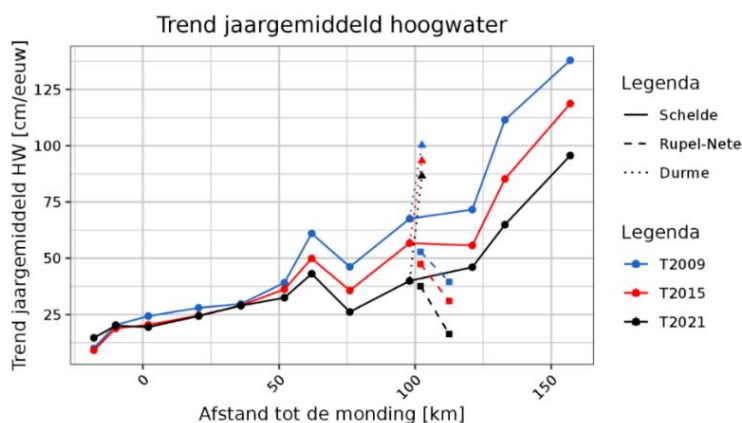
3.2.1 Westerschelde

3.2.1.1 Waterstanden en getijslag

Op basis van het T2021 rapport (T2021 Consortium, 2023a) volgt hier een beknopte analyse van de hoog- en laagwaterstanden en de getijslag.

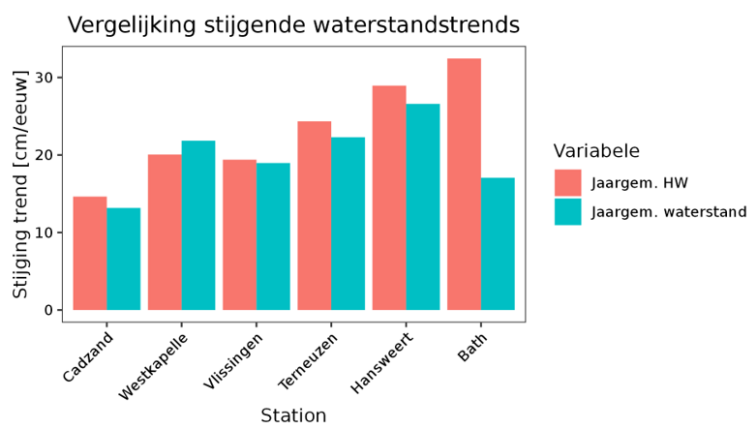
Hoogwater

Voor alle stations in de Westerschelde zijn de trends voor hoogwater stijgend, maar deze zijn ten opzichte van de referentieperiode (T2009) afgevlakt (Figuur 3-13).



Figuur 3-13 : Stijging jaargemiddeld hoogwater als functie van de afstand tot de monding in T2021 vergeleken met T2009 en T2015 (T2021 Consortium, in voorbereiding).

Een aanzienlijk deel van de stijgende trend in de jaarlijkse gemiddelde hoogwaterstanden in de Westerschelde kan worden toegeschreven aan de stijging van de jaarlijkse gemiddelde waterstanden, zoals weergegeven in Figuur 3-14. Deze trend vertoont overeenkomsten op alle meetstations, met uitzondering van het station bij Bath, waar de stijging van de astronomische waterstand een grote bijdrage levert.

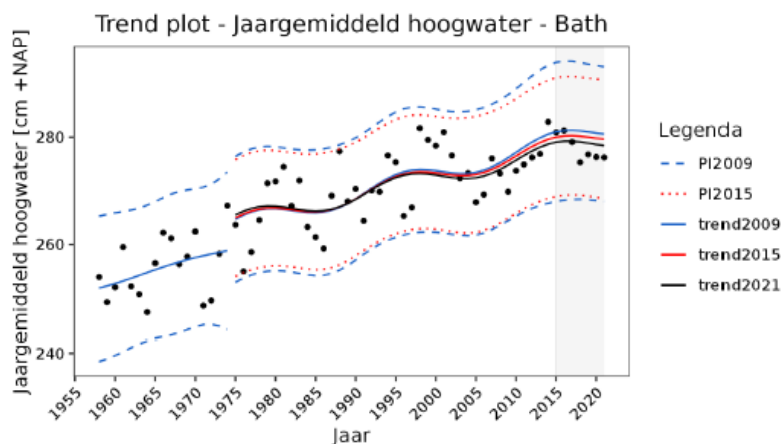


Figuur 3-14 : Vergelijking van de trends in de jaargemiddelde waterstanden en de jaargemiddelde hoogwaterstanden in cm/eeuw (T2021 Consortium, 2023a).

Deze stijging van de jaargemiddelde waterstand wordt gedreven door de (externe) zeespiegelstijging. De waargenomen zeespiegelstijging (2,9 mm/jaar in de periode 1993-2021 volgens Willem Stolte *et al.*, 2023) ligt lager dan de voorspelde stijging in het MER, waar voor 2001-2015 een zeespiegelstijging van 4,2 mm/j werd aangenomen.

Naast de stijgende zeespiegelstijging wordt in het estuarium de stijging van de jaargemiddelde hoogwaterstand ook verklaard door de voortplanting en de amplificatie van de getijgolf (i.e. de astronomische hoogwaterstanden en de getijslag). De 18,6-jarige nodale cyclus heeft een sterke invloed op de jaargemiddelde hoogwaterstanden in de Westerschelde. Voor alle stations variëren de astronomische hoogwaters voornamelijk als gevolg van de nodale getijcyclus, behalve voor Bath waar een stijgende trend wordt waargenomen die de laatste jaren is afgevlakt (Figuur 3-15). In Bath is de invloed van de

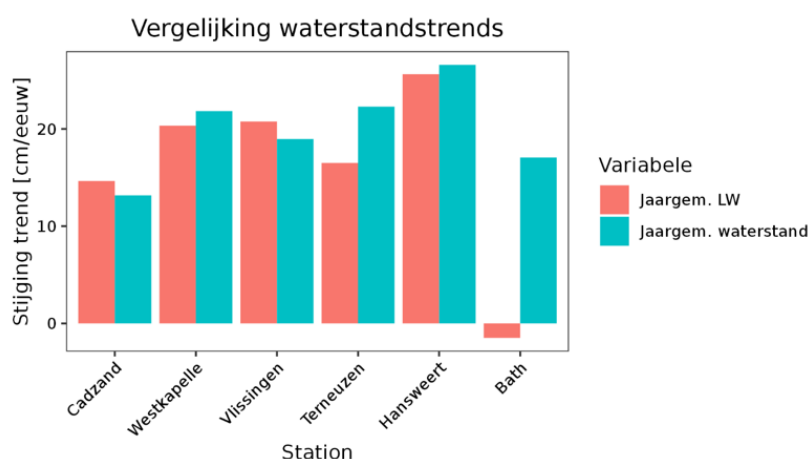
zeespiegelstijging kleiner ten opzichte van de andere stations, omdat de amplificatie van de getijgolf hier een belangrijke rol speelt (T2021 Consortium, 2023a).



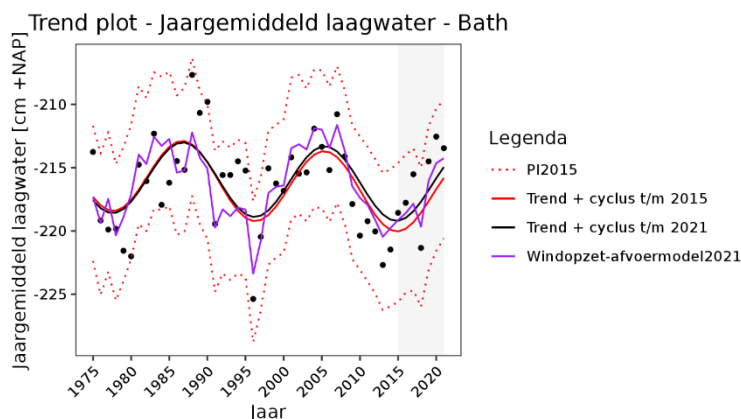
Figuur 3-15 : Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Bath met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 voor de periode 1955-2021 en de bijbehorende predictie-intervallen. Trendbreuk in 1975 (T2021 Consortium, in voorbereiding).

Laagwater

Voor de bevaarbaarheid van het estuarium is ook de laagwaterstand en de verandering hiervan van belang. Door de stijging van de jaargemiddelde waterstand als gevolg van zeespiegelstijging wordt verwacht dat ook de jaargemiddelde laagwaterstanden stijgen, wat voor de meeste stations wordt bevestigd (Figuur 3-16). In Bath wordt er geen stijgende trend in de laagwaterstanden geobserveerd (Figuur 3-17), het effect van de stijgende jaargemiddelde waterstand (door zeespiegelstijging) wordt gecompenseerd door dalende astronomische laagwaterstand, die is gerelateerd aan de langjarige toename in getijamplificatie in deze zone (T2021 Consortium, 2023a). In de toekomst kan verwacht worden dat door het afvlakken van de getijslag (zie hierboven) de jaargemiddelde laagwaterstand zal toenemen.



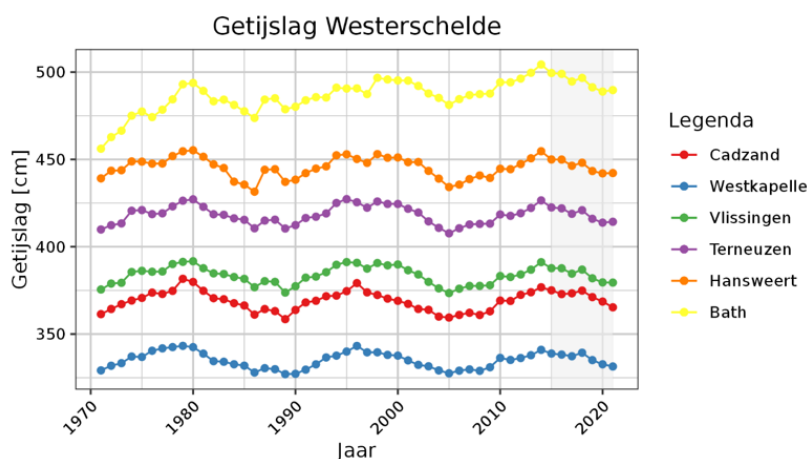
Figuur 3-16 : Vergelijking van de waterstandstrends in de jaargemiddelde laagwaterstanden en de jaargemiddelde waterstanden voor de stations in de Westerschelde (T2021 Consortium, in voorbereiding).



Figuur 3-17 : Jaargemiddelde laagwaterstanden voor het station Bath vanaf 1975 (T2021 Consortium, in voorbereiding).

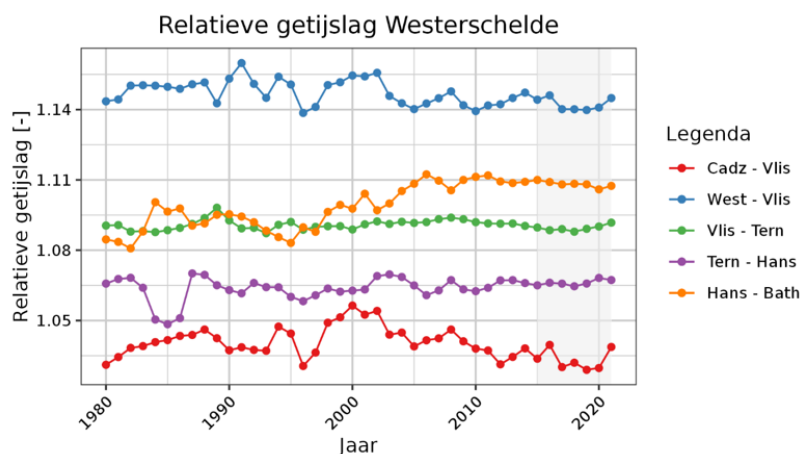
Getijslag

Het effect van de 18,6-jarige nodale getijcyclus is duidelijk zichtbaar in de getijslag. De nodale getijcyclus kende een piek (ca. 2014) halverwege de vorige evaluatieperiode en is dus in een dalende fase in de periode 2016-2021. Dit zorgt er ook voor dat voor de stations de gemiddelde getijslag in de periode 2016-2021 lager is dan in de periode 2010-2015 (Figuur 3-18).



Figuur 3-18 : Getijslag (ongecorrigeerd voor de nodale cyclus) voor de belangrijkste stations in de Westerschelde voor de periode 1971-2021 (T2021 Consortium, in voorbereiding).

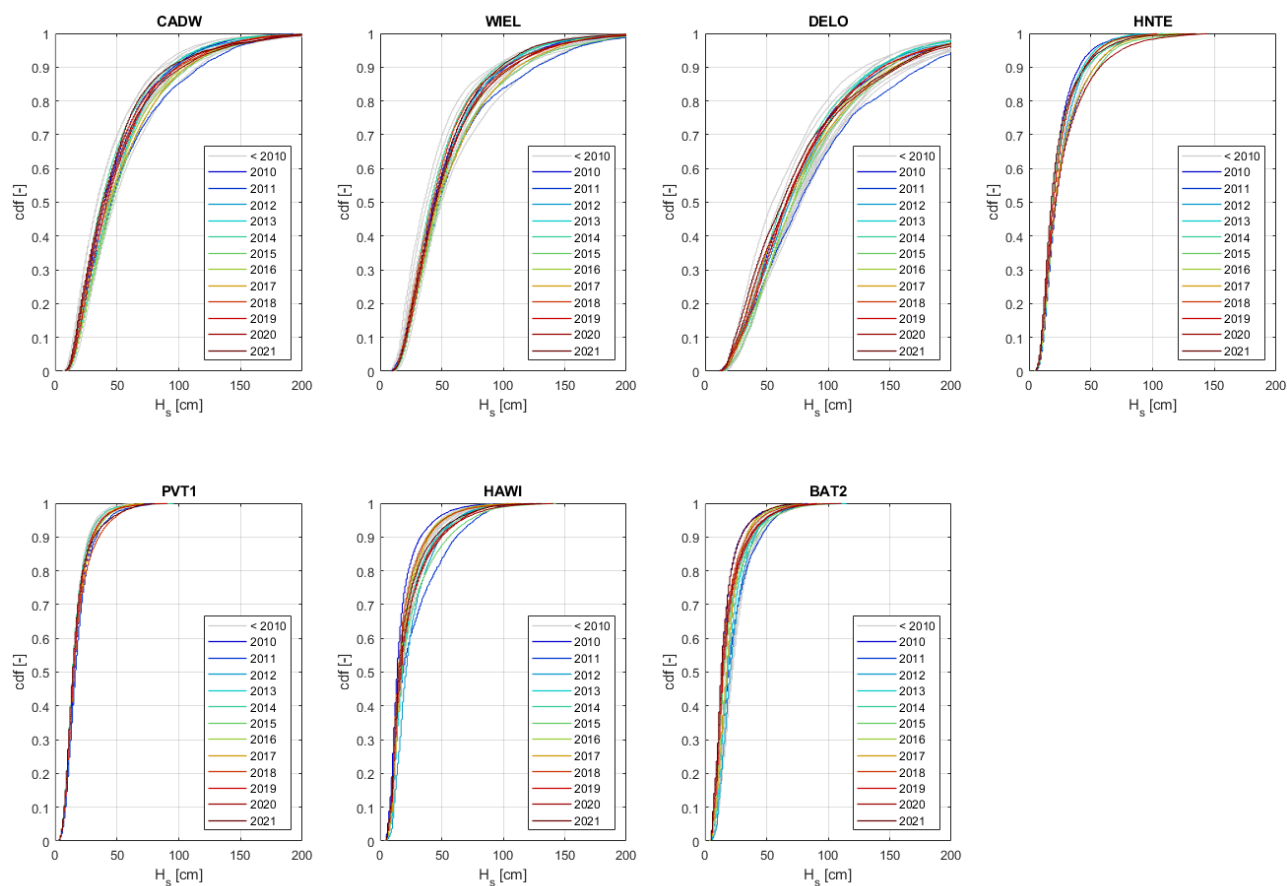
Ontwikkelingen van het getij binnen het estuarium kunnen worden verklaard door morfologische veranderingen en menselijke ingrepen. De getijbeweging in het estuarium reageert instantaan op morfologische veranderingen (Wang, 2021). Daarom zijn veranderingen in de relatieve getijslag (Figuur 3-19) een goede indicator gebleken voor morfologische veranderingen. De getijamplificatie is in de Westerschelde tot stilstand gekomen (T2015 Consortium, 2018a). Tussen Vlissingen en Terneuzen is de getijamplificatie relatief stabiel, met een lichte afname sinds 2008, met vervolgens een lichte toename sinds 2018. Tussen Hansweert en Bath is er een duidelijke stijging van de relatieve getijslag waargenomen in de periode tussen 1980 en 2005. Sindsdien is de relatieve getijslag stabiel door het afvlakken van de astronomische hoogwaters en de (licht) afvlakkende stijging van de jaargemiddelde hoogwaters (T2021 Consortium, 2023a).



Figuur 3-19 : Relatieve getijslag van station tot station (getijamplificatie) in de Westerschelde (T2021 Consortium, in voorbereiding).

3.2.1.2 Golven

De golfhoogte bij de monding van de Westerschelde, bij Cadzand (CADW), Wielingen (WIEL), en Deurloo (DELO), was in 2020 en 2021 vergelijkbaar met eerdere jaren. De cumulatieve distributiefunctie voor deze jaren ligt binnen de bestaande verdeling, opgesteld uit voorgaande jaren (Figuur 3-20).



Figuur 3-20: Empirische cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling van de significante golfhoogte van de verschillende meetlocaties langs de Westerschelde.

Bij meetstation Honte (HNTE) vormt de cumulatieve distributiefunctie van 2020 de bovengrens van de enveloppe, oftewel de geobserveerde golfhoogte was het hoogst over de hele meetperiode. De golfmetingen van 2020 en 2021 lagen ook bij Pas van Terneuzen (PVT1) en Hansweert (HAWI) binnen de verdeling. Bij Bath (BAT2) lag de cumulatieve distributiefunctie van 2021 aan de ondergrens, en waren de golfhoogtes dus relatief laag. Aangezien de analyse voor randgegevens, zoals windsnelheid, hier niet behandeld wordt is het ook niet mogelijk om een verklaring voor stijgingen of dalingen te vinden in verband met de golfhoogte in de respectievelijke locaties.

3.2.1.3 Stroomsnelheden

In het verleden werden op de plaatranden in de Westerschelde stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd om na te gaan of er nieuw laagdynamisch gebied is gecreëerd of in wording is. In 2020 zijn er metingen uitgevoerd ter hoogte van Hooze Platen. Aangezien de data op het moment van schrijven nog niet beschikbaar is, is dit onderdeel in het huidige rapport verder buiten beschouwing gelaten.

3.2.2 Beneden-Zeeschelde

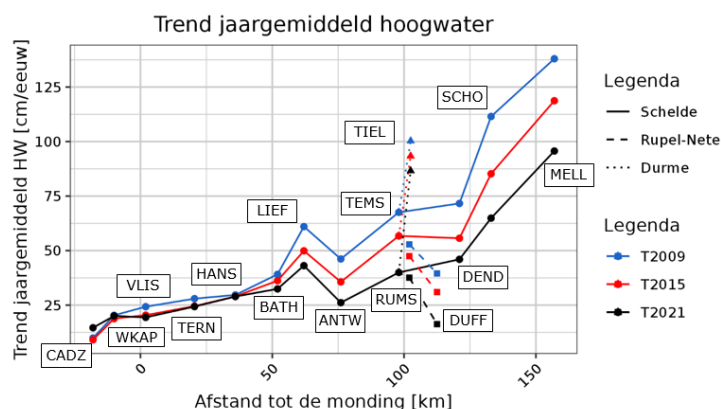
3.2.2.1 Waterstanden en getijslag

Op basis van het T2021 rapport (T2021 Consortium, 2023a) volgt hier een beknopte analyse van de hoog- en laagwaterstanden en de getijslag.

Hoog- en laagwaterstanden

Tussen 2009 en 2021 is er waargenomen dat de stijgende trend in de jaargemiddelde **hoogwaterstanden** in de Zeeschelde voor alle meetstations is verminderd, maar nog steeds aanhouden (Figuur 3-21). Deze vermindering wordt in T2021 toegeschreven aan een 'stabiliserende' getijamplificatie die (momenteel) optreedt na het bereiken van het maximale punt in de nodale cyclus (rond 2014) (T2021 Consortium, 2023a). Op de lange termijn, over decennia bekeken, is er echter nog steeds een aanzienlijke stijging in de hoogwaterstanden waarneembaar, die wordt toegeschreven aan zeespiegelstijging.

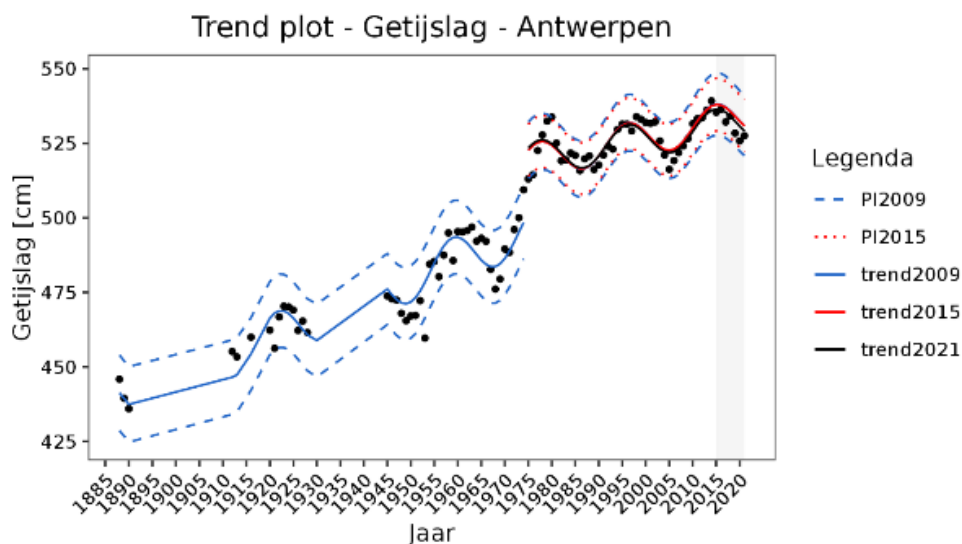
De **laagwaterstand** toont een neutrale ontwikkeling in de Beneden-Zeeschelde, waarbij de zeespiegelstijging de dalende jaargemiddelde laagwaterstand (volgens de nodale getijcyclus) compenseert. In de Boven-Zeeschelde wordt er een versnellende dalende trend opgemerkt over de evaluatieperiode, dewelke volgens het T2021-rapport gelinkt kan worden aan lage afvoerdebieten en toegenomen geuldieptes (T2021 Consortium, in voorbereiding).



Figuur 3-21 : Stijging jaargemiddeld hoogwater in cm/eeuw voor alle belangrijke stations als functie van de afstand tot de monding in T2021 vergeleken met T2009 en T2015 (T2021 Consortium, 2023a).

Getijslag in de Beneden-Zeeschelde

In de periode 1971 – 1980 is in de Beneden-Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen en Temse) een sterke toename van de **getijslag** te zien (Figuur 3-22). Deze wordt toegekend aan de verruiming (inclusief zandonttrekking) en inpolderingen in het estuarium in deze periode (Vandenbruwaene, W. et al., 2022; T2021 Consortium, in voorbereiding). Sindsdien is er sprake van een lichtere, maar nog wel significante stijging van de getijslag. Volgens het T2021 rapport zijn de ontwikkelingen van de getijslag in de Beneden-Zeeschelde niet eenduidig te koppelen aan de morfologische ontwikkelingen in deze periode (T2021 Consortium, 2023a).

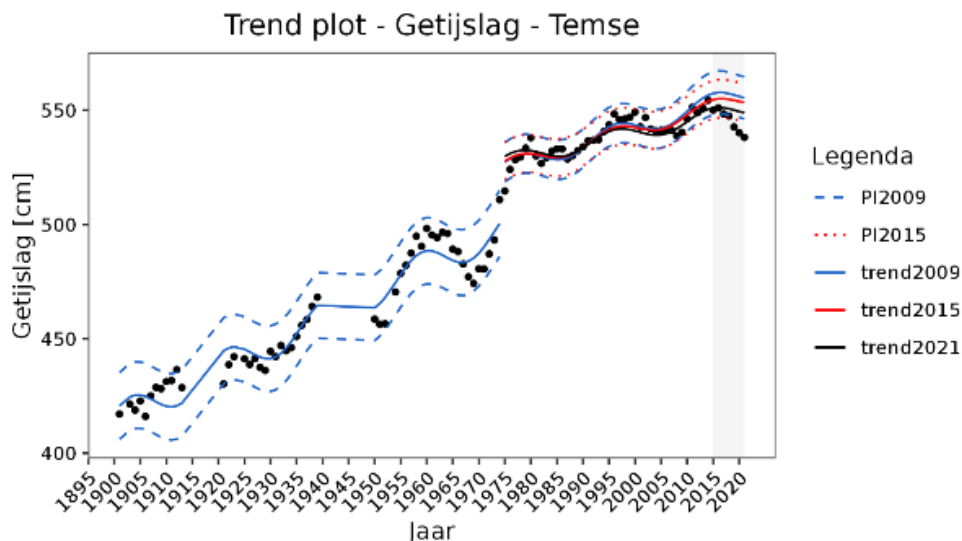


Figuur 3-22 : Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Antwerpen met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen (T2021 Consortium, 2023b).

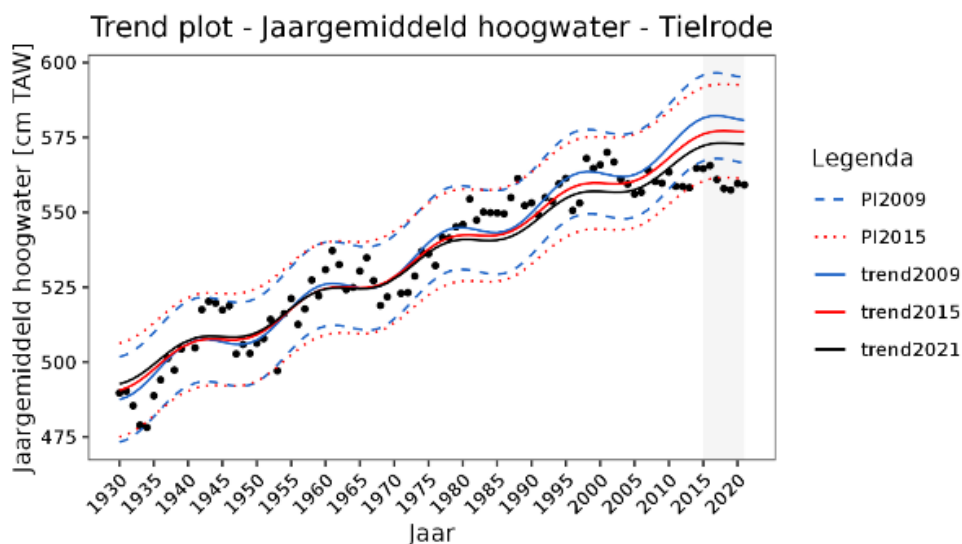
In de meeste OMES-segmenten in de Beneden-Zeeschelde zijn de subtidale (diepe) **geulvolumes** in de periode 2009-2021 toegenomen (T2021 Consortium, 2023). Deze toenames kunnen niet direct gelinkt worden aan de verruiming. Daarbovenop hebben deze toenames van geulvolumes volgens het T2021-rapport in de Beneden-Zeeschelde relatief een klein effect ten opzichte van andere veranderingen in de bathymetrie, zoals inpolderingen (Vandenbruwaene, W. et al., 2020).

Getijslag in de Boven-Zeeschelde

In de Boven-Zeeschelde en de zijrivieren is sprake van een (sterke) langjarige stijging van de **getijslag**, wat volgens het T2021 de stijging in de jaargemiddelde hoogwaterstanden verklaart (T2021 Consortium, 2023a). Echter, de jaargemiddelde waarden vallen voor alle stations buiten de predictie intervallen (T2015), wat duidt op een verschil tussen de huidige en langdurige ontwikkeling van de getijslag (Figuur 3-23). Deze observatie kan een belangrijke verklaring zijn voor de afvlakkende trends in de jaargemiddelde hoogwaters (Figuur 3-24).



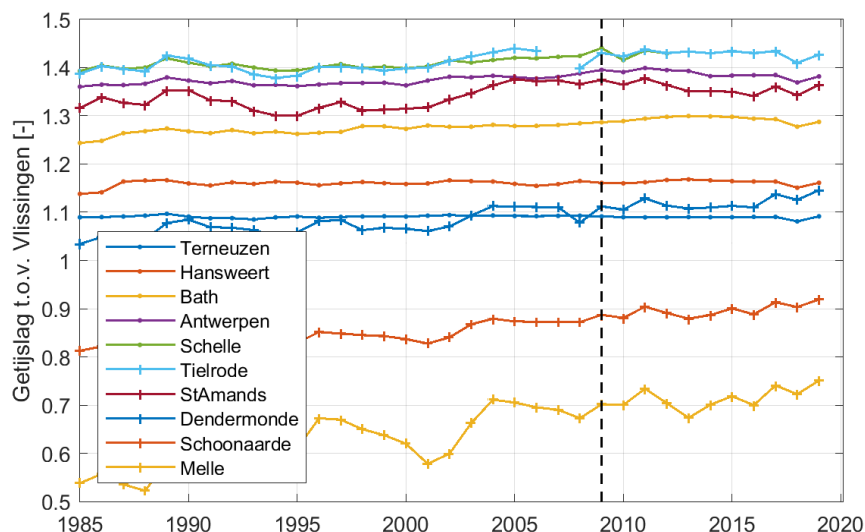
Figuur 3-23 : Resultaten trendanalyse van de jaargemiddelde getijslag voor Temse met de trends t/m 2009, 2015 en 2021 en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en predictie-intervallen (T2021 Consortium, 2023b).



Figuur 3-24: Resultaten trendanalyse jaargemiddelde hoogwaterstanden Tielrode met de trends tot en met 2009, 2015 en 2021 (T2021 Consortium, 2023b).

In de Boven-Zeeschelde is de getijbeweging sterker afhankelijk van de geuldiepte. Door een toename van de **geulvolumes** kan het getij verder doordringen in het estuarium en neemt dus de getijslag toe. Dit heeft met name een effect op de laagwaterstanden. Het effect op hoogwaterstanden is kleiner (Vandenbruwaene et al., 2020a).

Aangezien de complexiteit van het systeem is het volgens het T2021 (T2021 Consortium, 2023a) moeilijk om exact aan te geven wat de oorzaak kan zijn, menselijke ingrepen (verruiming of intreden van Kruibeke-Bazel-Rupelmonde gebied), morfologische ontwikkelingen (autonome ontwikkeling) of meteorologische effecten (lage bovenafvoer).



Figuur 3-25: Evolutie van de jaargemiddelde getijslag, gecorrigeerd voor de 18,6-jarige getijcyclus, ten opzichte van Vlissingen per station in het estuarium (1985-2019) met aanduiding van het jaar 2009 (IMDC, 2020a).

Figuur 3-25 toont aan dat er een onverminderde toename van de getijslag is in de opwaartse stations (Dendermonde, Schoonaarde, Melle) en een eerder stabiliserende of dalende trend in de afwaartse stations. Ook is er geen sprake van een trendbreuk (IMDC, 2020a). Een mogelijke verklarende factor voor de stijging van de getijslag bij de opwaartse getijstations is de lage bovenafvoer in recente jaren (IMDC, 2020; T2021 Consortium, in voorbereiding).

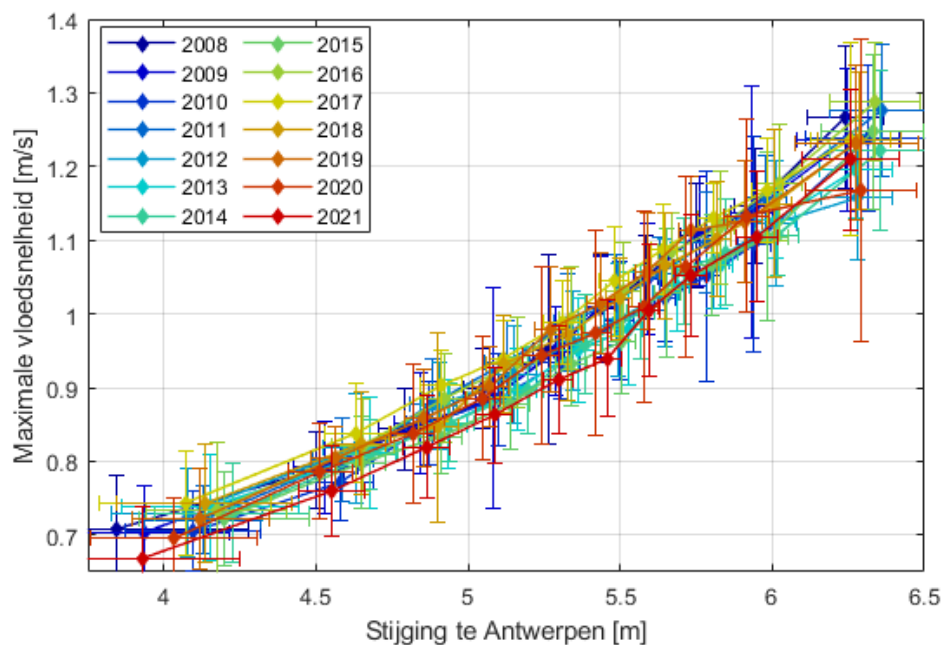
3.2.2.2 Stroomsnelheden

De stroomsnelheden in de Beneden-Zeeschelde zijn gemeten bij Oosterweel en Lillo en vergeleken met de waterstanddalingen- en stijgingen bij Antwerpen en Liefkenshoek respectievelijk. Voor de stroomsnelheden werd enkel de 95^{ste} percentiel van de eb- en vloodsnelheden gedurende de periode van respectievelijk daling en stijging bepaald.

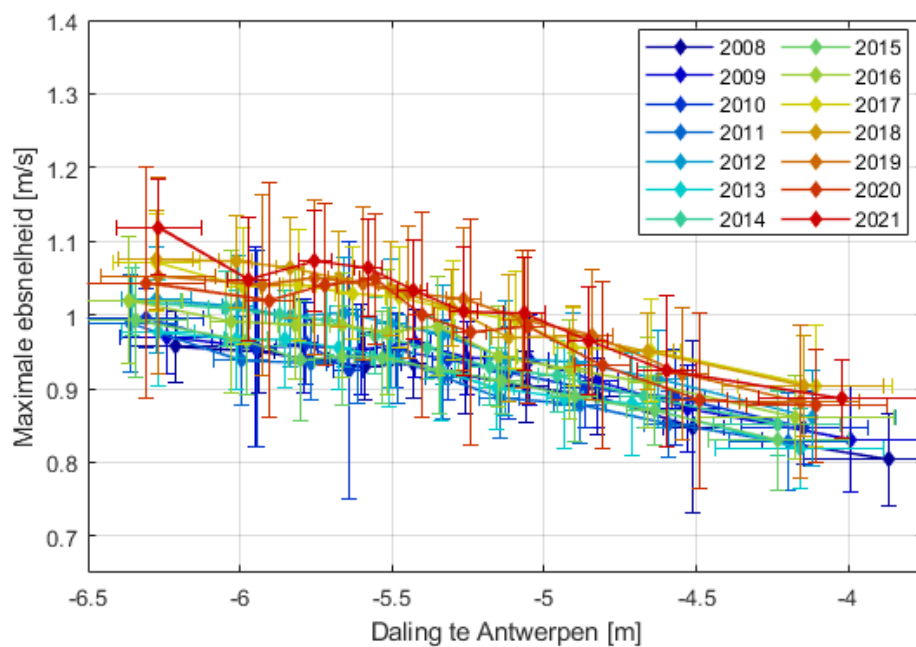
De gerapporteerde vloodsnelheden te Oosterweel lagen in 2021 lager dan tijdens eerdere meetjaren voor bijna alle waterstandstijgingen (< 5,5 m stijging) te Antwerpen (Figuur 3-26). In Lillo zijn de metingen voor zowel 2020 als 2021 vergelijkbaar met 2018, liggen lager dan 2019, maar liggen hoger dan 2016-2017. Wel wordt opgemerkt dat voor Lillo slechts 6 jaar data beschikbaar is (Figuur 3-28). Er is in deze omgeving over een langere periode data beschikbaar (Boei84), maar door een wijziging in positie van enkele honderden meters is er een breuk aanwezig tussen de datasets.

Voor Oosterweel liggen de gerapporteerde ebsnelheden voor 2021 in het algemeen hoger dan de voorbijge rapporteerde jaren (voor dalingen > -5 m, links) te Antwerpen (Figuur 3-27). In tegenstelling tot Oosterweel, zijn de ebsnelheidsmetingen in Lillo vergelijkbaar gedurende de periode 2018-2021, en hoger dan 2016-2017 (Figuur 3-29).

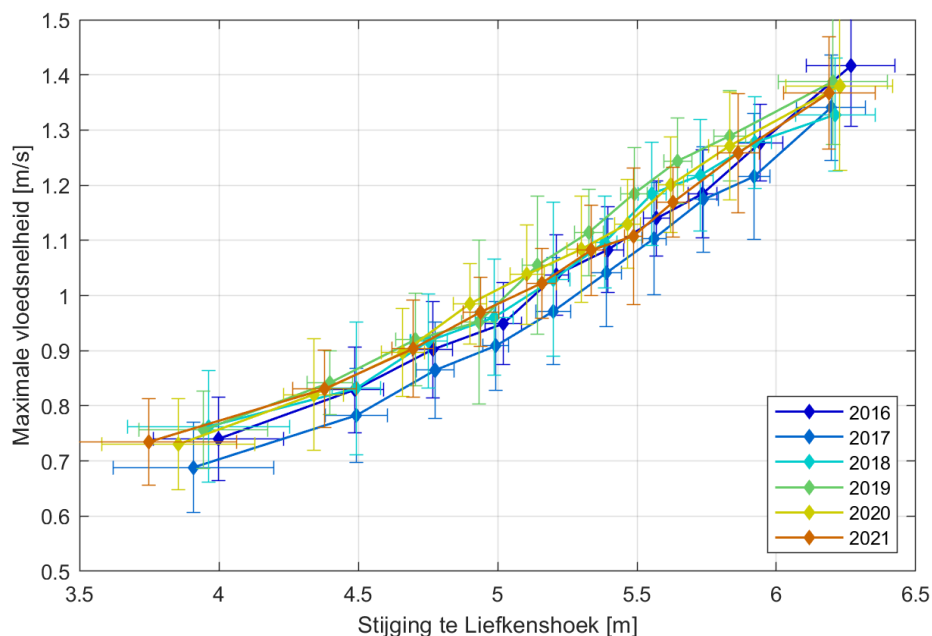
Volgens het MER werden er na de derde verruiming geen veranderingen in stroomsnelheden verwacht nabij Oosterweel. In het vorige voortgangsrapport werd de stijging in ebsnelheden te Oosterweel en Lillo al opgemerkt en werden er verschillende mogelijke verklaringen gegeven met betrekking tot o.a. bathymetrie (IMDC, 2020a). Er is momenteel geen aanvullende informatie beschikbaar ter verklaring van deze toename in stroomsnelheid t.o.v. de voorgaande voortgangsrapportage.



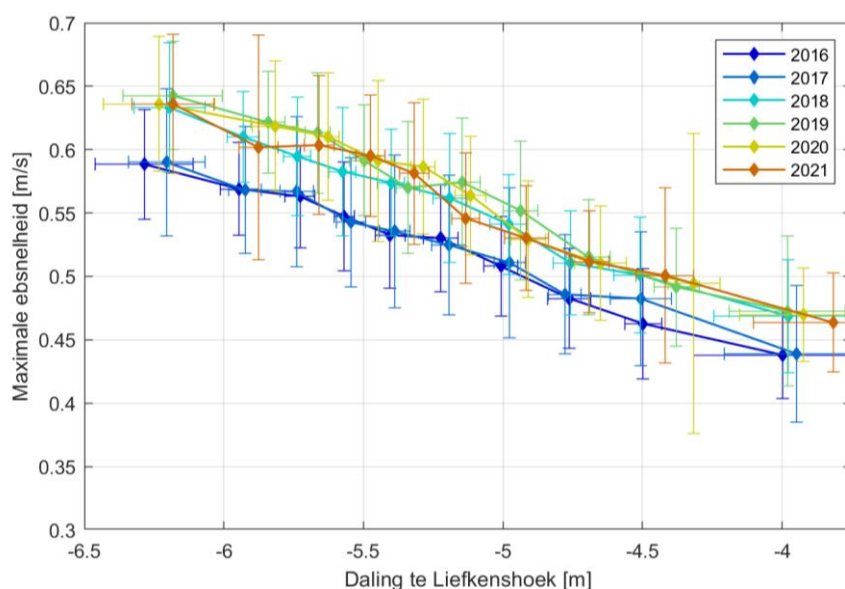
Figuur 3-26: Maximale vloodsnelheid (95ste percentiel waarde) te Oosterweel, bovenste meettoestel, tegenover de stijging in waterpeil te Antwerpen. De data van 2017-2021 zijn gedownsampld naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.



Figuur 3-27: Maximale ebsnelheid (95ste percentiel waarde) te Oosterweel, bovenste meettoestel, tegenover de daling in waterpeil te Antwerpen. De data van 2017-2021 zijn gedownsampld naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.



Figuur 3-28: Maximale vloedsnelheid (95ste percentiel waarde) te Lillo, bovenste meettoestel, tegenover de stijging in waterpeil te Liefkenshoek. De data van 2017-2021 zijn gedownsamled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.



Figuur 3-29: Maximale ebsnelheid (95ste percentiel waarde) te Lillo, bovenste meettoestel, tegenover de daling in waterpeil te Liefkenshoek. De data van 2017-2021 zijn gedownsamled naar 10 minuten om overeen te komen met eerdere jaren.

3.3 Morfologie en leefomgeving

In Sectie 3.3.1 wordt de morfologische analyse voor de Westerschelde besproken, die per macrocel voor verschillende morfologische aspecten is uitgevoerd. Hierna volgt in Sectie 3.3.2 de analyse voor de Beneden-Zeeschelde. De ontwikkeling van de ecotopen voor zowel de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde wordt besproken in Sectie 3.3.1.7 en 3.3.2.2, respectievelijk.

3.3.1 Westerschelde

De Westerschelde is opgedeeld in meerdere macrocellen (1-7, Figuur 3-37). In de volgende paragrafen worden verschillende morfologische aspecten besproken per macrocel:

- Recente morfologische veranderingen
- Geulwandverdedigingen (Ossensisse, macrocel 4)
- Slikken en platen (hoogtemetingen en stabiliteit plaatrandstortingen, per plaat)
- Schorranderosiemetingen
- Integrale analyse per meetpunt¹⁴ (per plaat)
- Watervolume nevengeulen¹⁵
- Proefstortingen (Inloop van Ossensisse en Diepe Put van Hansweert)

De vaklodingskaarten van de Westerschelde, opgemeten door Rijkswaterstaat in 2009 (vóór de verruiming), 2010 (na de verruiming), 2020, en 2021, zijn opgenomen in Bijlage C. Deze kaarten geven de bathymetrie en morfologie van de Westerschelde in het betreffende jaar weer, en zijn gebruikt om de grootschalige veranderingen te bespreken binnen elke macrocel. Daarnaast zijn ook de verschilkaarten van 2021 ten opzichte van 2009 en 2010 (voor de evolutie sinds de verruiming), en 2021-2020 en 2020-2019 (voor de evolutie tijdens het tiende en elfde jaar na de verruiming) toegevoegd. Voor de specifiekere onderdelen (platen, plaatranden, schorren/slikken) wordt gedetailleerdere informatie meegenomen (hoogtemetingen, stabiliteit plaatranden en schorrand-erosiemetingen), zoals hierboven opgelijst staat.

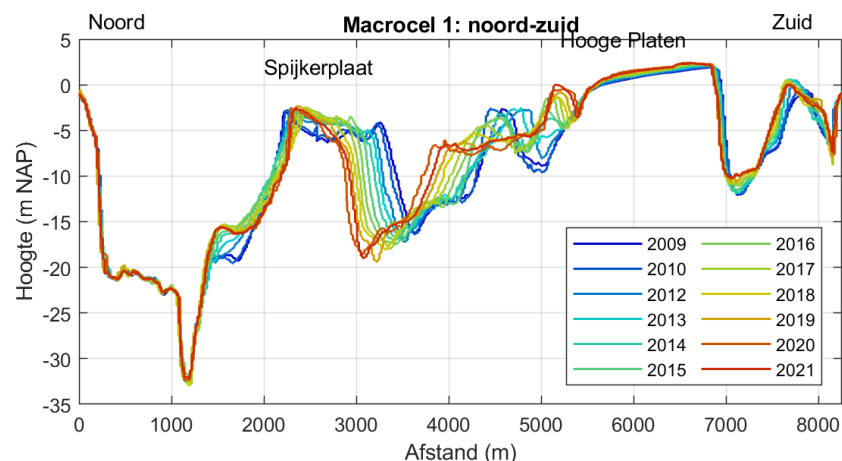
Er wordt nagegaan op welke manier de huidige morfologische veranderingen zich verhouden tot de situatie voor de verruiming in 2009. Wel moet vermeld worden dat de hoogtemetingen en -verschillen tussen deze bathymetrische kaarten beïnvloed kunnen worden door uitgevoerde bagger- en stortwerken kort voor of tijdens de periode waarin ze opgemeten worden.

3.3.1.1 Macrocel 1 & mesocel 2

In **macrocel 1 & mesocel 2** is er weinig tot geen verandering in de hoofdgeul tot -15 m NAP. De Spijkerplaat versmalt en het volume van de hoofdgeul neemt toe, wat ook wordt bevestigd in het rapport “Monitoring meergeulensysteem Westerschelde” (Schrijver, 2022). Er vindt erosie plaats aan beide zijden van de Spijkerplaat, zowel ten noorden (hoofdgeul) als zuiden (nevengeul) (Figuur 3-30). De nevengeul van macrocel 1 migreert in noordelijke richting (naar links in Figuur 3-30), waarbij de Spijkerplaat erodeert, en sinds 2018 neemt het volume van de nevengeul licht af maar bevindt deze zich boven de waarschuwingsgrens, zie Bijlage F, F.1.

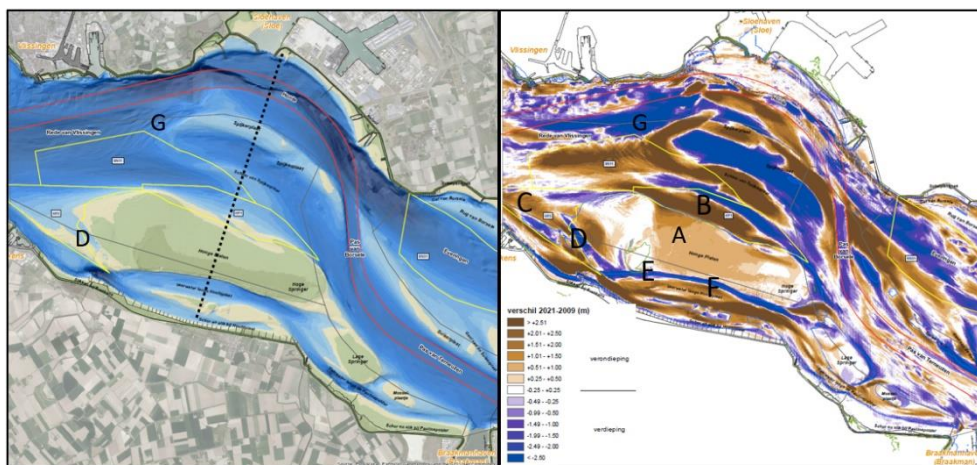
¹⁴ Op de plaatranden worden op vastgelegde meetpunten tal van parameters (bodemhoogte, sedimentsamenstelling, aanwezigheid van bodemleven etc.) gemonitord en gerapporteerd door Rijkswaterstaat (Jentink en Schrijver, 2022). De campagnes worden tweemaal per jaar, in maart en september, uitgevoerd.

¹⁵ De resultaten voor het criterium watervolume nevengeulen staan in het rapport “Monitoring meergeulensysteem Westerschelde – Toetsing nevengeulen op criterium watervolume” (Schrijver, 2022). Het watervolume in de nevengeulen is één van de toetsparameters uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten (Schrijver, 2010).



Figuur 3-30: Noord-zuid transect macrocel 1, van Sloehaven door de Spijkerplaat en Hooge Platen tot Vaarwater langs Hoofdplaat. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-31.

Aan de noord- en westzijde van de Hooge Platen zijn in de respectievelijke plaatrandstortzones stortingen uitgevoerd sinds 2010 (west) en tussen 2010 en 2016 (noord). Het totale sedimentvolume van de Hooge Platen is verder toegenomen tussen 2009 en 2021, voornamelijk zichtbaar als verhoging van de plaat (Figuur 3-31, A). In het vorige voortgangsrapport (IMDC, 2020a), werd gemeld dat zich een nieuwe vloedschaar begon te ontwikkelen langs de noordzijde van de Hooge Platen (Figuur 3-31, B); dit werd gelinkt aan een cyclisch gedrag van de nevengeul (de Schaar van de Spijkerplaat) (Plancke *et al.*, 2017c). Echter lijkt deze vloedschaar in 2020 en 2021 weer te verzanden, met een verkleining van de toegang als gevolg, en zet de ontwikkeling zich in deze jaren dus niet verder (verschilkaarten 2019-2020, 2020-2021, Bijlage C, C.1). Het Vaarwater langs Hoofdplaat, ten zuiden van de Hooge Platen in mesocel 2, ondervindt op lange termijn sedimentatie, wat zich nog steeds doorzet (Figuur 3-31, C). De zuidrand van de Hooge Platen erodeert verder door de noordelijke migratie van het Vaarwater langs Hoofdplaat, maar minder uitdrukkelijk dan vorige voortgangperiode (2018-2019). De plaatrand is door deze migratie over de jaren steiler geworden (Figuur 3-30).



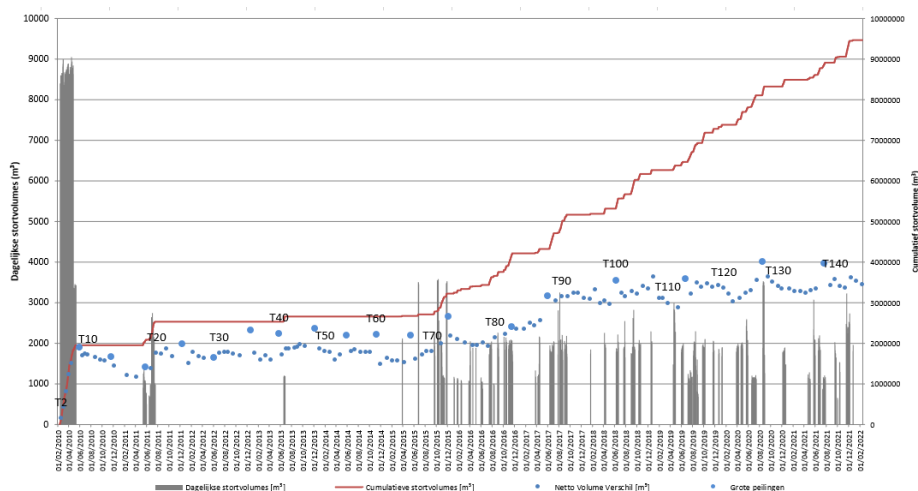
Figuur 3-31: Macrocel 1 en mesocel 2: Bathymetrie 2021 (links) en verschilkaart 2021-2009 (rechts). Zie ook Bijlage C, C.1. De stippenlijnen geven de locaties van het transect weer.

Hooge Platen West

De plaatrandstortingen op Hooge Platen West (HPW, D, Figuur 3-31) zijn uitgevoerd ter hoogte van de westelijke punt van de stortzone (aangegeven als blauwe vakken, Figuur 3-34). De historie en gedetailleerde uitleg aan plaatrandstortingen sinds de derde

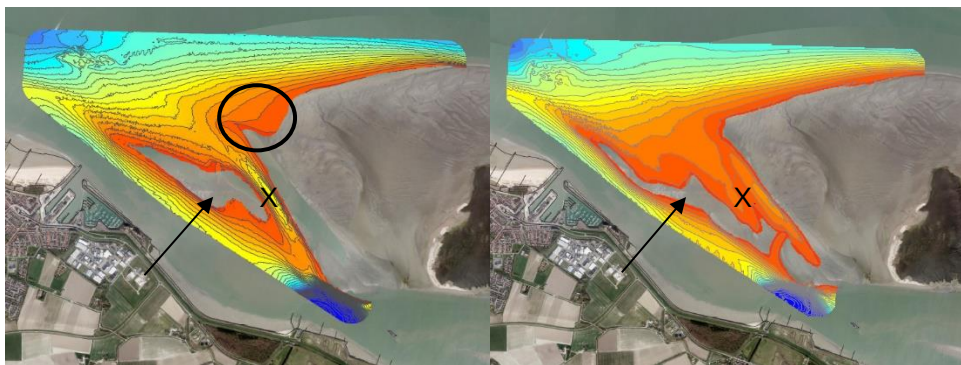
verruiming tot nu, het twaalfde jaar, kan teruggevonden worden in het statusrapport (IMDC, 2022c). Sinds de start van de tweede vergunningsperiode in 2015 wordt regelmatig gestort bij HPW (1,1 Mm³ voor 2020 en 1,0 Mm³ voor 2021). Hierbij nam aanvankelijk het peilvolume toe, maar na circa 2 jaar neemt het peilvolume ondanks de stortingen niet meer toe. Een mogelijke verklaring hierbij is dat het gestorte materiaal zich juist buiten de (vastgelegde) peilzone afzet en zo niet in het figuur zichtbaar is. De totale storthoeveelheid tussen februari 2010 en februari 2022 bedraagt 9,24 Mm³ (Figuur 3-32). Netto is 37 % van het gestorte materiaal bij Hooge Platen West ter plekke gebleven ten opzichte van het begin van de verruiming. De stabiliteit sinds de start van de tweede vergunning bedraagt 23 % aan het eind van het twaalfde vergunningsjaar. Zeven jaar na de start van de tweede vergunningsperiode voldoet deze waarde dus aan de vastgelegde waarde in het protocol (20 % na 7 jaar).

Onder invloed van de vloedstroming is het gestorte sediment grotendeels in oostelijke en zuidoostelijke richting gemigreerd (zie ook Plancke *et al.* (2017c)). Hierdoor is ter hoogte van de plaatpunt rond de laagwaterlijn een verondieping gerealiseerd (zwarte ovaal in Figuur 3-33). Tegelijk is de vorm van het Plaatje van Breskens (pijl in Figuur 3-33), sterk gewijzigd en opgehoogd, terwijl het vloedgeultje tussen het Plaatje van Breskens en de Hooge Platen naar het oosten is gemigreerd en ondieper is geworden (zwart kruis).

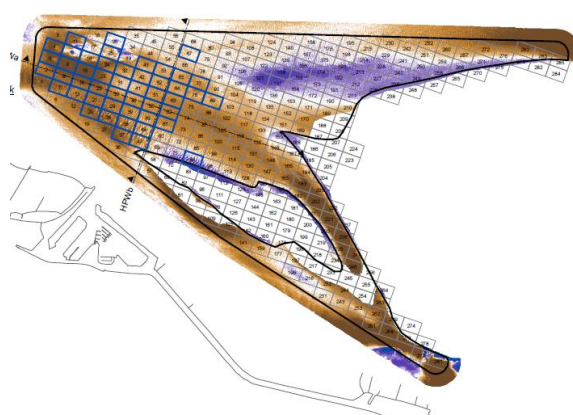


Figuur 3-32: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van To) voor Hooge Platen West.

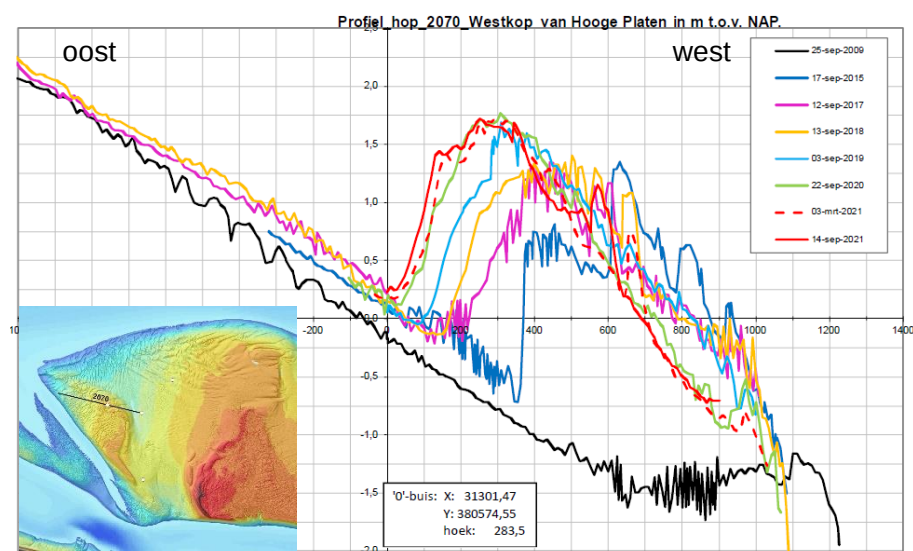
Het RTK profiel van de oost-west raai op Hooge Platen West laat zien dat er sinds de plaatrandstortingen in 2010 sprake is van een algemene verhoging van het bodempeil (Figuur 3-35). Er heeft zich na de eerste plaatrandstortingen in 2010 een zandrug ontwikkeld die zich nog altijd oostwaarts (links in Figuur 3-35) en beperkt opwaarts beweegt. Hierachter en hierrond heeft zich een laagdynamische zone gevormd. Het sediment van de plaatrandstortingen is dus waarschijnlijk hoger op en langs de plaat terecht gekomen. Na de ophoging in 2019 is tussen 2020 en 2021 de zandrug voornamelijk verder opwaarts (in oostelijke richting) verplaatst.



Figuur 3-33: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortzone Hooge Platen West in februari 2010 (links) en december 2021 (rechts).



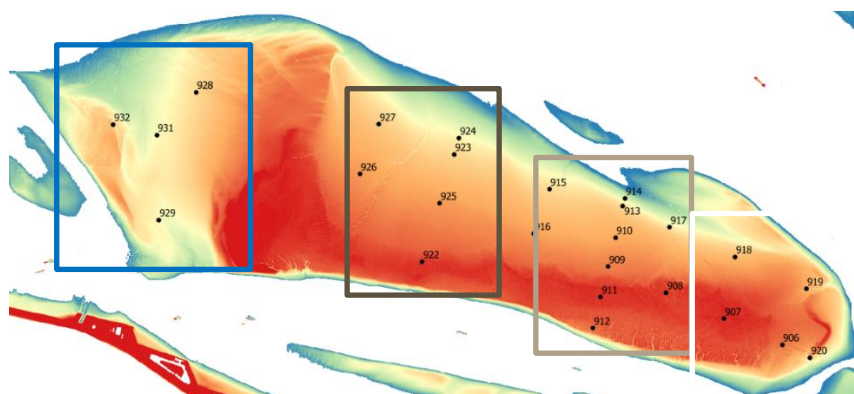
Figuur 3-34: Verschilkaart plaatrandstortzone Hooge Platen West van februari 2010 tot december 2021. De blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.



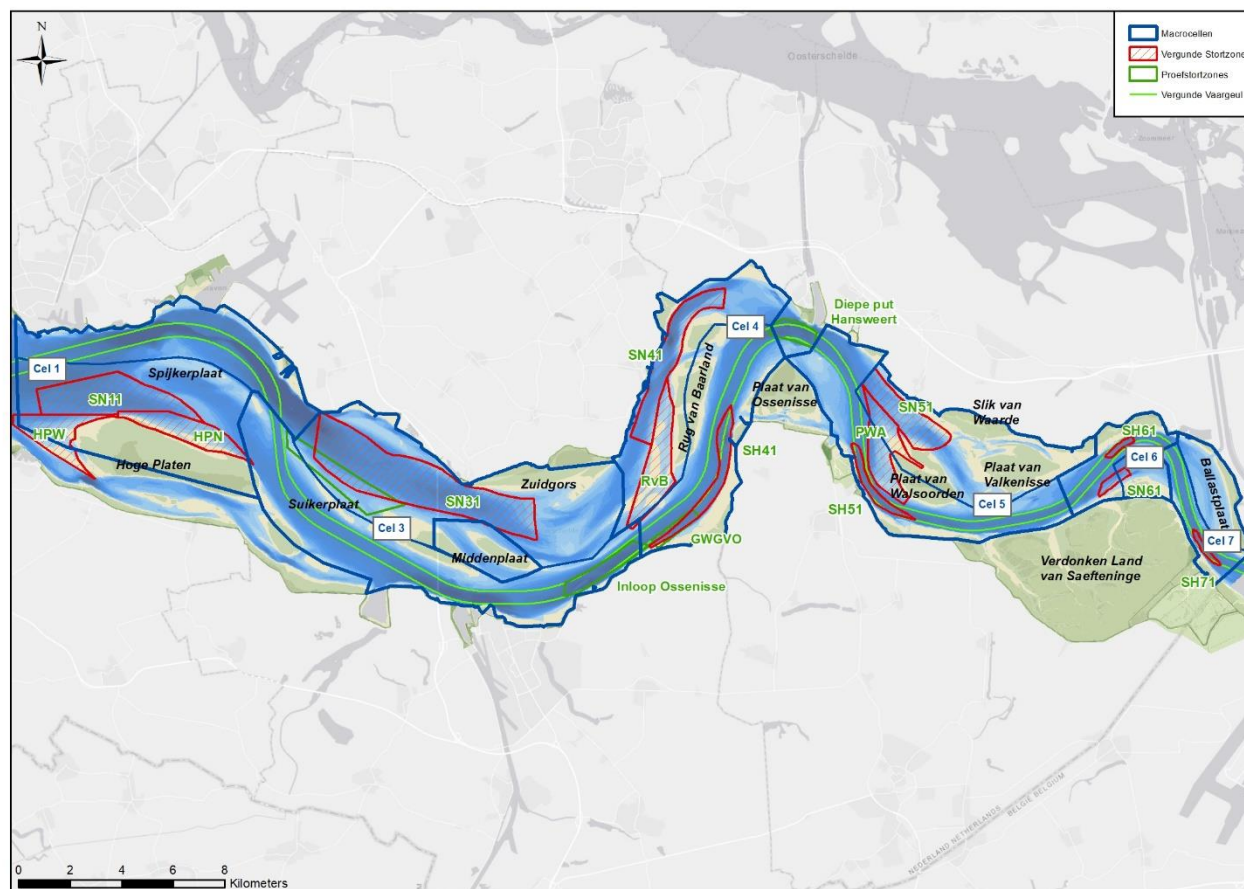
Figuur 3-35: RTK-raai 2070 op de Hooge Platen West, zie positie raai links onder (Jentink en Schrijver, 2022).

Aan de westpunt van de Hooge Platen blijkt deze ontwikkeling ook uit de RTK meetpunten (Figuur 3-36), waar een plots sterke toename in bodemhoogte waarneembaar is, door de oostelijke migratie van de zandrug, gevolgd door een beperkte toename over recentere jaren, gepaard met een verandering van ecotooptype

naar hoogdynamisch litoraal. Hoger op de plaat en ook naar het noorden toe, is de variatie in bodemligging laag. Het zuiden is slibrijker geworden, met een toename in lutumgehalte en bodemhoogte. Het bodemleven is aan de westelijke rand vrijwel afwezig, maar hoger op de plaat en naar het noorden neemt deze toe, met occasionele aanwezigheid van kokkels en wadpieren. In het zuiden is het bodemleven rijk en worden er kokkels en wadpieren waargenomen.



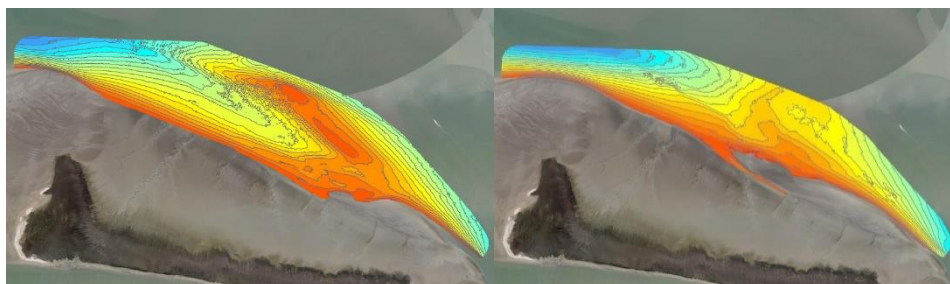
Figuur 3-36: Ligging van de meetpunten op de Hooge Platen. De meetpunten bij Hooge Platen West zijn blauw omkaderd. De meetpunten bij Hooge Platen Noord worden verdeeld in de westelijke punten (donkerbruin), de centrale punten (lichtbruin), en de oostelijke punten (wit).



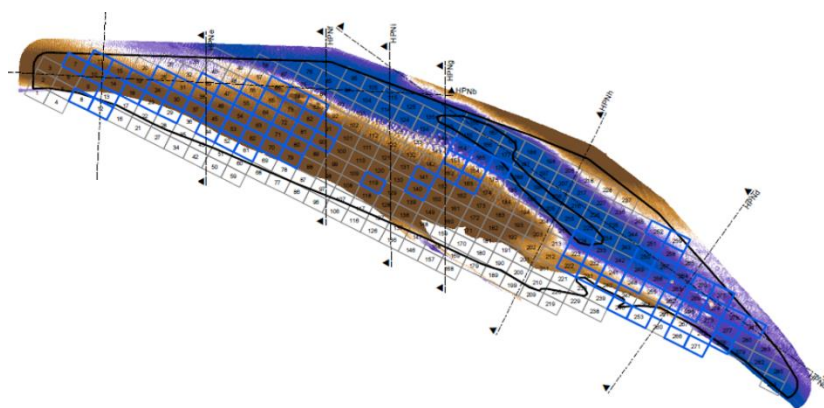
Figuur 3-37: Opdeling van Westerschelde in Macrocellen 1-7 (stortzones periode 2010-2021).

Hooge Platen Noord

De plaatrandstortingen in de stortzone Hooge Platen Noord (HPN, Figuur 3-38) zijn voor het grootste deel uitgevoerd in een periode van anderhalf jaar na de start van de verruiming. In totaal is vanaf de verruiming 4,43 Mm³ sediment in deze zone gestort. Sinds 2016 is in deze stortzone niet meer gestort. Bij de aanleg is in het noordwestelijk en het zuidoostelijk gebied (blauwe vakken, Figuur 3-39) een zandtong gerealiseerd met als doel hiertussen een luw, laagdynamisch gebied te creëren waarbinnen sedimentatie zou optreden. Deze sedimentatie is ook effectief opgetreden (Figuur 3-39), onder meer door verspreiding van het sediment van de westelijke zandtong onder invloed van de vloedstroom. Deze sedimentatie en verhoging van de plaatrand is voornamelijk in de eerste jaren na de verruiming gerealiseerd en blijft de laatste jaren grotendeels stabiel.

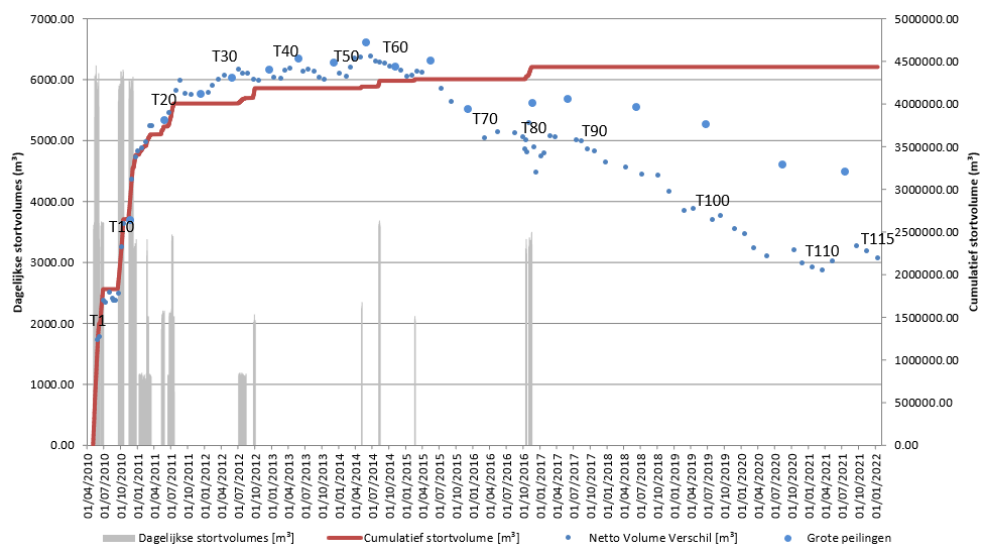


Figuur 3-38: Bathymetrie ter hoogte van plaatrandstortzone Hooge Platen Noord in april 2010 (links) en november 2021 (rechts).



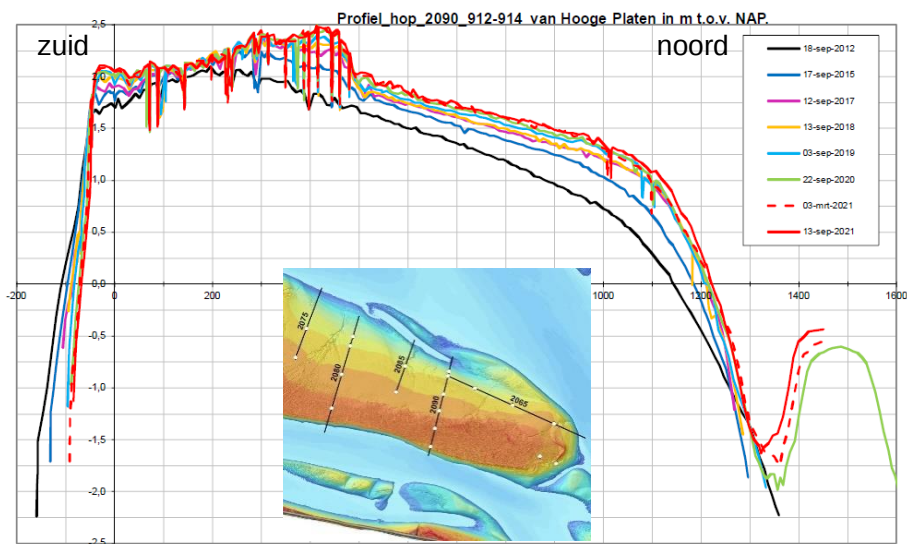
Figuur 3-39: Verschilkaart Hooge Platen Noord tussen april 2010 en november 2021. Blauwe rechthoekjes zijn de gebruikte stortvakken.

Netto is 49% van het sinds de aanvang van de stortingen gestorte materiaal op de Hooge Platen Noord nog in de plaatrandstortzone aanwezig in januari 2022 (IMDC, 2022c). Sinds 2020 is de daling van de stabiliteit in de zone gestopt en is het teruggevonden volume gestabiliseerd. Voor de tweede vergunningsperiode kan de stabiliteit van de stortingen niet berekend worden, in verband met het kleine stortvolume in deze periode.



Figuur 3-40: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van To) voor Hooge Platen Noord.

De recente RTK raaien over de gehele plaat laten zien dat de gehele plaat hoger is geworden, en daarbij steiler (Figuur 3-41, zie ook (Jentink en Schrijver, 2022)). Het steiler worden van de plaatrand is met name goed zichtbaar bij raai 2090 (zuid-noord, centraal gelegen op de plaat, Figuur 3-41). Aan beide zijden wordt de rand van de plaat steiler tussen +1 en -1 m NAP. Aan de zuidkant (links in de figuur) voornamelijk door het opschuiven van het Vaarwater langs Hoofdpijler, terwijl de hoogteligging van de plaat iets toeneemt. Aan de noordzijde (rechts in de figuur) voornamelijk door ophoging van de plaat zelf, hoewel de versteiling in recente jaren slechts beperkt doorzet.



Figuur 3-41: RTK-raai 2090 op de Hooge Platen Noord (Jentink en Schrijver, 2022).

Op het centrale deel van de Hooge Platen blijkt deze ontwikkeling ook uit de RTK meetpunten, waar de bodemhoogte sinds 2009 vrijwel continu toeneemt. In recente jaren wordt bij meerdere punten een vertraging in de ophoging, of zelfs beperkte afname in hoogte waargenomen. Het schor breidt zich hier uit, en op enkele punten wordt in 2019 en 2021 voor het eerst schorvegetatie aangetroffen. Een vergelijkbare ontwikkeling is zichtbaar naar het westen, met continue toename in hoogte, die in recente jaren afneemt. Ook hier wordt bij enkele punten in 2019 en 2021 voor het eerst

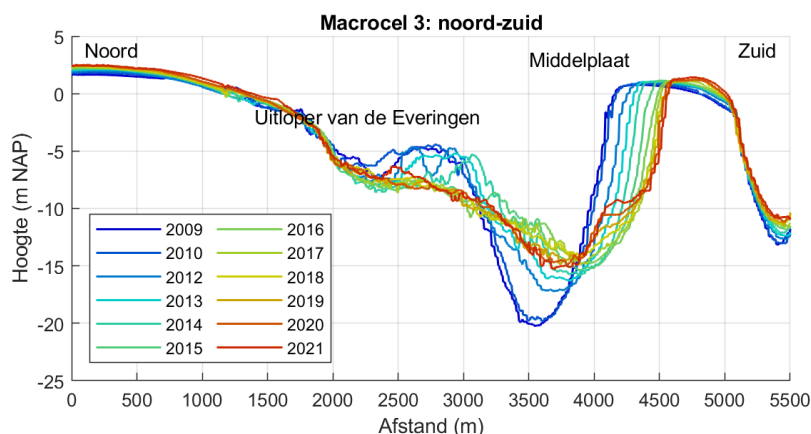
schor waargenomen. Vrijwel alle punten op de Hooge Platen Noord worden slibrijker, met de hoogste lutumgehaltes centraal-zuidelijk op de plaat, en een afname in lutumgehalte naar het noorden en oosten. Het bodemleven langs de noordrand van de Hooge Platen is gemiddeld tot rijk, terwijl dit naar het zuiden op de plaat afneemt. Langs de noordrand en aan de oostkant worden voornamelijk wadpieren waargenomen, terwijl bij de meest westelijke meetpunten een toename van *Corophium* zichtbaar is.

Slikken en schorren

In macrocel 1 bevinden zich de schorranden van Rammekenshoek en Paulinapolder. Ter hoogte van **Rammekenshoek** (bij Vlissingen) groeit het slik licht aan in de afgelopen jaren. In het voorland is er sprake van erosie aan een drempel, die daarnaast ook nog steeds een terugschrijdende trend vertoont. De schorrand is stabiel, maar het schor zelf neemt licht in hoogte af (Jentink en Schrijver, 2022). Bij **Paulinapolder** vindt er in het westelijk deel van het slik erosie plaats sinds 2000, voornamelijk tussen 0,5 tot 1 m NAP. De schorrand is sinds 2000 stabiel, terwijl het lager gelegen slik lichte sedimentatie vertoont sinds 2010 (Jentink en Schrijver, 2022).

3.3.1.2 Macrocel 3

De gemiddelde hoogte van de Middelplaat nam tot begin jaren '90 toe, en blijft sindsdien vrij constant (Figuur 3-42). De oppervlakte van deze plaat neemt sinds lange tijd af, en ook recent zet deze beweging zich door (Figuur 3-42, Figuur 3-43). Aan de oostkant van de Middelplaat is sprake van sedimentatie tussen 2009 en 2021 en dus verhoging van de plaat (Figuur 3-43, A). De westelijke Middelplaat en de Suikerplaat zijn redelijk stabiel gebleven, met lichte erosie aan de westrand van de Suikerplaat. De geul tussen de westelijke en oostelijke Middelplaat (Zuid Everingen) is westwaarts verschoven (B) en daarnaast is deze geul ondieper geworden (Figuur 3-42), de aangrenzende westelijke Geul van de Suikerplaat erodeert.

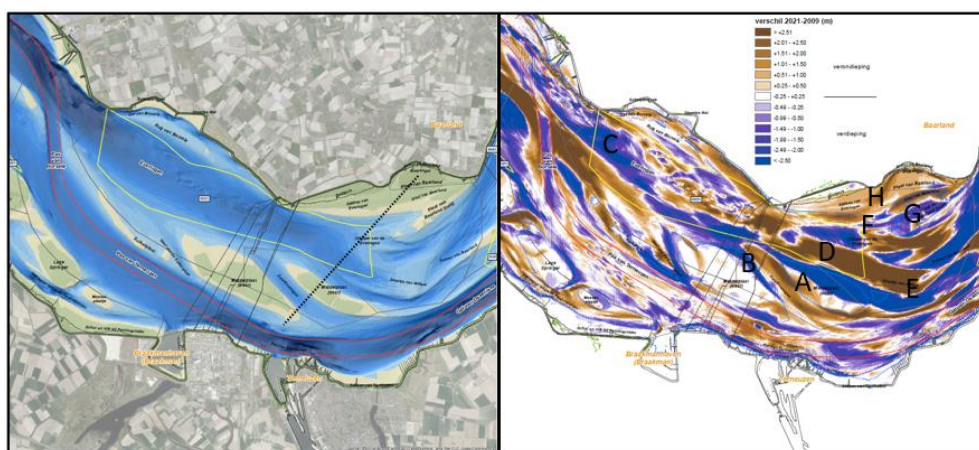


Figuur 3-42: Noord-zuid transect macrocel 3, van Plaat van Baarland door de Uitloper van Everingen tot Middelplaat. De locatie wordt aangegeven in Figuur 3-43.

Het grootste deel van de dynamiek in deze macrocel vindt sinds 2009 plaats in de nevengeul Everingen (Figuur 3-42), met sterke variaties in bathymetrie. In het westen van de nevengeul vindt erosie plaats (C), terwijl het meest oostelijke deel sterke verondieping toont (D, Figuur 3-43). In de nevengeulstortzone SN31 in deze macrocel is tot 2015 vooral gestort in dit meest oostelijke deel, met volumes van ruim 1 Mm³ per jaar, wat mogelijk deels aan de verondieping heeft bijgedragen. Daarnaast is in het oosten van de nevengeul een sterke drempeldynamiek aanwezig die een quasi-cyclisch patroon vertoont, die zich in macrocel 4 verder uit. Hierbij bepaalt de configuratie van het Straatje van Willem (E) ten opzichte van de uitloper van het Middelgat hoe de tussenliggende plaatjes of zandbanken migreren: in de richting van de Middelplaat of in de richting van

de Rug van Baarland. Deze cyclus is beschreven in de morfologische analyse van de dynamiek rond Everingen en Middelgat ; LTV-consortium, 2014). Tussen 2019 en 2021 is te zien hoe de drempel, ter hoogte van Straatje van Willem, in zuidoostelijke richting migreert. Verder ontwikkelt de uitloper van de Everingen zich van 2009 tot 2021 in noordoostelijke richting (F, Figuur 3-43), hierdoor erodeert de zuidelijke Plaat van Baarland (G). De noordkant van deze plaat en slikken van Everingen ondervinden daarentegen sedimentatie (H).

Tussen 2015 en 2021 werd er in het westen van de zone gestort (langs de zuidrand, i.v.m. de aanwezigheid van ankerplaatsen centraal), centraal (op de kabels), en zijn de stortingen in het meest oostelijke deel gestopt. De stortintensiteit is sinds 2016 toegenomen, de stortvolumes zijn voor 2020 en 2021 respectievelijk 1,1 en 1,6 Mm³.



Figuur 3-43: Macrocel 3: Bathymetrie 2021 (boven) en verschilkaart 2021-2009 (onder). Zie ook Bijlage C, C.2. De stippellijn geeft de locatie van het transect weer.

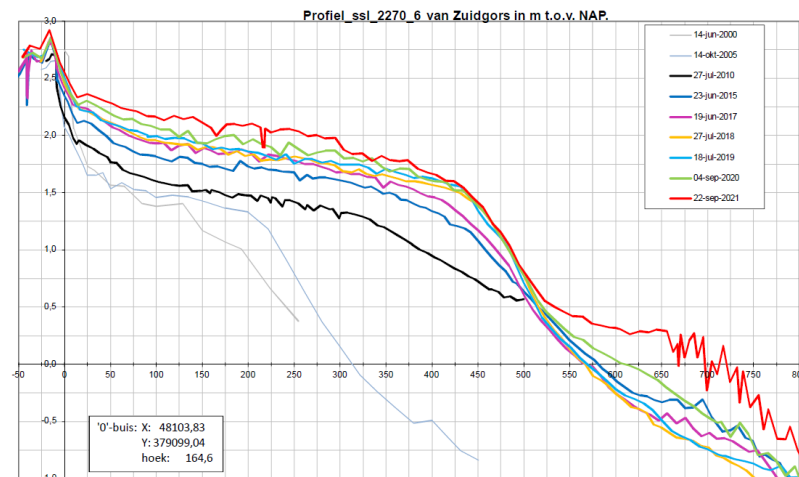
De hoofdgeul zelf is niet erg dynamisch, ook te zien op de verschilkaarten van 2020-2019 en 2021-2020, mede door het onderhoudsbaggeren. Ter hoogte van de Put van Terneuzen is sprake van verondieping; hier worden stortingen uitgevoerd door Sasseaart in het kader van het project Nieuwe Sluis Terneuzen.

Het watervolume van de nevengeul neemt af sinds 2014, maar bevindt zich nog ruim boven de waarschuwingsgrens, zie Bijlage F, F.2. Het volume van de hoofdgeul neemt sinds 2011 toe.

Slikken en schorren

Bij het **Zuidgors** vindt er in het westen reeds lange tijd erosie van het lager gelegen slik plaats, < +1,5 m NAP, met een versteiling van de slikrand als gevolg. Er is ook sprake van enige achteruitgang van de schorrand. In het oostelijke gedeelte, is er sprake van doorgaande lichte sedimentatie van het hoog slik, terwijl het laag slik tussen 2020 en 2021 een sterke verhoging laat zien (Figuur 3-44).

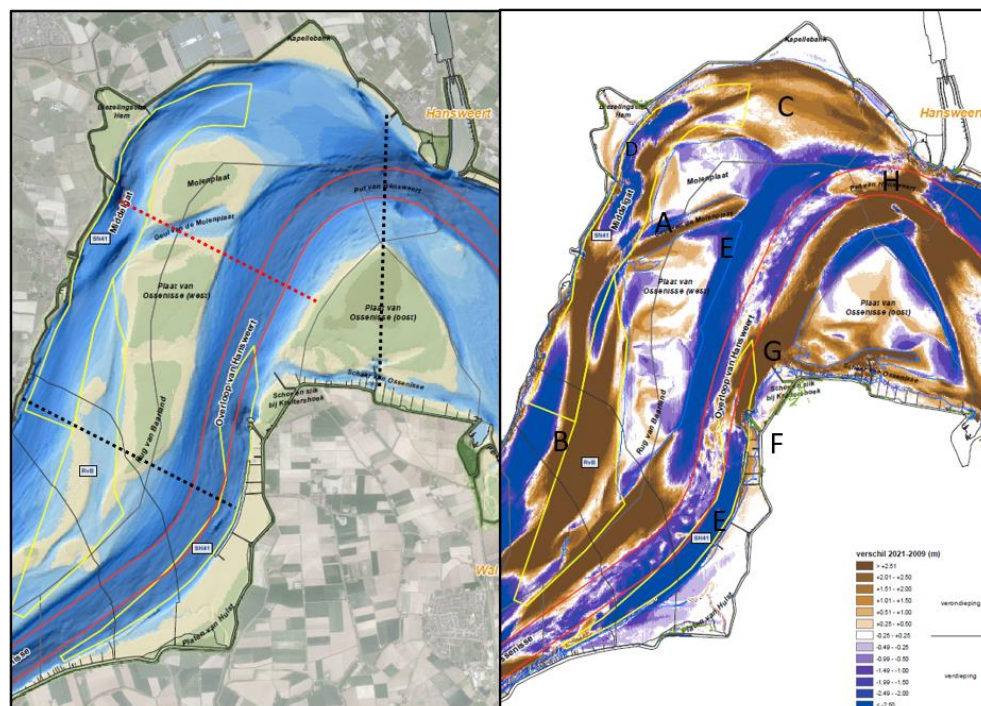
Bij **Baarland** (ten oosten van Zuidgors), is tussen 2015-2021 sterke sedimentatie te zien van de geul, terwijl het slik ook ophooft. In recente jaren is de schorrand bij Baarland geërodeerd en is het schor juist verlaagd (Jentink en Schrijver, 2022).



Figuur 3-44: Schor-slikprofiel 2270 van Zuidgors (Jentink en Schrijver, 2022).

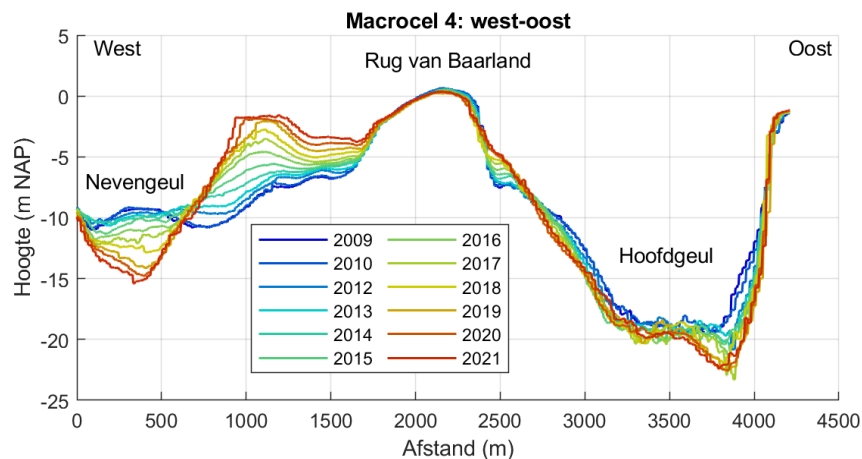
3.3.1.3 Macrocel 4

In macrocel 4 vond midden jaren '80 een functiewissel van hoofd- en nevengeul plaats. In de huidige nevengeul is sindsdien nog altijd sprake van een sedimentatie en een afname van het watervolume. Vanaf 2014 is de dalende trend van het watervolume afgezwakt en sinds 2019 stijgt het volume van de nevengeul weer, waarbij het nu rond de 5-jarige ondergrens ligt, zie Figuur 3-47. De Rug van Baarland en Molenplaat laten afwisselingen van sedimentatie en erosie zien (Figuur 3-45). De oostrand van de Rug van Baarland en de rand van de Plaat van Ossenisse eroderen. De Geul van de Molenplaat, die de Rug van Baarland doorsnijdt, roteert met de klok mee (A), zichtbaar als erosie bij de zuidrand van de Molenplaat en sedimentatie aan de noordzijde van Rug van Baarland.



Figuur 3-45: Macrocel 4: Bathymetrie 2021 (links) en verschilkaart 2021-2009 (rechts). Zie ook Bijlage C, C.3. De stippenlijnen geven de locaties van de transecten weer.

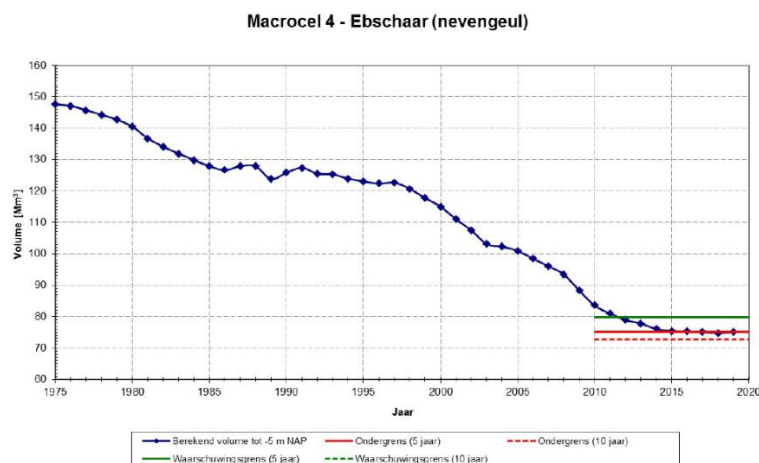
In de nevengeul in het westen van de macrocel is sprake van sterke autonome sedimentatie tegen de zuidwestelijke rand van de Rug van Baarland (Figuur 3-46). Dit is voornamelijk het geval in het zuidelijke uitloopgebied van het Middelgat (B). De stortingen van in totaal 1,3 Mm³ in de plaatrandstortzone van Rug van Baarland hebben beperkt bijgedragen aan de verondieping bij B en zijn in 2012 stopgezet. Ook is er aan de noordkant van het Middelgat (C) sedimentatie zichtbaar. Naast de sedimentatie aan de zuidwestzijde van de Rug van Baarland is een omgekeerde beweging zichtbaar in het meer westelijke deel van de nevengeul, die sinds 2009 is verdiept (Figuur 3-46).



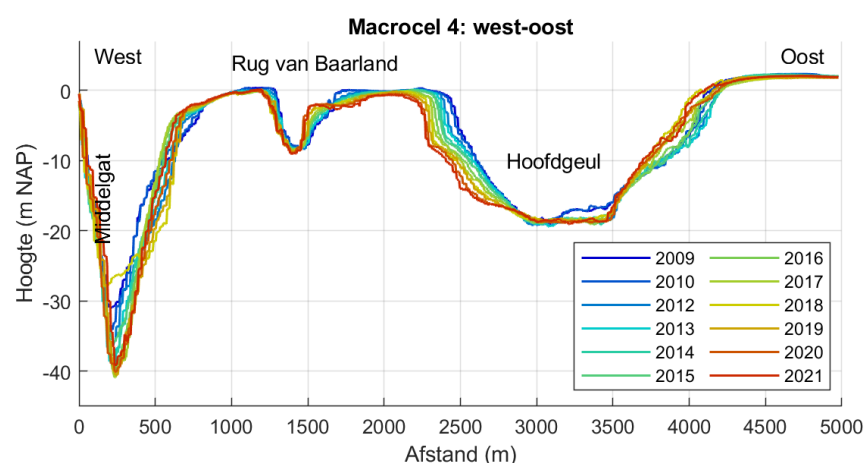
Figuur 3-46: West-oost transect macrocel 4 door het zuidelijke deel van de Rug van Baarland. De locatie wordt aangegeven in Figuur 3-45.

In het Middelgat nabij Biezelingse Ham is sprake van een sterke erosie-sedimentatie dynamiek (D). In 2018 vond hier een plaatval plaats, die leidde tot een sterke verondieping. In 2020 en 2021 is dit sediment weer geërodeerd en is de geul opnieuw verdiept (Figuur 3-48). Daarnaast is te zien dat de hoofdgeul de oostrand van de Rug van Baarland erodeert (E, Figuur 3-45, Figuur 3-48).

In de hoofdgeul van macrocel 4 is de belangrijkste stortzone sinds de derde verruiming, stortzone SH41, gelegen. Hier werd sinds de derde verruiming 37 Mm³ sediment gestort. Slechts 15 tot 20 % van de gestorte sedimenten worden nog in het gebied aangetroffen, wat onder andere wordt veroorzaakt door de hoogdynamische omstandigheden rond de Nol van Ossensisse (F). Ten noorden van de Nol van Ossensisse, voor het schor en slik bij Knuitershoek (G), langs de Plaat van Ossensisse en in de Schaar van Ossensisse vindt over recentere jaren sedimentatie plaats die mogelijk het gevolg is van deze stortingen (Figuur 3-48, Figuur 3-49).

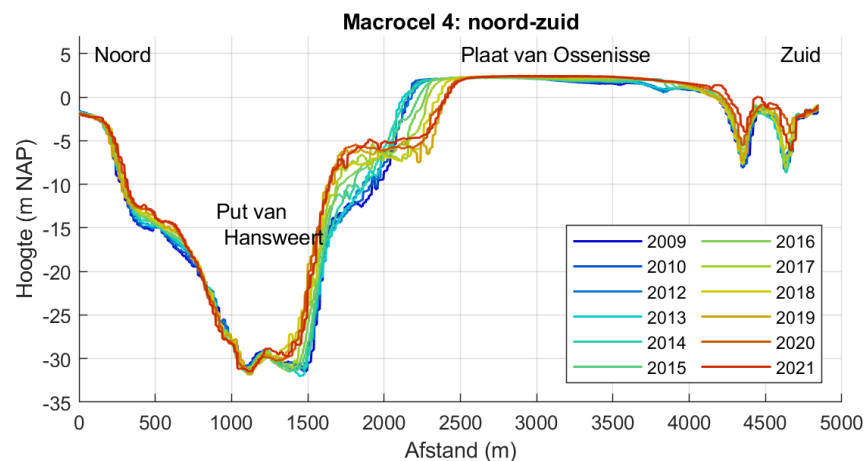


Figuur 3-47: Netto volume ebschaar in Macrocel 4 (Schrijver, 2022).



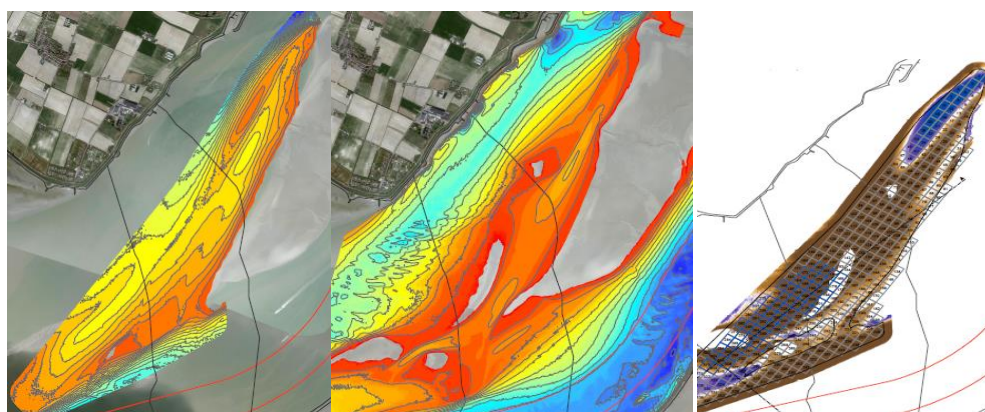
Figuur 3-48: West-oost transect macrocel 4 van Middelgat door het noordelijke deel van de Rug van Baarland tot de Plaat van Ossensisse. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-45.

Bij de Put van Hansweert is sprake van een complexe sedimentdynamiek door het samenkomen van de hoofdgeul en nevengeul (H). Langs de binnenbocht bij de Plaat van Ossensisse komt er netto sedimentatie voor (Figuur 3-45, Figuur 3-48 en Figuur 3-49), die mogelijk gedeeltelijk wordt veroorzaakt door de stortingen nabij de Nol van Ossensisse en de proefstortingen in de Put van Hansweert zelf. In de binnenbocht van de hoofdgeul komen bij de Plaat van Ossensisse regelmatig plaatvallen voor. In 2019 en 2021 werden stortingen uitgevoerd in de Put van Hansweert zelf (zie ook Sectie 3.3.1.4), wat ook gezorgd heeft voor (tijdelijke) verondiepingen in de hoofdgeul, te zien op verschilkaart 2021-2020 (Bijlage C, C.3). De Plaat van Ossensisse is sterk geërodeerd aan de randen, waardoor het areaal van de plaat boven de 0 m NAP is afgenomen (Figuur 3-49). Ter hoogte van de -5 m NAP lijn is daarentegen sedimentatie zichtbaar waar tussen de hoofdgeul en de plaat een plateau is gevormd. De diepere geulwand is verder van de Plaat van Ossensisse komen te liggen, aan de noordzijde van de hoofdgeul is niet een vergelijkbare beweging zichtbaar, waardoor over het algemeen de natte sectie afneemt.



Figuur 3-49: Noord-zuid transect macrocel 4 van Put van Hansweert naar de Plaat van Ossensisse. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-45.

Rug van Baarland



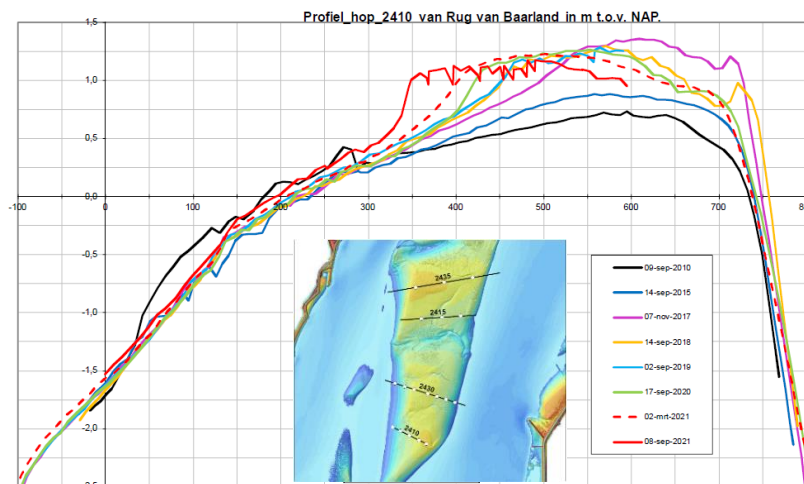
Figuur 3-50: Bathymetrie van plaatrandstortzone Rug van Baarland (links 2010, midden mei 2021) en de verschilkaart met 2010, zie Bijlage E. Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

De plaatrandstortzone Rug van Baarland is gelegen langs het Middelgat. Het werd enkel in de eerste twee vergunningsjaren als stortzone ingezet, in verband met bezorgdheid over de autonome sedimentatie, die in het Middelgat zou leiden tot een te sterke afname van het nevengeulvolume, wat ook daadwerkelijk werd waargenomen, zie Figuur 3-47.

De monitoring van de plaatrand wordt wel in de maandelijkse rapportages voor het Overleg Flexibel Storten opgenomen, en laat zien dat sinds het beëindigen van de stortingen, de sedimentatie binnen de stortzone verder is doorgegaan: in de zone is 1,3 Mm³ sediment gestort, en 13,6 Mm³ sedimentatie opgetreden tot mei 2021, het moment van de laatste peiling (IMDC, 2022c). De sedimentatie is het sterkst in de diepe delen, aan de zijde van de nevengeul (Figuur 3-50). Dichter naar de plaatrand is de sedimentatie zeer beperkt of zelfs afwezig. Lokaal is erosie zichtbaar, langs het Gat van Ossensisse en aan de buitenzijde van de noordelijke zand tong. De ontwikkeling wordt vooral gestuurd door de migratie van zandbanken vanuit het drempelgebied van de Everingen (macrocel 3) naar de zuidelijke delen van het Middelgat, om zo aansluiting te vinden tegen de Rug van Baarland.

Op de plaat zelf vindt zowel erosie als sedimentatie plaats, zoals te zien is in de RTK raaien. De raai op het meest zuidelijk deel van de plaat toont een westelijke verplaatsing van de plaat over recente jaren, met lichte sedimentatie langsheen de westelijke

plaatrand en sterke sedimentatie bovenop de plaat naar het westen (Figuur 3-51). Aan de oostzijde vindt juist erosie plaats, zowel op de plaat als langs de plaatrand.

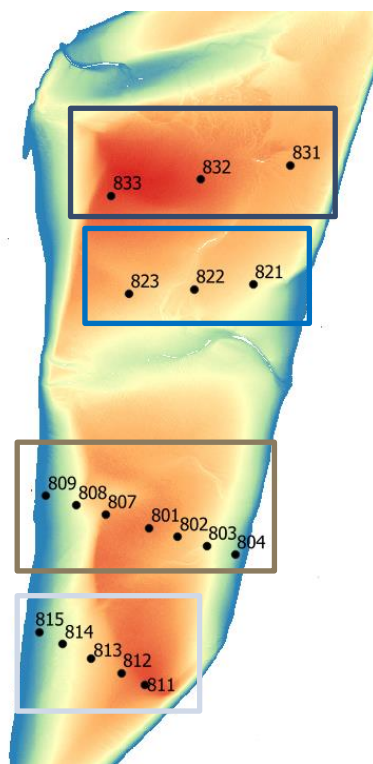


Figuur 3-51: RTK-raai 2410 op de Rug van Baarland (Jentink en Schrijver, 2022).

Verder naar het noorden op de plaat vindt er aan de westkant sedimentatie plaats met een verbreding van de plaat als gevolg, midden op de plaat is er lichte erosie op te merken, en de oostkant is de laatste jaren stabiel. Bij de meest noordelijke RTK raai is erosie te zien aan zowel de oostelijke als westelijke plaatrand, wat uiteindelijk leidt tot een versmalling van de plaat en steilere plaatranden. Op de plaat zelf vindt lichte sedimentatie plaats, in het oostelijke gedeelte is sedimentatie sterker (Jentink en Schrijver, 2022).

Op het noordelijke en centraal-noordelijke deel van de Rug van Baarland is de bodemligging vrijwel constant gebleven hoog op de plaat, en neemt deze toe aan de oostrand. Het lutumgehalte op deze helft van de plaat is laag. Het bodemleven is afgenomen in het meest noordelijke gedeelte, voornamelijk centraler op de plaat, waar occasioneel kokkels, corophium en wadpieren worden aangetroffen. Centraal-noordelijk is het bodemleven nog steeds rijk midden op de plaat en neemt deze af naar de oostelijke rand toe, hier worden kokkels en wadpieren aangetroffen.

In het zuidelijke deel van de plaat wordt opgemerkt dat er aan de zuidooststrand erosie plaatsvindt. Centraler op de plaat is er weinig variatie in bodemligging, terwijl er aan de zuidelijke westrand in recente jaren sedimentatie plaatsvindt. De zuidelijke westrand is in recente jaren slibrijker geworden, met een toename van het lutumgehalte als gevolg, het bodemleven is er rijk, met sterke aanwezigheid van kokkels en wadpieren. Centraal, in de zuidelijke helft van de plaat, is het bodemleven gemiddeld tot rijk, en worden er kokkels en wadpieren waargenomen. Aan de oostrand is er geen bodemleven aanwezig.



Figuur 3-52: Ligging van de meetpunten op de Rug van Baarland. De meetpunten zijn onderverdeeld in de noordelijke (donkerblauw), centraal-noordelijke (blauw), centraal-zuidelijke (bruin), en zuidelijke (grijs) punten.

Slikken en schorren

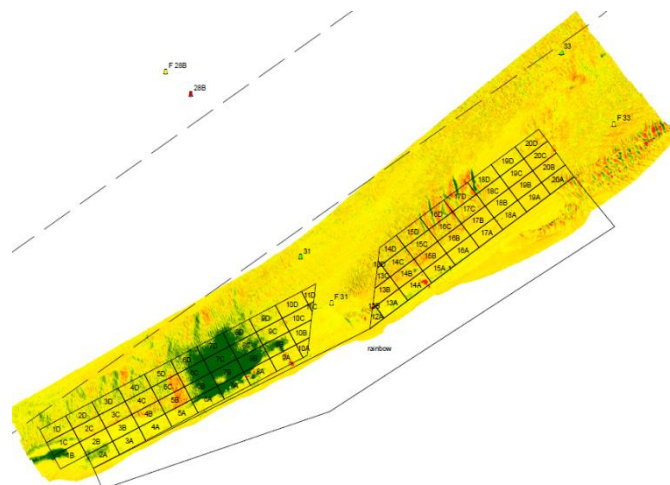
Bij de **Platen van Hulst** vindt lichte sedimentatie plaats aan de schorrand, terwijl het gehele slik verlaagt. Bij **Biezelingse Ham** is de schorrand stabiel, nadat deze zich tussen 2000 en 2010 iets had teruggetrokken. Het slik bij Biezelingse Ham vertoont lichte erosie (Jentink en Schrijver, 2022).

Bij **Knuiter shoek** (Ossensisse) breidt het slik zich sinds 2015 voorwaarts uit. Het hoge en lage slik erodeert wel nog altijd, terwijl op het schor sprake is van sedimentatie (Jentink en Schrijver, 2022).

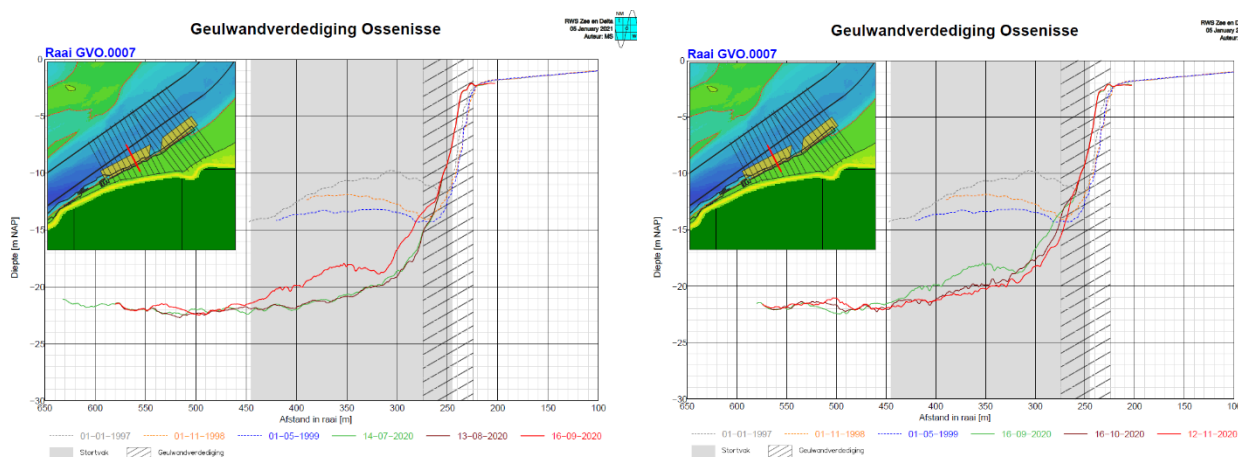
Geulwand van Ossensisse

De geulwandverdediging bij Ossensisse bestaat uit twee delen, Ossensisse I in het noorden, en Ossensisse II in het zuiden. Daartussen is een zone waar de geulwand niet verdedigd is. Enkel voor de zone Ossensisse II is data beschikbaar voor 2020 en 2021.

Vanaf 1997 is een enorme erosie ontstaan aan de vooroever ter hoogte van de de geulwand van Ossensisse. Bij Ossensisse II wordt sinds 2014 regelmatig materiaal van het onderhoudsbaggeren gestort om erosie van de geulwandverdediging tegen te gaan. Jaarlijks wordt er op deze locatie 0,4 Mm³ gestort, dit was ook in 2020 en 2021 het geval. Het effect van deze stortingen is steeds duidelijk zichtbaar in de bathymetrische vershilkkaarten, bijvoorbeeld tussen 13 augustus 2020 en 16 september 2020 (Figuur 3-53), en hoogteligging van de transecten (Figuur 3-54, links). Na 3 tot 6 maanden is het gestorte volume over het algemeen vrijwel volledig geërodeerd, en niet meer zichtbaar in de profielen (Figuur 3-54, rechts).



Figuur 3-53: Verschilkaart situatie van de geulwandverdediging Ossenisse II, tussen 13 augustus 2020 en 16 september 2020 waarbij de groene kleur de verondieping weergeeft.



Figuur 3-54: Profiel van geulwandverdediging ter hoogte van Ossenisse II, raai 0007. De rode lijn geeft meest recente meting weer (links: 16 september 2020, rechts: 12 november 2020, (Rijkswaterstaat, 2020)).

Proefstortzone Inloop van Ossenisse

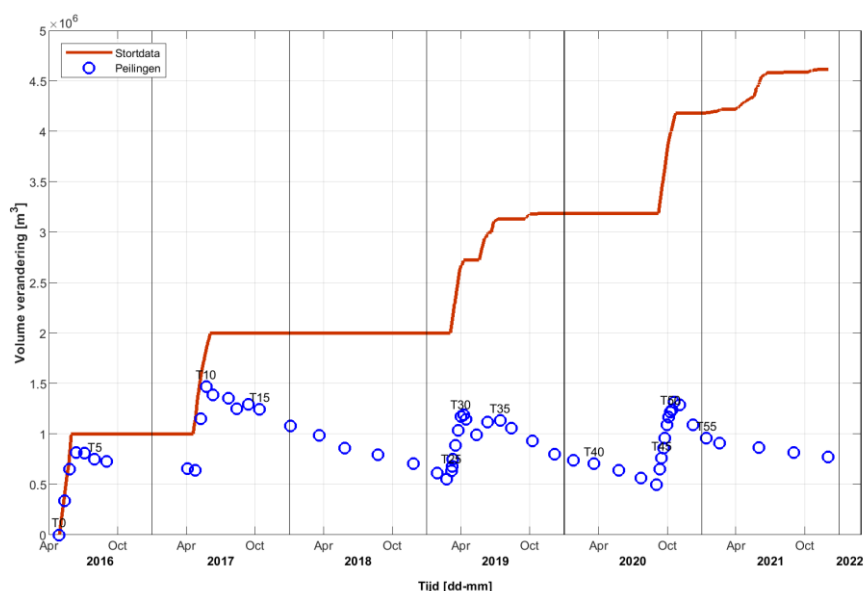
Bij de Inloop Ossenisse zijn vier proefstortcampagnes uitgevoerd van ca. 1 Mm³ sediment, in april-mei 2016, april-juni 2017, maart-juni 2019 en september-oktober 2020 (Deltares en IMDC, 2018; IMDC, 2018a, 2021b, 2021c). Tijdens de eerste twee campagnes werd materiaal in het oostelijke deel van de stortzone gestort, langs de buitenbocht van de vaargeul. Tijdens de daaropvolgende twee campagnes werd het materiaal eerst in het westelijke deel ebgedomineerde deel gestort, en daarna in het vloedgedomineerde oostelijk deel. De verschillende locaties hadden als doel om verschillen in verspreidingsgedrag te identificeren. Naast de multi-beam peiling van de hele stortzone, zijn er ook verschillende aanvullende metingen (stroming en sedimenttransport) gerapporteerd.

Op basis van de uitgevoerde peilingen voor en na de stortingen kan een beeld worden verkregen van enerzijds het verlies aan materiaal tijdens het storten, als ook de stabiliteit van de gestorte specie op langere termijn (Figuur 3-55 en Tabel 3-7).

Een deel van het sediment wordt tijdens het kleppen meegevoerd door de turbulente stroming en bereikt dus nooit de bodem, en deels erodeert het sediment vermoedelijk zeer snel in de eerste uren nadat het op de bodem is afgezet, bijvoorbeeld omdat de

bodem waarop gestort wordt uit moeilijk erodeerbaar sediment (klei- of veenlaag) bestaat. Deze initiële stabiliteit ligt in de Inloop van Ossensisse tussen de **75 en 85%**. Dat wil zeggen dat er tijdens de stortingen 15 tot 25% van de gestorte specie niet meer in de meetpolygoon aanwezig is. De verliezen in de eerste twee campagnes zijn daarbij (iets) groter dan bij de laatste twee campagnes. Initieel beweegt het sediment vooral dwars op de stroming, waarbij de richting afhankelijk is of het een storting nabij de binnenbocht of buitenbocht betreft. Bij hoge stroomsnelheden speelt ook het moment van storten ten opzichte van de getijfase een rol (IMDC, 2021c).

Op basis van de analyses van de bodempeilingen wordt vastgesteld dat na een periode van ongeveer een jaar nog **15 tot 35%** in de polygoon aanwezig, met uitzondering van de eerste stortcampagne, waarbij de stabiliteit na 1 jaar 65% bedroeg. Ten opzichte van de To peiling (april 2016) is berekend dat eind 2021 minder dan 20% van het volume van de vier stortcampagnes samen nog binnen de polygoon aanwezig is (zie ook Figuur 3-55). In geval van de oostelijke stortzones migreert het gestorte sediment hoofdzakelijk in opwaartse richting, zoals ook vooraf werd verwacht (IMDC, 2017c). Ook in de westerlijke stortvakken uit de campagne van 2019 beweegt het sediment in de richting van de vloedstroom, dus in opwaartse richting (IMDC, 2021b). Deel van het sediment verplaatst zich eerst ook in dwarsrichting naar de diepere delen van de geul. In Plancke *et al.* (2020) wordt op basis van een analyse van de onderhoudsvolumes geconcludeerd dat er op de aangrenzende drempels evenwel geen toename vastgesteld kan worden van het onderhoud.

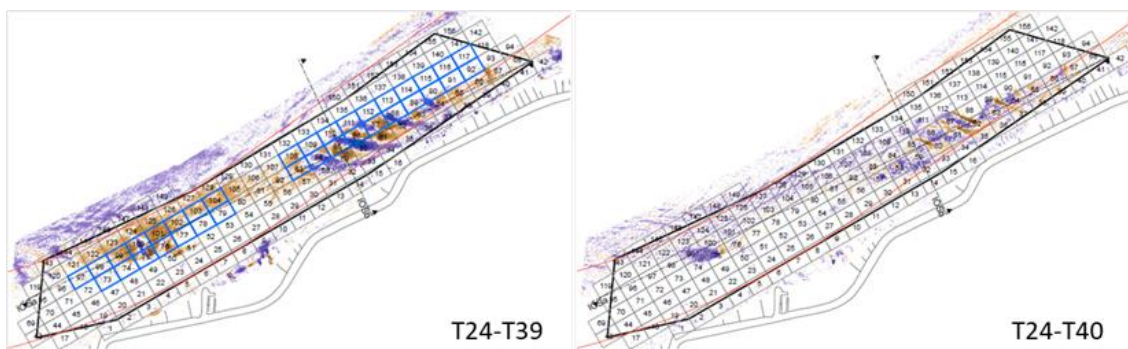


Figuur 3-55: Tijdsverloop van het cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van To) voor de proefstortzone Inloop van Ossensisse.

Tabel 3-7: Stabiliteit Proefstortcampagnes Inloop van Ossensisse

	Referentiepeiling	Tweede peiling	Netto peil- volume [m ³]	Gestort volume [m ³]	Stab. Perc.	Locatie
1 ^e storting	28-Apr-16 (T0)	13-Mei-16 (T3)	818 452	997 923	82%	Noordoost zijde, aan buitenbocht
Na ~1 jaar		4-Apr-17 (T7)	655 796	997 923	66%	
2 ^e storting	4-Apr-17 (T7)	12-Jun-17 (T11)	729 804	999 394	73%	Noordoost zijde, aan buitenbocht
Na ~1 jaar		21-Mrt-18 (T17)	333 156	999 394	33%	
3 ^e storting	23-Feb-19 (T24)	09-Apr-19 (T31)	633 681	726 112	87%	Westelijk deel van de stortzone (eb gedomineerd)
Na 5 maand		15-Jul-19 (T35)	581 598	1 131 590	51%	
Na ~1 jaar		26-Jan-20 (T39)	185 158	1 186 551	16%	
4 ^e storting	02-Sept-20 (T43)	15-Okt-20 (T52)	820 656	945 711	87%	Oostelijk deel van de stortzone (vloed gedomineerd)
Na 5 maand		17-Feb-21 (T56)	416 631	998 963	42%	
Na 1 jaar		02-Sept-21 (T58)	321 507	1 400 770	23%	

Daarnaast werd bij de Inloop van Ossensisse in het kader van de Nieuwe Sluis Terneuzen ca. 187 000 m³ gestort van juni tot oktober 2019, in het oostelijke deel van de zone. In 2021 werd er opnieuw circa 400 000 m³ gestort. Ook deze sedimenten bewegen hoofdzakelijk in oostelijke, opwaartse richting (Figuur 3-56). Over het algemeen is sprake van een snelle afname van het gestorte volume.



Figuur 3-56: Morfologische veranderingen bij de proefstortzone Inloop van Ossensisse. De blauwe vakken geven de gebruikte stortvakken aan.

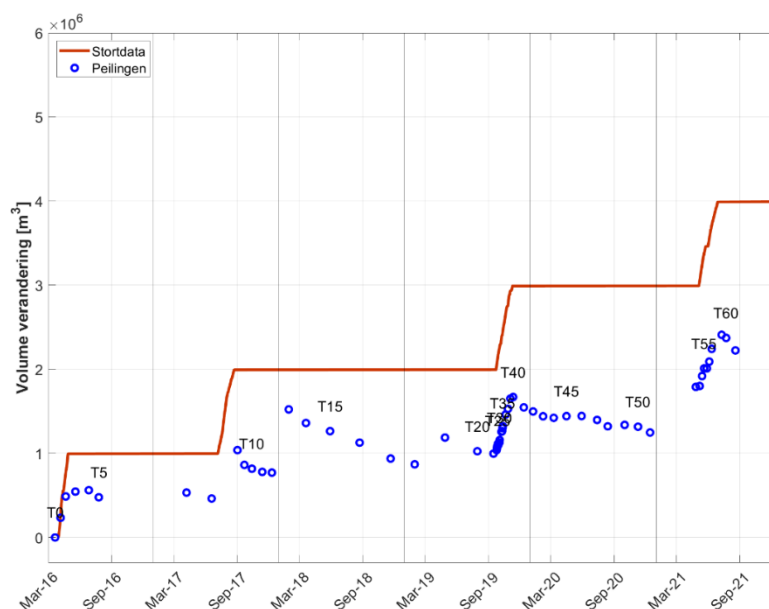
3.3.1.4 Proefstortzone Put van Hansweert

In maart-april 2016, juli-augustus 2017, september-oktober 2019, en mei-juni 2021 werden vier proefstortcampagnes uitgevoerd in de diepe Put van Hansweert, waarbij telkens ca. 1 Mm³ sediment werd gestort (Plancke *et al.*, 2017a, pagina 23, 2020c, 2020b, 2020a; Deltares en IMDC, 2018; IMDC, 2018a, 2021b, in voorbereiding; Plancke en Meire, 2022). De eerste twee campagnes werden uitgevoerd in het centrale, diepste deel van de geul. In de derde campagne werd er op twee locaties gestort: langs de noordrand van de vaargeul, nabij de haven van Hansweert, en centraal aan de binnenbocht. Bij de vierde campagne werd de noordwestzijde van de stortzone bestort, juist buiten de vaargeul. De verschillende locaties hadden als doel om verschillen in verspreidingsgedrag te identificeren. Naast de (reguliere) multi-beam peiling van de hele stortzone, zijn er ook verschillende aanvullende (stromings- en sedimenttransport) metingen gerapporteerd.

Op basis van de uitgevoerde peilingen voor en na de stortingen wordt een beeld worden verkregen van enerzijds het verlies aan materiaal tijdens het storten, als ook de stabiliteit van de gestorte specie op langere termijn (Figuur 3-57 en Tabel 3-8).

Een deel van het sediment wordt tijdens het kleppen meegevoerd door de turbulente stroming en bereikt dus nooit de bodem, en deels erodeert het sediment vermoedelijk zeer snel in de eerste uren nadat het op de bodem is afgezet, bijvoorbeeld omdat de bodem waarop gestort wordt uit moeilijk erodeerbaar sediment (klei- of veenlaag) bestaat. Deze initiële stabiliteit ligt in de Put van Hansweert tussen de **55 en 70%**. Dat wil zeggen dat er tijdens de stortingen 30 tot 45% van de gestorte specie niet meer in de meetpolygoon aanwezig is. De verliezen in het centrale deel zijn daarbij (iets) groter dan langs de rand van de vaargeul. Ook uit een vergelijking van de mediane korrel diameter van beunstalen en bodemstalen blijkt dat een deel van de fijne sedimentfractie uit het beun niet meer op de bodem worden terug gevonden (Plancke *et al.*, 2020b).

Door het optreden van (meerdere) plaatvallen langs de zuidrand van de peilzone gedurende de observatieperiode, geeft de stabiliteit op langere termijn geen objectief beeld. Op basis van de resultaten lijkt het dat na een periode van 6 tot 12 maanden er nog **30 tot 45%** in de polygoon aanwezig is. Ten opzichte van de To peiling (maart 2016) is berekend dat op het begin 2022 (T62) nog circa 52% van het volume van de vier stortcampagnes samen nog binnen de polygoon aanwezig is (zie ook Figuur 3-57).



Figuur 3-57: Tijdsverloop van het cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van To) voor de proefstortzone Put van Hansweert.

Tabel 3-8: Stabiliteit Proefstortcampagnes Diepe Put van Hansweert

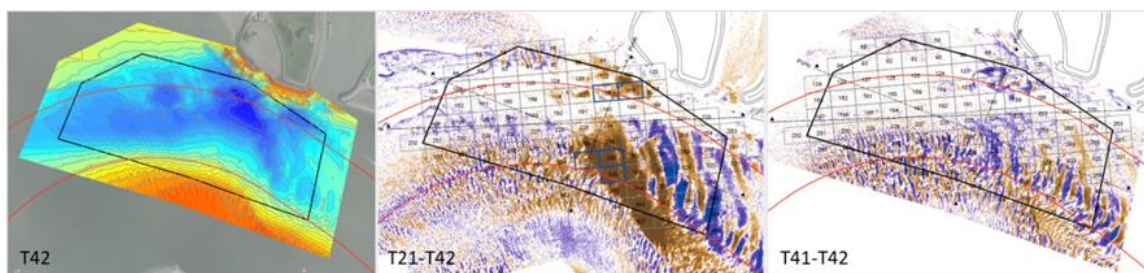
	Referentiepeiling	Tweede peiling	Netto peil- volume [m³]	Gestort volume [m³]	Stab. Perc.	Locatie
1 ^e storting	21-Mrt-16 (T0)	27-Mei-16 (T4)	561 538	994 751	56%	Centraal diep
Na ~1 jaar		7-Apr-17 (T6)	533 002	994 751	54%	
2 ^e storting	19-Jun-17 (T7)	2-Sept-17 (T8)	575 411	998 588	58%	Centraal diep
Na 6 mnd*		11-Dec-17 (T12)	308 069	998 588	31%	
3 ^e storting	16-Sep-19 (T21)	12-Nov-19 (T40)	672 912	996 712	68%	Rand vaargeul bij Hansweert; binnen- bocht centraal
Na ~1 jaar		13-Aug-20 (T48)	324 317	996 712	33%	
4 ^e storting	26-Apr-21 (T52)	10-Jul-21 (T59)	619 577	999 214	62%	Noordwest zijde, buiten de vaargeul
Na 9 maand		1-Feb-22 (T62)	269 177	999 214	27%	

* na T12 vond grote plaatval plaats

Tijdens de derde stortcampagne werd in de eerste periode van stortingen met hoge frequentie (dagelijks) gepeild. Dit liet toe om de ontwikkeling van de stabiliteit van de gestorte specie op korte termijn te volgen. De specie die in de diepste zone van de Put van Hansweert werd gestort verplaatste vrijwel direct buiten de gebruikte stortvakken, terwijl bij de ondiepere stortvakken aan de binnenbocht meer sediment aanwezig bleef op de korte termijn. Tijdens de stortingen lag de stabiliteit ten opzichte van T21 (16/09/2019) over het algemeen tussen de 60 en 70%. Na afloop van de stortingen nam de stabiliteit af, en deze lag na ongeveer 1 jaar op 33% ten opzichte van T21.

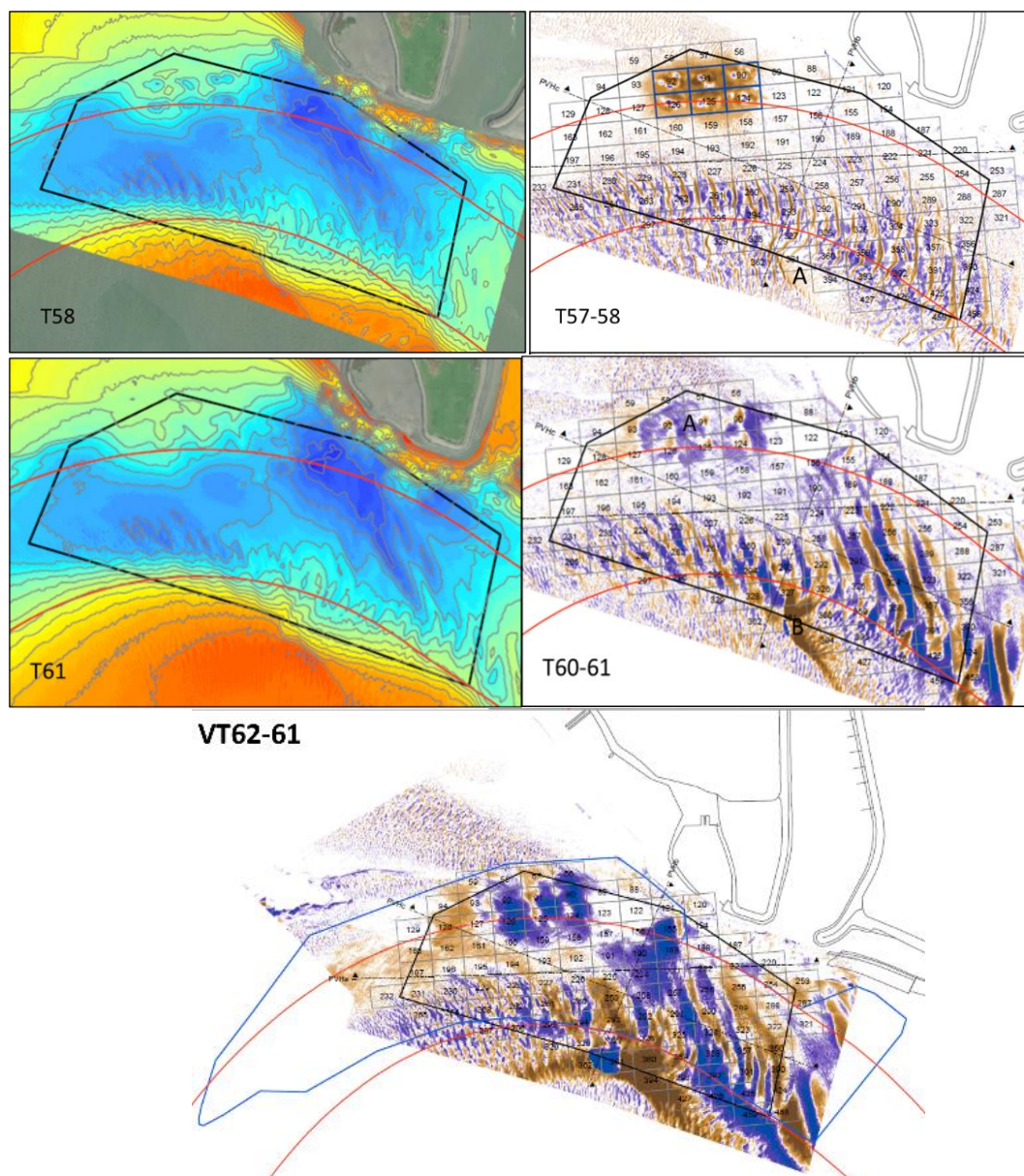
Uit de peilingen kan verder worden geconcludeerd dat het sediment dat in het zuidelijk deel van de Put van Hansweert wordt gestort, grotendeels terecht kwam op de zuidrand van de put, in de binnenbocht (Figuur 3-58). Aan de binnenbocht vinden regelmatig zettingsvloeiingen (plaatvallen, herkenbaar aan een verticale sprong in Figuur 3-57 zonder dat stortingen zijn uitgevoerd) plaats, waarbij het sediment vanuit de binnenbocht terug de diepe put in vloeit. Ongeveer 30% van de stortingen verplaatst zich tijdens of zeer snel na de stortingen, en de andere 70% verplaatst zich over een tijdsspanne van ca. 1 jaar. Op de bodem van de diepe put zelf blijft ter hoogte van de stortlocatie na 1 jaar nagenoeg geen sediment aanwezig.

In Plancke *et al.* (2020) en Plancke *et al.* (2020) wordt geconcludeerd dat er niet vast gesteld kan worden dat de proefstortingen hebben geleid tot een verhoogde sedimentatie ter hoogte van de Drempel van Hansweert. De sedimentiepatronen langs de oostrand van de Platen van Ossensisse op de rand van de vaargeul zijn vergelijkbaar met de voorgaande jaren. Merk op dat er langs de binnenbocht reeds frequent werd gebaggerd en dat er in de gebaggerde zone versnelde sedimentatie optreedt.



Figuur 3-58: Morfologische veranderingen in de proefstortzone Put van Hansweert.

De vierde stortcampagne was vooral gericht op het onderzoeken van sedimentstromen richting de nevengeul van macrocel 4 (het Middelgat). Figuur 3-59 toont de locatie van de stortingen, alsook de bodemveranderingen die in de periode erna plaats hebben gevonden. Peiling T58 vond plaats juist na des stortingen waardoor verondieping in de gebruikte stortvakken goed zichtbaar is. In de verschilpeiling T60-T61 en T62-T61 is verdere erosie van de gestorte specie zichtbaar als ook de verspreiding ervan.



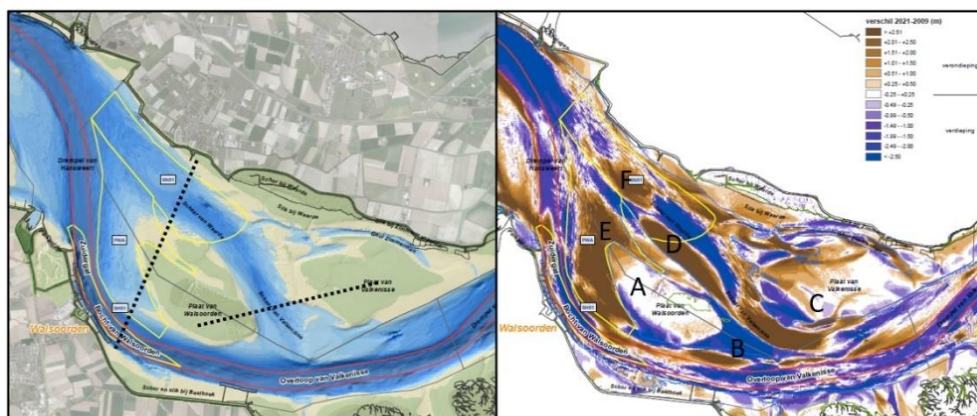
Figuur 3-59: Morfologische veranderingen in de proefstortzone Put van Hansweert tijdens de 4^e stortcampagne (tussen 4 en 11 juni, T57 en T58) en erna (tussen 23 juli (T60), 19 augustus (T61) en 1 februari 2022 (T62)). Blauwe vakken zijn de gebruikte stortvakken.

Verspreiding blijkt vooral in zuidoostelijke richting plaats te vinden (T62-T61) waar er direct naast de stortzone sedimentatie en verder afwaarts sedimentatie zichtbaar is. Opvallend is ook de verdieping in het centrale deel van de put in deze periode. In het figuur zijn ook zettingsvloeiingen zichtbaar die optreden aan de plaatrand. Op basis van de peilingen kan niet uitgesloten worden dat een deel van het gestorte materiaal zich ook via suspensie of bodemtransport naar het Middelgat beweegt. Ook op basis van een gerichte meetcampagne aan de ingang van het Middelgat bleek het niet met zekerheid

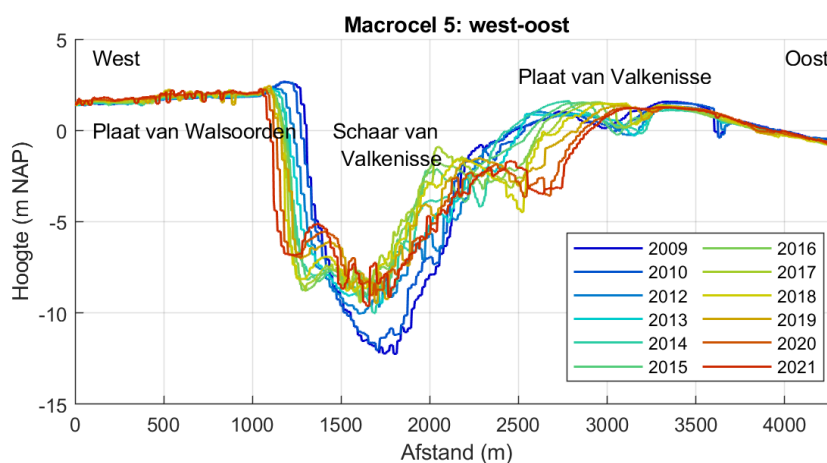
vast te stellen dat tijdens en vlak na de stortcampagne het sedimenttransport richting de nevengeul toenam (Plancke en Meire, 2022). Variaties binnen het getij en onzekerheden in de berekeningsmethode bleken even groot of groter dan de te verwachten veranderingen in sedimenttransport door de stortingen.

3.3.1.5 Macrocel 5

In **macrocel 5** vindt sinds 2009 een geleidelijke ophoging van de Plaat van Walsoorden plaats (Figuur 3-60, A). Er is wel sprake van sterke geometrische veranderingen aan de Plaat van Walsoorden en naastgelegen nevengeul. De Schaar van Valkenisse migreert naar het westen (Figuur 3-61), hierdoor wordt de Plaat van Walsoorden aan de zuidoostkant geërodeerd (B, Figuur 3-60), waar de Schaar van Valkenisse samenkomt met de Overloop van Valkenisse. De aangroei in zuidwestelijke richting van de Plaat van Valkenisse, die in de vorige rapportage periode (IMDC, 2020a) werd vastgesteld, heeft zich in de voorbije twee jaar omgezet in een verdieping in zuidoostelijke richting door erosie van de plaatrand. Dit creëert meer ruimte voor de Schaar van Valkenisse. Wel groeit de Plaat van Valkenisse tussen 2019 en 2021 naar het noordwesten aan. Aan de noordoostzijde van de Plaat van Walsoorden is er nog steeds sprake van aangroei en sedimentatie (D, zie ook Bijlage C, C.4). Hier beweegt de Schaar van Waarde naar het oosten en groeit de plaat in die richting uit.

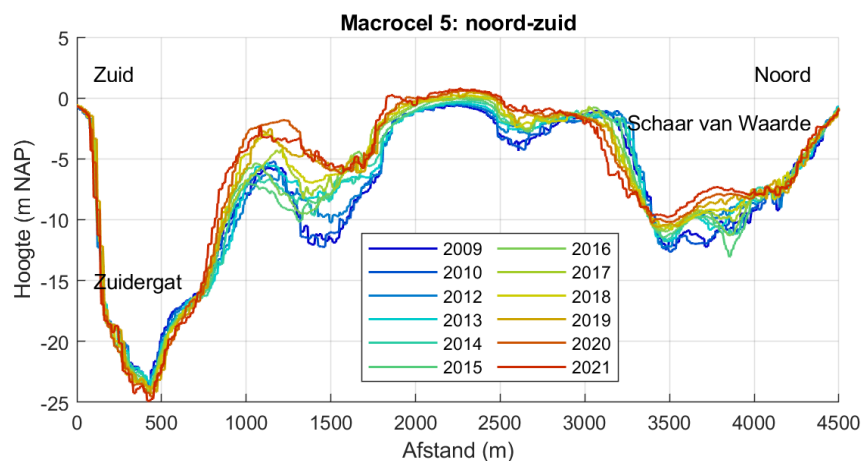


Figuur 3-60: Bathymetrie 2021 (links) en verschilkaart 2021-2009 (rechts). Zie ook Bijlage C, C.4. De stippellijnen geven de transecten weer.

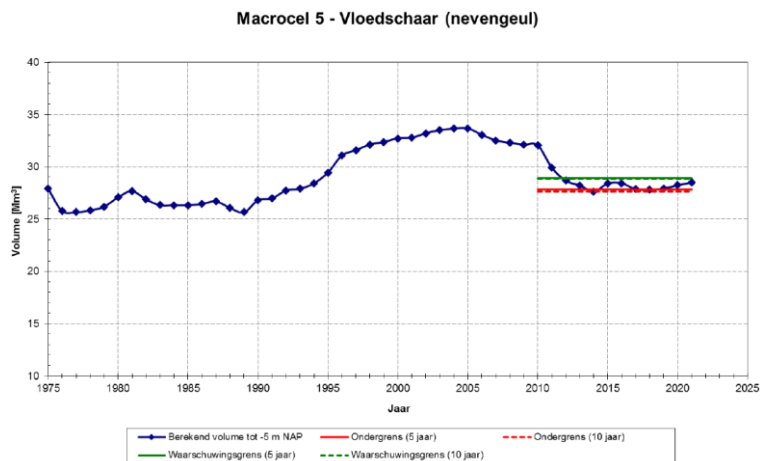


Figuur 3-61: West-oost transect macrocel 5 van de Plaat van Walsoorden naar de Plaat van Valkenisse. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-60.

Aan de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden worden plaatrandstortingen uitgevoerd. Hier is een zone van sterke verondieping zichtbaar (E, Figuur 3-60). Ten noordoosten van deze zone is sprake van verondieping in de Schaar van Waarde (F, Figuur 3-60 en rechts in Figuur 3-62). Deze is voornamelijk opgetreden in een initiële toename tussen 2010 en 2012, dewelke zeer waarschijnlijk veroorzaakt is door de stortingen die in diezelfde periode zijn uitgevoerd in stortvak SN51 (ca. 3,0 Mm³), en recente verondiepingen sinds 2019. Na het uitvoeren van de stortingen bleek de stortcapaciteit (opruimcapaciteit) van de nevengeul kleiner dan verwacht en ook de zandwinning in de nevengeul werd (in 2014) stopgezet (Plancke *et al.*, 2017b). Vervolgens zijn de stortingen ‘on hold’ geplaatst. Het watervolume in de nevengeul van macrocel 5 nam af sinds 2010 en ligt sinds 2012 tussen de waarschuwigsgrens en ondergrens. Het volume in de nevengeul stijgt licht sinds 2019, wat mogelijk deels verklaard wordt door de lichte uitruiming van de Schaar van Valkenisse, en ligt nog net onder de waarschuwigsgrens maar boven de ondergrens, zie Figuur 3-63.



Figuur 3-62: Zuid-noord transect macrocel 5 van het Zuidergat tot de Schaar van Waarde, over de noordzijde van de Plaat van Walsoorden. De locatie wordt weergegeven in Figuur 3-60.



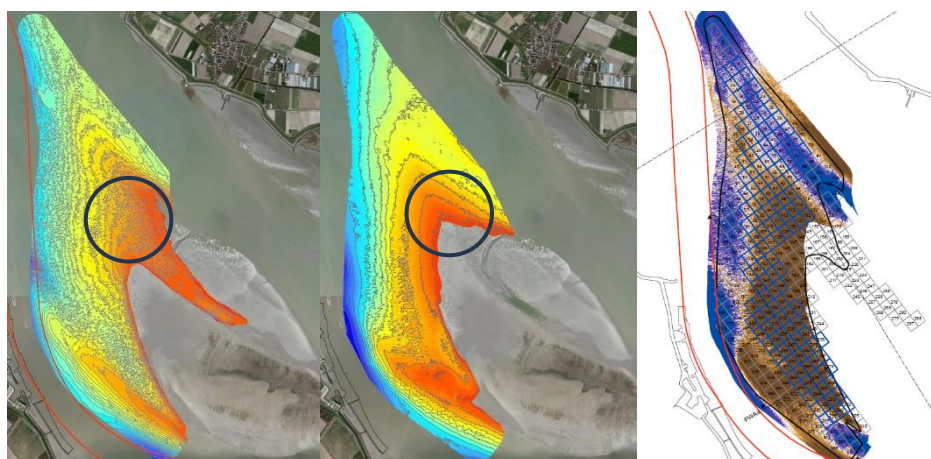
Figuur 3-63 : Netto volume vloed-schaar in Macrocel 5 (Schrijver, 2022).

Plaat van Walsoorden

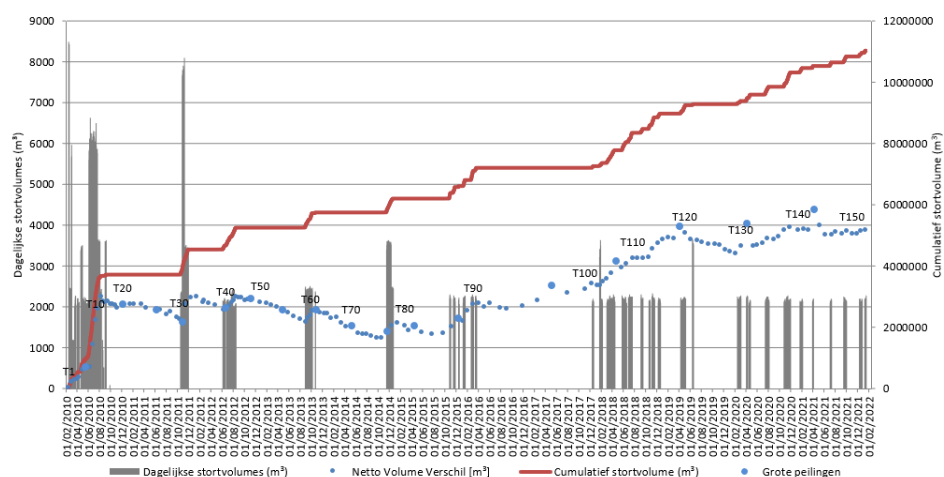
In 2010 is een grote megaduin aangelegd aan de westelijke plaatpunt van de Plaat van Walsoorden (bijna 4 Mm³), bij de uitvoering van de derde verruiming. Sinds 2011 wordt regelmatig in de stortzone gestort, met jaarlijkse volumes van ca. 0,5 Mm³, met uitzondering van 2018 en 2020, toen respectievelijk 1,7 Mm³ en 1,2 Mm³ werd gestort (Figuur 3-65). Daarmee komt het totaal gestort volume bij de Plaat van Walsoorden sinds

2010 op ruim 11 Mm³. Onder invloed van de vloedstroom is het gestorte sediment dichters naar de plaatrand gebracht (zie cirkel, Figuur 3-64). Na de initiële stortingen vonden ook verder zuidwaarts stortingen plaats om sediment in de richting van de zuidelijke vloodschaar te laten migreren. De verschilkaart in Figuur 3-60 laat duidelijk zien hoe de noordwestkant van de Plaat van Walsoorden is aangegroeid tussen 2010 en 2021.

Netto ligt 47 % van het gestorte materiaal op de Plaat van Walsoorden in januari 2022 nog in de plaatrandstortzone (IMDC, 2022c). In de tweede vergunningsperiode is 67% van het materiaal blijven liggen, waarmee de stabiliteit gelijk is gebleven in de recente 2 jaar en nog altijd hoger ligt dan in de eerste vergunningsperiode.



Figuur 3-64: Bathymetrie van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden in februari 2010 (links) en december 2021 (midden) en de verschilkaart (rechts), zie Bijlage E. Blauwe rechthoekjes zijn de ingezette stortvakken.

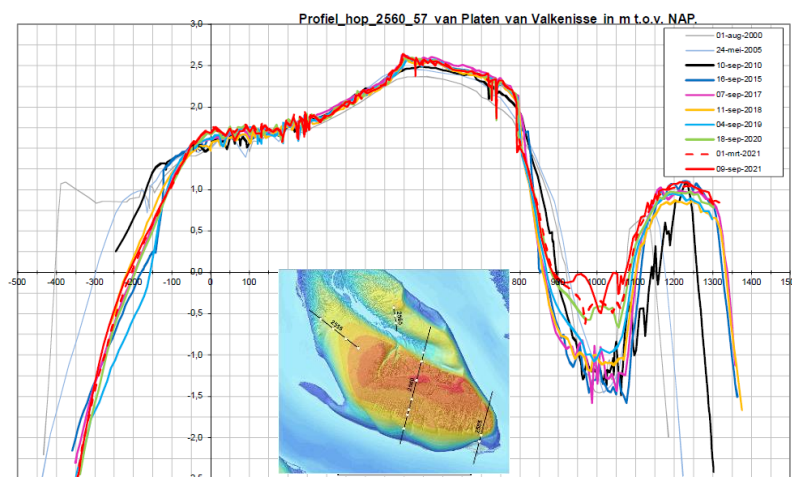


Figuur 3-65: Verloop van het dagelijks en cumulatief volume gestort materiaal en het volumeverschil op basis van de peilingen (ten opzichte van de beginsituatie) voor de stortzone aan de Plaat van Walsoorden.

De RTK raai die op de westpunt gelegen is toont ook dat de punt van de plaat zelf, opwaarts van de storting, ophoging en noordwestelijke migratie vertoont ten opzichte van de situatie in 2010 (Jentink en Schrijver, 2022). Het intergetijdenareaal op de plaatpunt neemt hierdoor verder toe, aangezien de plaat minder steil is geworden. Tussen -0,5 m en 0,75 m NAP is in 2021 een duidelijke ophoging te zien.

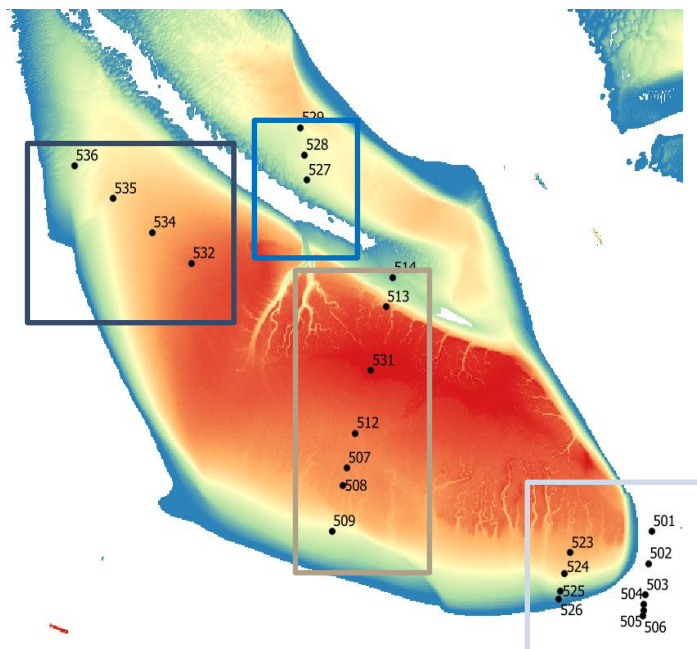
De centraal gelegen RTK raai op de plaat laat zien dat er beperkte ophoging is van de plaat zelf (Figuur 3-66), zoals ook werd waargenomen op de verschilkaarten. De raai

toont sinds 2000 een terugwijkende zuidelijke plaatrand. Dit werd in 2014-2015 ook sterk beïnvloed door het uitwaaiierend effect van een plaatval van eind 2013 (IMDC, 2017a). Nadat er in 2019 nog sterke erosie plaatsvond langs de zuidelijke plaatrand, was er in 2020 sprake van sedimentatie. De plaatrand bleef vervolgens in 2021 vrij stabiel. Wat opvalt is de sterke sedimentatie van de vloedschaar aan de noordelijke plaatrand, die in voorgaande jaren slechts licht sedimenteerde (Figuur 3-66). De zandtong ten noorden van de vloedschaar wordt breder en is opgehoogd sinds 2019.



Figuur 3-66: RTK-raai 2560 op de Plaat van Walsoorden (Jentink en Schrijver, 2022).

Aan de oostelijke plaatpunt vindt erosie plaats door het uitbochten van de nevengeul, waardoor de oostelijke raai sinds 2016 niet meer op de plaat gelegen is en niet meer wordt opgemeten. Ter vervanging wordt sinds 2016 een andere raai opgemeten die iets meer naar het westen ligt. In 2020 en 2021 is de erosie verdergezet op zowel de noordelijke en zuidelijke plaatrand (Jentink en Schrijver, 2022). Gerelateerd aan de erosie van de oostelijke plaatpunt is tussen 2020 en 2021 de erosie aan de noordkant even sterk als aan de zuidkant, waar eerdere jaren sterkere terugtrekking plaatsvond. Tot 2020 werd de plaatrand aan de zuidkant steiler (hoogteligging van de plaat is stabiel gebleven tussen 2016-2021), waardoor het intergetijdengebied/oppervlak van de plaat afnam.



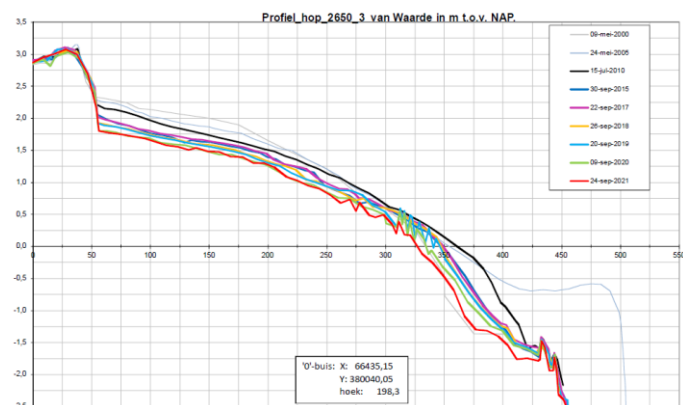
Figuur 3-67: Ligging van de meetpunten op de Plaat van Walsoorden. De meetpunten zijn verdeeld in de westelijke (donkerblauw), noordelijke (blauw), centrale (lichtbruin), en oostelijke (grijs) punten.

Als gevolg van de migratie van de Schaar van Valkenisse (zie begin Sectie 3.3.1.5) erodeert sinds 2012 de zuid-oostelijke plaatpunt van de Plaat van Walsoorden en bevindt deze zich hierdoor over het algemeen in een hoogdynamisch ecotooptype. Deze migratie wordt ook in recente jaren verdergezet. Als gevolg hiervan liggen verschillende meetpunten niet meer op de plaat (grijs, Figuur 3-67). Verder wordt de zuid-oostelijke plaatpunt gekenmerkt door een schaars bodemleven en laag lutumgehalte. Meer centraal op de plaat (lichtbruin, Figuur 3-67) is er voor de hoger gelegen punten een lichte toename van de bodemligging. In het merendeel van de meetpunten centraal op de plaat wordt er in recente jaren schor aangetroffen en zijn zowel het lutumgehalte als het bodemleven er hoger en rijker dan voorgaande jaren. In noordelijke richting, ter hoogte van de vloed-schaar, wordt er door een sterke afname in bodemligging geen schor meer aangetroffen maar slik, met een sterke aanwezigheid van *corophium* en wadpieren.

Ten noorden van de vloed-schaar (blauw, Figuur 3-67), op de noordelijke zandrug, neemt de bodemhoogte nog steeds toe, wat ook werd vastgesteld in de RTK raai 2560, het lutumgehalte is er laag en het bodemleven stijgt in de richting van de vloed-schaar, waar voornamelijk kokkels en wadpieren worden aangetroffen. De westelijke meetpunten op de Plaat van Walsoorden (donkerblauw, Figuur 3-67) laten over het algemeen een toename in hoogteligging zien. Deze toename is het sterkst naar de plaatrand toe. Hier wordt een hoogdynamisch slik aangetroffen en is het bodemleven schaarser dan hoger op de plaat. Het lutumgehalte is overal laag. Hoger op de plaat worden er voornamelijk wadpieren aangetroffen, en occasioneel kokkels en *corophium*.

Slikken en schorren

Bij de slikken van **Waarde** erodeert het centrale deel van het slik tussen de strekdammen onder de 1 m NAP lijn. De slikrand erodeert er sinds 2017, waarbij de helling steiler wordt en terugschrijdt. Ook de schorrand vertoont enige achteruitgang in het centrale deel van het schor. In het westen en oosten tonen de metingen over de laatste jaren juist een stabiele schorrand (Jentink en Schrijver, 2022). In het westelijk deel is ook het slik stabiel, terwijl in het oosten waar het slik grens aan de Geul Zimmerman sprake is van geleidelijke erosie van het slik over het gehele profiel (Figuur 3-68).

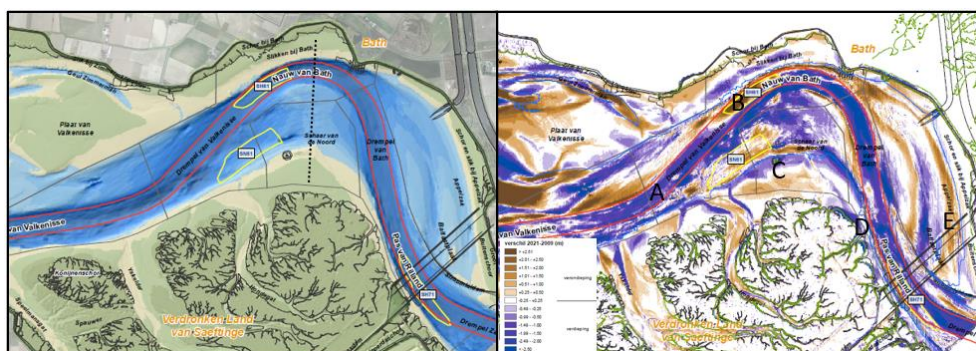


Figuur 3-68: Oostelijk schor-slikprofiel van Waarde (Jentink en Schrijver, 2022).

Eind augustus 2021 is in het kader van het buitendijks natuurherstel door Provincie Zeeland gestart met de aanleg van een drietal strekdammen ter hoogte van de Geul Zimmerman. Het resultaat hiervan is in de verschilkaarten nog niet zichtbaar; er zijn ook geen profielen op deze locatie. In 2016/2017 zijn ook ter hoogte van Baalhoek een vijftal strekdammen aangelegd/ vernieuwd. Uit de verschilkaarten blijkt een geleidelijke toename van het slik (zie Bijlage C, C.4). Profielen zijn op deze locatie niet beschikbaar.

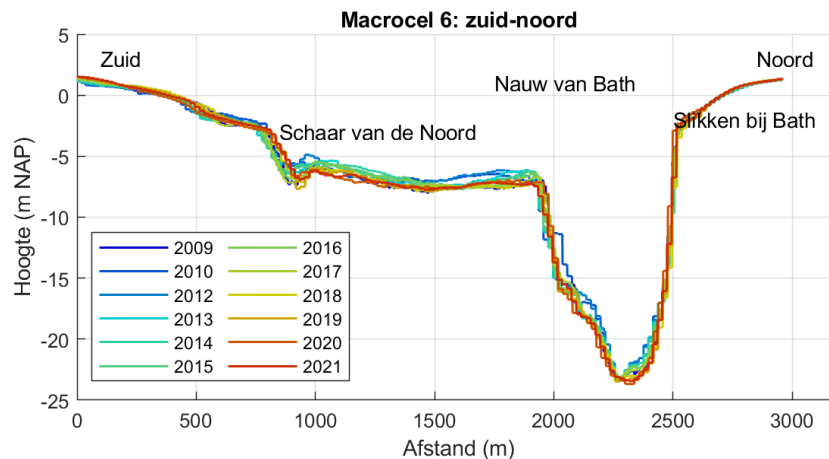
3.3.1.6 Macrocel 6 & 7

In **macrocel 6 en 7** is de hoofdgeul sinds 2009 verdiept (Figuur 3-69, A), voornamelijk door de verdiepingsbaggerwerken in 2009 en 2010. De stortzone SH61 is de enige plek in de hoofdgeul waar verondieping plaatsvindt (B), door de stortingen die hier sinds 2010 zijn uitgevoerd. Het zuid-noord transect (Figuur 3-70) laat zien dat over de recentere jaren (na 2015) er weinig verandering heeft plaatsgevonden in de hoofd- en nevengeul van macrocel 6.



Figuur 3-69: Macrocel 6 en 7, bathymetrie 2021 (links) en verschilkaart 2021-2009 (rechts). Zie ook Bijlage C, C.5. Naar de letters wordt verwezen in de tekst. De stippellijn geeft het transect van weert.

De randen van Plaat van Saeftinghe (C) en het oosten van het schor- en slikgebied Land van Saeftinghe sedimenteren tussen 2019 en 2020 maar eroderen tussen 2020 en 2021 (Bijlage C, C.5). Over de gehele periode tussen 2009 en 2021 is de erosie van de Plaat van Saeftinghe vooral doorgegaan aan de noordkant van de plaat. De erosie aan de oostrand van het Land van Saeftinghe (D) wordt beïnvloed door scheepsgolven (Meire *et al.*, 2019). De migratie van de Ballastplaat in oostelijke richting wordt tussen 2019 en 2020 nog steeds verder gezet, aangezien de westelijke rand van de plaat erodeert terwijl er sedimentatie plaatsvindt in de Appelzak (E).

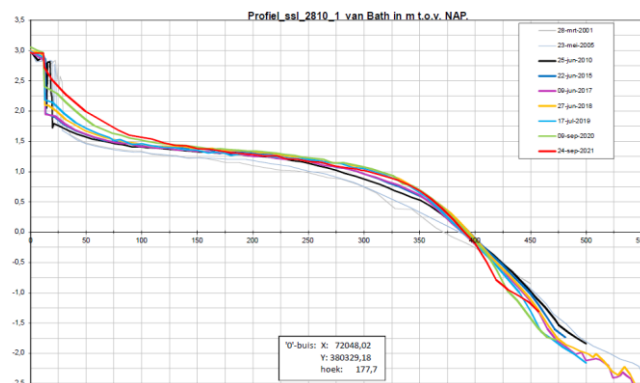


Figuur 3-70: Zuid-Noord transect macrocel 6 van de Plaat van Saeftinghe naar de Slikken bij Bath. De locatie wordt aangegeven in Figuur 3-69.

De nevengeul van macrocel 6, waar in 2018 ca. 0,2 Mm³ gestort is, heeft een stijgende trend in watervolume tot 2015, wat correspondeert met de erosie van de Schaar van de Noord. Na 2015 veranderen de watervolumes nauwelijks, er is sprake van een zeer beperkte toename van het hoofdgeulvolume en een lichte daling van het nevengeulvolume. Dit geldt ook voor 2020; in 2021 zijn de volumes onveranderd gebleven. Het watervolume ligt ver boven de waarschuwingsgrens en voldoet ruim aan de criteria, zie Bijlage F, F.5. Het watervolume in de nevengeul van macrocel 7 is vrij constant sinds 2015 en ligt voor zowel 2020 als 2021 net boven de waarschuwingsgrens, zie Bijlage F, F.5.

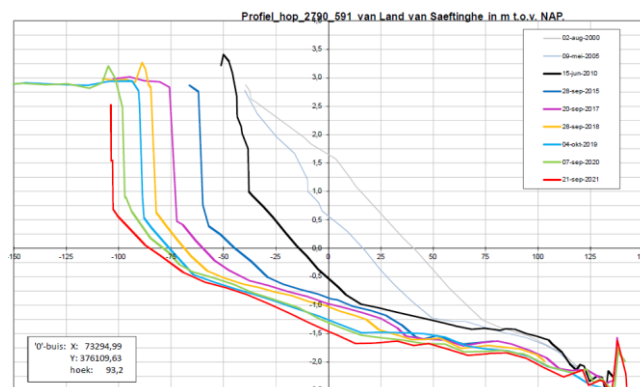
Slikken en schorren

De schorrand bij **Bath** blijft de laatste jaren stabiel, nadat deze eerder een terugschrijdende trend vertoonde. De voet van de schorrand is sinds 2017 aan het ophogen, wat ook in de laatste 2 jaar (2020-2021) is doorgezet. Op het lager slik is de laatste jaren echter sprake van lichte erosie (Figuur 3-71). In 2021 zijn door de Provincie Zeeland de strekdammen opgeknapt/aangelegd. Het resultaat van deze werken is in de profielen nog niet eenduidig zichtbaar.



Figuur 3-71: Schor-slikprofiel bij Bath (Jentink en Schrijver, 2022).

Bij de **Appelzak** blijft de schorrand stabiel. Het slikprofiel vertoont over het hele profiel (schorklif tot -2 m NAP) lichte erosie. De erosie aan de oostelijke rand van **Saeftinghe** waarbij golfwerking mogelijk een rol speelt, wordt ook bij de schor- en slikraaien bevestigd (Figuur 3-72). Van het noordelijk gelegen profiel (niet getoond) wordt de helling van het slik steiler, waardoor de oppervlakte van het slik afneemt. De schorrand zelf schrijdt ook terug en op meerdere plaatsen heeft zich aan de schorrand een verticale klif gevormd (Jentink en Schrijver, 2022).



Figuur 3-72: Schor-slikprofiel bij Saeftinghe (Jentink en Schrijver, 2022)

3.3.1.7 Ecotooparealen

Voor de Westerschelde in het algemeen en de plaatrandstortzones in het bijzonder is het areaal laagdynamisch ecologisch waardevol gebied een toetsparameter uit het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten.

De ecotopenkaarten (Bijlage H) zijn opgesteld op basis van reële metingen in combinatie met interpretatie van geomorfologische kaarten en modelberekeningen (Rijkswaterstaat, 2006). De vroegst beschikbare ecotopenkaart is van 1996, en sinds 2008 wordt er ca. elke 2 jaar een ecotopenkaart opgemaakt. De meest recente ecotopenkaart is van 2020, en de ecotopenkaart van 2010 wordt gezien als de To situatie voor Flexibel Storten. In Bijlage H is ook een ecotopen turn-over kaart, met de veranderingen van ecotopentype tussen 2010 en 2020 opgenomen.

Het Protocol Voorwaarden voor Flexibel Storten laat niet toe dat het volledige areaal laagdynamisch, ecologisch waardevol areaal in de gehele Westerschelde afneemt. Het laagdynamisch areaal in de gehele Westerschelde is tussen 2010 en 2020 met ca. 770 ha toegenomen (Tabel 3-9) en voldoet dus aan het protocol. Hierbij wordt opgemerkt dat de totale beschouwde oppervlakte van de Westerschelde vanaf 2016 groter is door de ontpoldering van Perkpolder (47 ha). Dit gebied wordt volledig geclassificeerd als laagdynamisch (sub)litoraal. Ten opzichte van 2016 was er naar 2018 en 2020 een vrij sterke toename van het laagdynamisch areaal in het litoraal, met steeds ca. 250 ha in 2 jaar. Ruimtelijk gezien vond de toename van het laagdynamisch middenlitoraal voornamelijk plaats in het midden en oosten van de Westerschelde (macrocel 4 en 5), terwijl dit areaal in het westen eerder afnam. Hoewel recent bij de Hooge Platen West opnieuw een toename van het laagdynamisch middenlitoraal wordt waargenomen. Voor het laagdynamisch laaglitoraal was deze ruimtelijke trend niet zichtbaar, dit areaal nam verspreid over de gehele Westerschelde licht toe.

De ecotopen turnover tabel (Tabel 3-10) laat zien tussen welke ecotopen er uitwisseling plaats heeft gevonden tussen 2010 en 2020. Horizontaal in de rijen staan de oppervlaktes van de ecotopen uit 2010, en naar welke ecotoopklassen die zijn omgezet in 2020, in de kolommen. De oppervlaktes van de gebieden die hetzelfde type ecotoop hebben behouden staan steeds dikgedrukt. De sterkste toename van laagdynamisch middenlitoraal komt van gebied dat eerder hoogdynamisch litoraal was, en dit geldt ook voor het laagdynamisch laaglitoraal (Tabel 3-10, gehighlight in groen). Tegelijkertijd vindt er omzetting plaats van laagdynamisch middenlitoraal naar hooglitoraal (highlight in oranje), terwijl het hooglitoraal doorgroeit naar supralitoraal, pionierzone en schor (Tabel 3-10, gehighlight in blauw).

Tabel 3-9: Ecotopenontwikkeling in de periode 1996-2020 voor de Westerschelde (in ha).

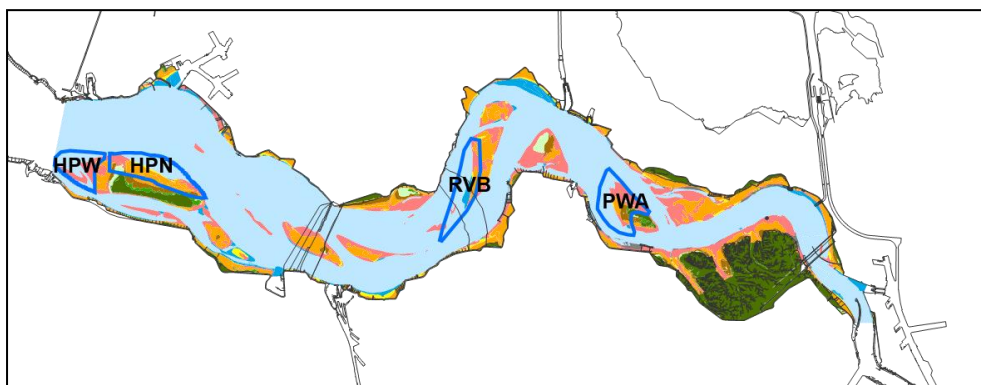
Ecotoop	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018	2020
Overig	72	77	73	71	85	88	87	87	84	83	83
Hard substraat steen	132	144	151	169	166	168	168	180	173	162	171
Hard substraat veen/klei	208	176	104	101	119	123	129	137	113	109	132
Hoogdynamisch sublitoraal	19 283	19 369	19 483	19 355	19 303	19 134	19 158	19 158	19 138	19 020	18 880
Laagdynamisch sublitoraal	418	496	560	628	693	728	744	723	750	802	905
Hoogdynamisch litoraal	3 882	3 743	3 451	3 646	3 316	3 302	3 292	3 143	3 283	3 062	2 748
Laagdynamisch laaglitoraal	261	358	409	310	326	317	301	304	341	425	499
Laagdynamisch middenlitoraal	2 671	2 696	2 882	2 674	2 866	2 957	2 982	3 050	2 940	3 061	3 246
Laagdynamisch hooglitoraal	693	560	562	468	592	610	525	563	550	612	607
Hoogdynamisch supralitoraal	79	35	63	65	70	53	50	47	30	42	49
Laagdynamisch supralitoraal	246	195	171	116	167	155	131	159	135	179	243
Pionierzone (potentieel schor)	141	212	192	408	211	191	237	178	201	138	143
Schor	2 672	2 697	2 657	2 749	2 842	2 932	2 953	3 029	3 067	3 127	3 123
Totaal	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 758	30 805	30 823	30 829
Totaal Laag	4 044	4 110	4 412	4 080	4 477	4 612	4 553	4 640	4 581	4 900	5 258

Tabel 3-10: Ecotopen turnover in de periode 2010-2020 voor de Westerschelde (in ha).

	Overgang 2010-2020	NAAR 2020													
		HSS	HSV	HDS	LDS	HDL	LDL	LDM	LDH	HSL	LSL	PI	S	O	T
VAN 2010	Hard substraat steen (HSS)	132	1	4	2	4	3	14	1	0	1	0	5	0	166
	Hard substraat veen/klei (HSV)	2	56	4	1	8	33	14	0		0	0	0		119
	Hoogdynamisch sublitoraal (HDS)	13	5	18 188	272	682	80	67		0					19 307
	Laagdynamisch sublitoraal (LDS)	5	1	74	557	25	21	10		0					693
	Hoogdynamisch litoraal (HDL)	8	52	500	48	1 576	153	909	66	4	11	1	2	0	3 331
	Laagdynamisch laaglitoraal (LDL)	3	4	15	22	47	149	78	1		2	0			321
	Laagdynamisch middenlitoraal (LDM)	5	13	86	1	351	53	2 010	260	3	47	20	7	0	2 857
	Laagdynamisch hooglitoraal (LDH)	0	0	2	0	20		46	213	12	89	69	140	0	592
	Hoogdynamisch supralitoraal (HSL)	1	1	1	0	13	0	3	23	10	15	1	3	1	70
	Laagdynamisch supralitoraal (LSL)	0	0		0	9	0	4	24	14	64	18	33	0	167
	Pionierschor (PI)	0	0	4	0	5		18	14	1	6	18	144	2	211
	Schor (S)	0	1	1	1	8	0	16	6	1	7	16	2 787	1	2 843
	Overig (O)	1		0		1	0	0		2	0	0	2	79	85
	Totaal (T)	171	132	18 880	903	2 748	493	3 189	607	49	242	143	3 123	83	30 764

Arealen ter hoogte van de plaatrandstortzones

De oppervlaktes van het laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones (Figuur 3-73) zijn eveneens afgeleid van de beschikbare ecotopenkaarten tussen 1996 en 2020. De waargenomen veranderingen zijn ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden sinds de plaatrandstortingen. Het is echter belangrijk om bij de interpretatie de voorafgaande trend mee te nemen.



Figuur 3-73: Afbakening rekenpolygonen laagdynamisch gebied ter hoogte van de plaatrandstortzones op een ecotopenkaart.

Op de plaatranden wordt als gewenste ontwikkeling een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 hectare verwacht binnen de toetspolygonen, 5 jaar na de start van de werkzaamheden. Daarnaast werd in Plancke *et al.* (2008) een inschatting gemaakt van de te verwachte toename laagdynamisch areaal per plaat, op basis van determinatieonderzoek (Plancke *et al.*, 2009). De verwachte toename in 2015 voor de Hooge Platen (totaal) is 39 ha, voor de Rug van Baarland is dit 64 ha, en voor de Plaat van Walsoorden 11 ha. Na deze 5 jaar is het doel het behouden van deze oppervlakte, onder meer door aanvullende stortingen met onderhoudsspecie. Hierbij wordt aangemerkt dat bij de Rug van Baarland in de tweede vergunningsperiode niet meer werd gestort, en bij de Hooge Platen Noord slechts in zeer beperkte mate. Op deze plaatranden is dus geen sprake van aanvullende stortingen voor het behoud van het areaal laagdynamisch gebied. De To waarde wordt bepaald op basis van de ecotopenkaart van 2010.

Op **Hooge Platen West** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal in 2020 sterk toegenomen, er is nu 32 ha laagdynamisch areaal aanwezig (Tabel 3-11). Ten opzichte van 2010 was er in 2011 een sterke toename van laagdynamisch areaal, maar sindsdien was er steeds sprake van een afname, tot de toename die nu tussen 2018 en 2020 wordt waargenomen. Bij Hooge Platen West valt op dat sedimentatie en verondieping in de zone, wat ook voorafgaand aan de start van de plaatrandstortingen, sinds 2000 reeds optrad (Plancke *et al.*, 2011, pagina 0), niet altijd gepaard gaat met de aanwezigheid van laagdynamisch gebied in de zone. Het is voornamelijk het fijnzandig laag en middelhoog laagdynamisch litoraal dat aanwezig is. In eerdere periodes verplaatste de zone met laagdynamisch areaal zich verder zuidoostwaarts, buiten de rekenpolygoon, waardoor dit areaal voor de toetsing niet werd meegeteld. Tussen 2018 en 2020 wordt echter juist een uitbreiding van het laagdynamisch areaal naar het noordwesten waargenomen, binnen de rekenpolygoon, waardoor een sterke toename zichtbaar is.

Op **Hooge Platen Noord** is het totaal waardevol laagdynamisch areaal ten opzichte van de referentiesituatie in 2010 toegenomen (314 ha in 2020 en 259 ha in 2010, Tabel 3-11). Het laagdynamisch areaal op Hooge Platen Noord is in 2020 op het hoogste niveau van de beschikbare metingen, wat mogelijk gelinkt kan worden aan de plaatrandstortingen bij de Hooge Platen Noord in de eerste 5 jaar na de verruiming. Voor aanvang van de

plaatrandstortingen vond in deze zone lichte sedimentatie plaats (Plancke *et al.*, 2011, pagina 0), die zich sindsdien heeft doorgezet. Het grootste aandeel laagdynamisch areaal behoort tot het middelhoog litoraal, waarbij in 2020 de verdeling tussen fijnzandig en slibrijk areaal half/half is. Tot 2015 was het middelhoog litoraal in belangrijke mate fijnzandig, dit is sindsdien dus slibrijker geworden. Sinds 2016 is er wel weer sprake van een lichte toename in fijnzandig middelhoog litoraal. Het laagdynamisch laag litoraal is nog beperkt aanwezig bij Hooge Platen Noord, terwijl het laagdynamisch hoog litoraal sterk is toegenomen sinds 2010.

Het totaal waardevol laagdynamisch areaal op de **Plaats van Walsoorden** is hoger in 2020 dan de referentiesituatie van 2010 (116 ha in 2020 en 67 ha in 2010, Tabel 3-11). Het laagdynamisch areaal steeg het meest tussen 2010 en 2011, en neemt sindsdien gestaag toe tot 2020. Het is zeer waarschijnlijk dat de plaatrandstortingen hebben bijgedragen aan het omkeren van de voorafgaande trend van afnemend laagdynamisch areaal. Het ondiepe sublitoraal en laag litoraal waren tot 2015 slechts in zeer geringe mate aanwezig. Na 2015 nam het areaal laagdynamisch sublitoraal weer af, maar van 2015 tot 2020 nam het laagdynamisch laag litoraal toe. De algemene toename van het laagdynamisch areaal wordt voornamelijk veroorzaakt door de toename van het laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal, dat met 44 ha is toegenomen sinds 2010.

Ter hoogte van de **Rug van Baarland** neemt het totaal waardevol laagdynamisch areaal sterk toe sinds 2001, nadat het was afgenomen ten opzichte van 1996 (Tabel 3-11). Dit is ook gerelateerd aan de grootschalige morfologische veranderingen in deze zone, waar tot 2000 erosie werd waargenomen, maar vanaf 2000 juist sedimentatie in zowel het Middelgat als het omliggende gebied (Plancke *et al.*, 2011). Ook sinds 2010 stijgt het laagdynamisch areaal fors ten opzichte van de referentiesituatie in 2010 (212 ha in 2018 en 60 ha in 2010). De toename van het fijnzandig middelhoog litoraal was grotendeels verantwoordelijk voor de toename tussen 2010 en 2015. Tussen 2015 en 2020 is echter een afname in het fijnzandig middelhoog litoraal zichtbaar. In deze periode wordt een sterke toename waargenomen in het laagdynamisch ondiepe sublitoraal en naar 2020 ook van het slibrijk laag en middelhoog litoraal.

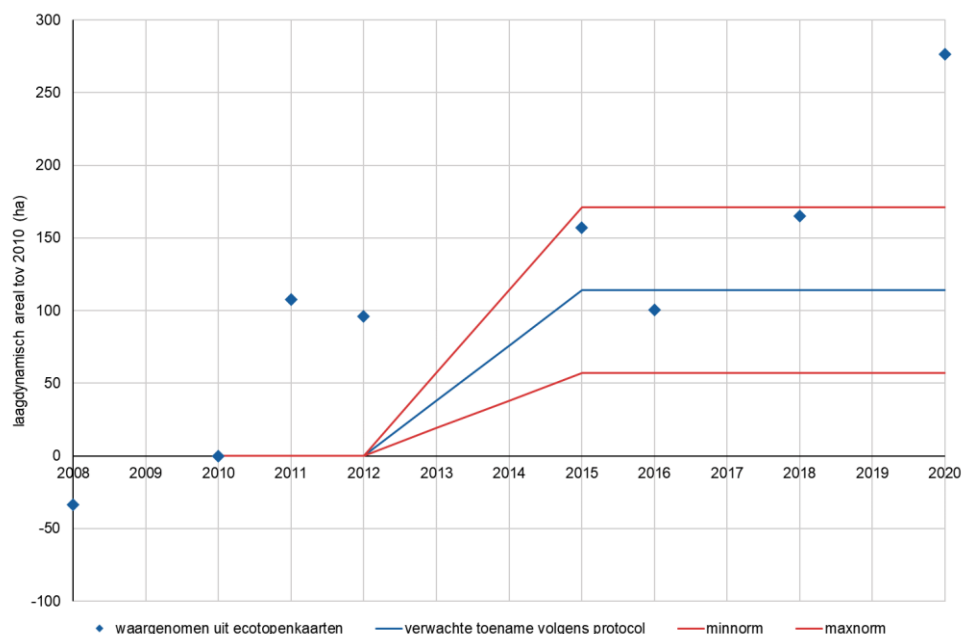
Tabel 3-11: Waardevol laagdynamisch areaal op de plaatranden (opp. in ha) binnen de toetspolygoenen.

HPW	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018	2020	2010-2020
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	-	-	-	-	-	-	1	0	-	-	-	-
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-	17	28	3	0	9	4	0	-	-	6	+6
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	-	15	16	3	12	30	19	11	-	0	24	+12
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	+1
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	0	32	43	6	12	39	24	11	1	1	32	+19
HPN	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018	2020	2010-2020
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	1	4	3	-	1	2	1	1	1	3	3	+2
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	0	25	27	14	14	21	30	21	3	1	7	-7
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	7	3	2	1	1	5	0	0	-	-	1	0
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	29	67	170	129	193	186	159	170	90	95	114	-79
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	163	117	28	80	27	48	73	87	124	111	116	+90
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	6	7	7	12	23	23	14	30	34	50	47	+24
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	2	0	14	-	-	0	2	1	4	13	27	+27
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	208	224	252	236	259	286	280	309	256	271	314	+56

PWA	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018	2020	2010-2020
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	-	-	1	-	0	0	0	6	2	1	2	+1
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	-	-	-	-	-	-	2	1	5	5	6	+6
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	35	26	24	40	34	50	54	53	65	73	78	+44
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	-	8	18	-	-	-	1	0	-	2	2	+2
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	65	43	34	40	33	41	35	38	34	31	28	-5
Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	0	10	21	-	-	-	0	4	-	0	0	+0
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	100	87	97	80	67	91	92	103	106	114	116	+50
RVB	1996	2001	2004	2008	2010	2011	2012	2015	2016	2018	2020	2010-2020
Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	2	5	6	32	31	48	45	48	73	95	127	+95
Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	2	1	-	0	0	1	2	10	9	23	7	+7
Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	0	1	1	-	0	0	-	-	-	1	17	+16
Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	39	11	40	10	27	40	51	75	53	54	35	+9
Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	14	1	1	-	0	-	-	-	-	4	26	+26
Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	-	-	-	-	1	1	0	-	-	-	-	-1
Totaal waardevol laagdynamisch areaal	58	19	48	41	60	90	98	132	135	177	212	+152

De ontwikkeling van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones is positief ten opzichte van de referentiesituatie in 2010. In het eerste en tweede jaar na de start van de verruiming werd volgens het MER nog geen toename verwacht. Streefdoel was om 5 jaar na de start van de verruiming 114 ha nieuw laagdynamisch ecologisch waardevol areaal gecreëerd te hebben met de plaatrandstortingen.

Met een toename van meer dan 150 ha werd dit streefdoel in 2015 ruim gehaald. In 2016 was er sprake van een afname van laagdynamisch areaal, voornamelijk veroorzaakt door de afname op de Hooge Platen ten opzichte van 2015, waarbij het laagdynamisch areaal net onder het streefdoel lag. In 2018 en 2020 is het laagdynamisch areaal op de plaatranden opnieuw toegenomen tot een stijging van 277 ha in 2020 ten opzichte van 2010 (Figuur 3-74). De stijging ten opzichte van 2016 kan toegeschreven worden aan alle beschouwde plaatranden. Wel wordt de totale toename over alle plaatranden in grote mate veroorzaakt door de grotendeels autonome toename op de Rug van Baarland (+152 ha). Maar ook op de overige plaatranden voldoet de toename aan de vooropgestelde streefdoelen, met een toename van 50 ha bij de Plaat van Walsoorden (11 ha verwacht), en een toename van 75 ha bij de Hooge Platen (39 ha verwacht).



Figuur 3-74: Evolutie van het waargenomen laagdynamisch areaal ten opzichte van 2010 (To) vs. de verwachte toename op de plaatranden volgens het Protocol Flexibel Storten.

3.3.2 Beneden-Zeeschelde

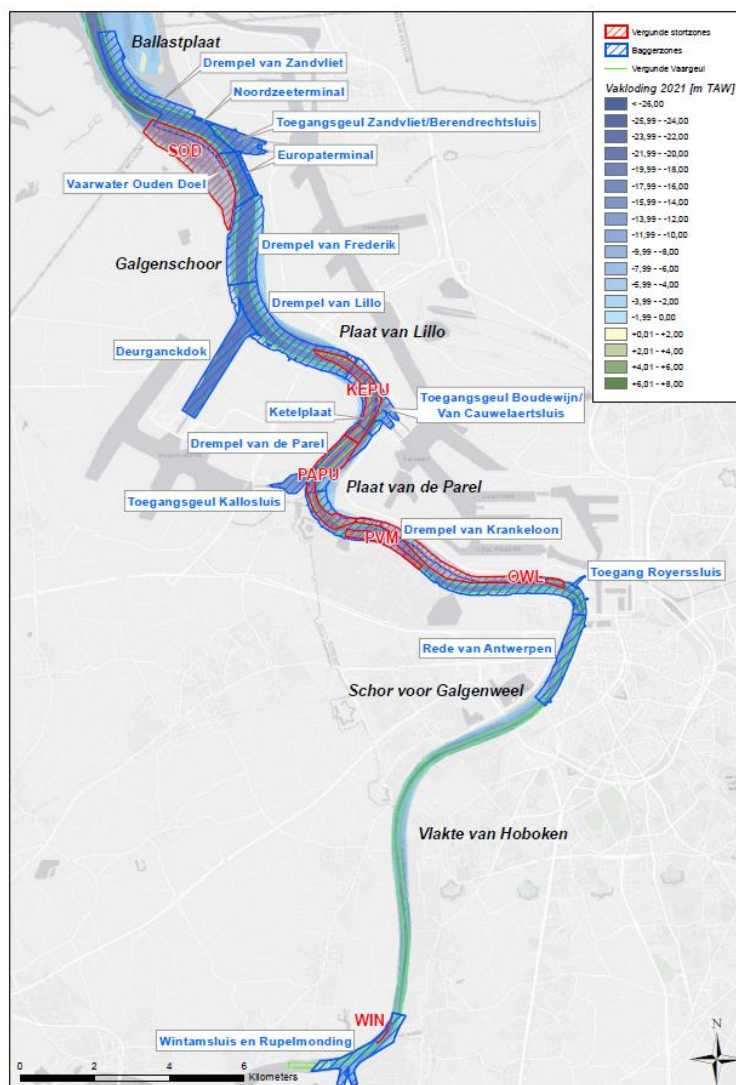
3.3.2.1 Morfologie

De evolutie, verdieping of verondieping, in de Beneden-Zeeschelde, wordt beschreven aan de hand van verschillende bathymetrische verschilkaarten (Bijlage D). Hierna volgt een beknopte analyse van de schor- en slikevolutie, gebaseerd op de gerapporteerde resultaten in het meest recente INBO rapport (Van Ryckegem *et al.*, 2022).

In het gebied **tussen Saeftinghe en Doel** heeft sterke verdieping van de vaargeul plaatsgevonden, in de eerste plaats door de aanlegbaggerwerken en het daaropvolgende onderhoud (Bijlage D, D.2). Dit is het geval bij de Drempel van Zandvliet en de Drempel van Frederik, maar ook tussen de twee drempels, ter hoogte van de Europaterminal.

Van 2019 tot 2021 was op de Drempel van Zandvliet voornamelijk sprake van verdieping, wat ook op de Drempel van Frederik het geval was (voornamelijk zichtbaar tussen 2019 en 2020). Deze observaties hangen sterk samen met de timing van eventuele uitvoering van de onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul. De zandwinningszone van Schaar van Ouden Doel is erg dynamisch door de stortings- en zandwinningsactiviteiten, dit is ook duidelijk te zien op de verschilkaarten, waar sterke verdieping en verondieping zich afwisselen. De rand van het Paardenschor sedimenteert sterk aan de noordwestelijke helft, terwijl er sprake is van erosie aan de zuidelijke helft. Over 2019-2021 heeft voornamelijk sedimentatie plaatsgevonden aan het schor, die ook zichtbaar is in de slik- en schorraaien (Van Ryckegem *et al.*, 2022). Aan de zuidelijke rand van het Groot Buitenschoor ter hoogte van de Drempel van Zandvliet vond tussen 2019 en 2020 buiten de vaargeul lokaal sterke verdieping plaats (Bijlage D, D.2), in tegenstelling tot het algemene beeld tussen 2009 en 2021 waarbij hier sedimentatie wordt waargenomen.

Aan de Zandvliet- en Berendrechtsluis is in de verschilkaart 2021 – 2020 zichtbaar dat er na de peiling in 2020 sterke verondieping heeft plaatsgevonden.



Figuur 3-75: Overzichtskartaat Beneden-Zeeschelde.

In de periode van 2009 tot 2021 is de vaargeul **tussen Doel en Fort Filip**, tussen de Drempel van Frederik en de Drempel van Lillo, sterk verdiept, onder andere door de verruiming van de vaargeul en het onderhoud ervan (Bijlage D, D.3).

Langs de vaargeul aan de linkeroever ten noorden van het Deurganckdok is op lange termijn sprake van sedimentatie. Het centrale deel van het Galgeschoor erodeert, terwijl de zuidkant sedimenteert, dit patroon heeft zich in 2019-2021 voortgezet. Het Deurganckdok is na het onderhoud in 2020 verondieping zichtbaar tussen 2020-2021, en ter hoogte van Kallosluis zijn er tussen 2019 en 2021 onderhoudsbaggerwerken zichtbaar.

In de periode 2019-2020 was over het algemeen meer sprake van verondieping, vooral ter hoogte van Ketelplaat aan de binnenbocht buiten de vaargeul en aan de Drempel van de Parel, waar deze verondieping zich verder zet tot aan de binnenbocht aan de Plaat van Parel. Deze observatie hangt mogelijk mede samen met de timing van het vaargeul onderhoud en eventuele stortingen in de daar aanwezige stortzones (Ketelputten en Parelputten). Het complexe patroon van erosie en sedimentatie aan de Ketelplaat hangt samen met lokale uitschuring en afzetting door de palen van de wachtsteiger (Plancke *et al.*, 2021; Van Ryckegem *et al.*, 2022). Tussen 2019-2020 heeft sterke sedimentatie plaatsgevonden in de binnenbocht, net binnen de vaargeul, ten noordoosten van de Ketelplaat.

Bij de Drempel van Krankeloon en de Drempel van Oosterweel, **tussen Fort Filip en Oosterweel**, wordt zowel verdieping als verondieping waargenomen tussen 2019 en 2021 (Bijlage D, D.4). In de Parelputten vinden stortingen plaats; op de genoemde drempels vind over het algemeen geen onderhoud plaats. Tussen 2020 en 2021 is er rond de Plaat van de Parel sterke erosie waargenomen en op de plaat sterke sedimentatie welke mogelijk samenhangen met de aanleg van een strekdam aan het Fort Filip¹⁶. De Plaat van Krankeloon is de afgelopen jaren redelijk stabiel. Ten opzichte van 2009 heeft bij de Plaat van Krankeloon erosie plaatsgevonden. Aan de Drempel van Oosterweel is er tussen 2020 en 2021 sedimentatie waargenomen aan de binnenbocht, wat ook opgemerkt kan worden op langere termijn, sinds 2009.

Bij de **Rede van Antwerpen** is de vaargeul redelijk stabiel, de verschilkaart van 2009-2021 toont sedimentatie aan de Vlake van Galgenweel en de Vlake van Hoboken (Bijlage D, D.5). Voor de verruiming vonden op de Vlake van Hoboken incidenteel stortingen van slib plaats. In de buitenbocht, ter hoogte van Burcht, treed erosie op. Ter hoogte van Oosterweel is verondieping zichtbaar, mogelijk gerelateerd aan stortingen van onderhoudsbaggerwerk.

Tussen 2019 en 2021 zijn de veranderingen beperkt, met slechts lichte verdieping en verondieping. In de binnenbocht van de vaargeul, rond de Palingplaat, heeft er van 2019 tot 2020 voornamelijk sedimentatie plaatsgevonden en tussen 2020-2021 erosie. Ten zuiden van de Palingplaat en voor het Galgenweel is daarentegen sprake van erosie, wat sinds 2009 al het geval is. Ter hoogte van de Vlake van Hoboken is de buitenbocht de laatste twee jaar stabiel gebleven en hebben sedimentatie en erosie elkaar afgewisseld in de binnenbocht.

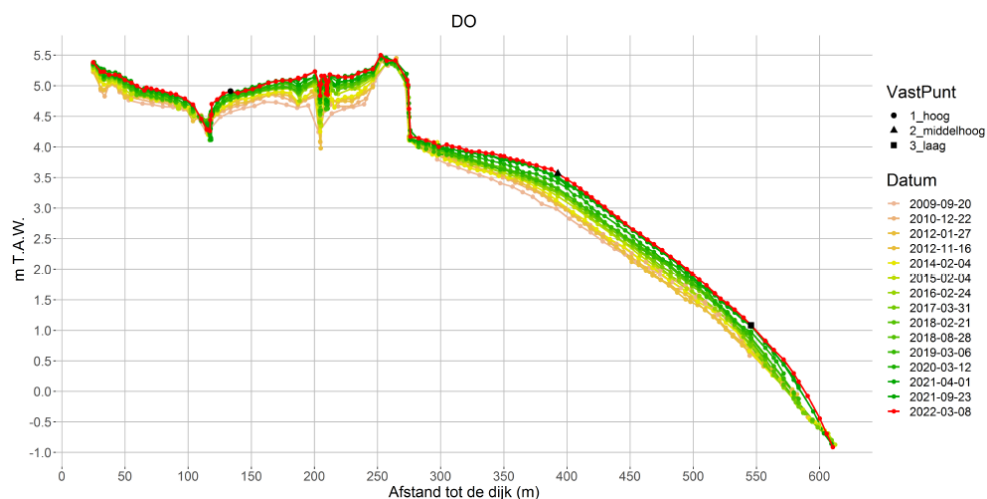
In de meest opwaartse zone van de Beneden-Zeeschelde, tussen **Burcht en Rupelmonde**, is de vaargeul redelijk stabiel. De grootste veranderingen in de vaargeul worden waargenomen bij KBR III en de Rupelmonding, en kunnen worden toegeschreven aan de migratie van bodemvormen (Bijlage D, D.6). De zone tussen Burcht en Rupelmonde toont tussen 2019 en 2020 een sedimenterend karakter, daarentegen wordt van 2020 tot 2021 een erosie opgemerkt.

Slikken en schorren

De ontwikkeling en locatie van de schorren en slikken in de Beneden-Zeeschelde wordt besproken in het eerstelijnsrapport van het INBO (Van Ryckegem et al., 2022), waarbij hieronder de belangrijkste ontwikkelingen, per locatie, zijn overgenomen:

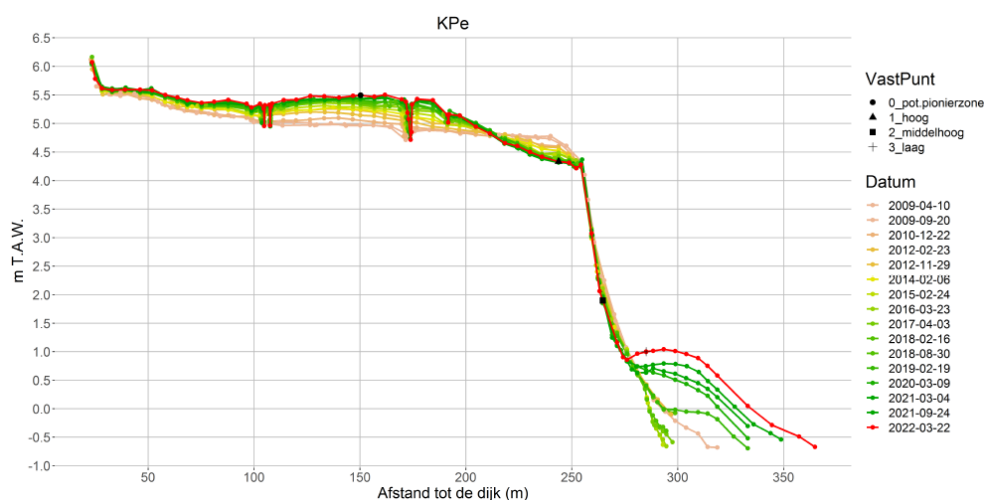
- **Groot Buitenschoor:** In de laatste jaren vindt er lichte sedimentatie van het hoog slik plaats samen met de lichte terugtrekking ter hoogte van het middelhoog slik wat zorgt voor een verdere versteiling van het slikprofiel;
- **Schor Ouden Doel:** De schorklif is sinds 2012 stabiel, recenter sedimenteert het hoge slik en vindt er erosie plaats ter hoogte van het laag slik, met een versteiling van het profiel als gevolg;
- **Paardenschor:** Het schor, hoog, middelhoog- en laag slik sedimenteren sinds 2009, wat ook in 2020 en 2021 is verder gezet (Figuur 3-76). Dit werd ook opgemerkt in de verschilkaarten;

¹⁶ Rapport over de monitoring van Fort Filip is in voorbereiding. Referentie wordt in de finale versie van het Voortgangsrapport toegevoegd.



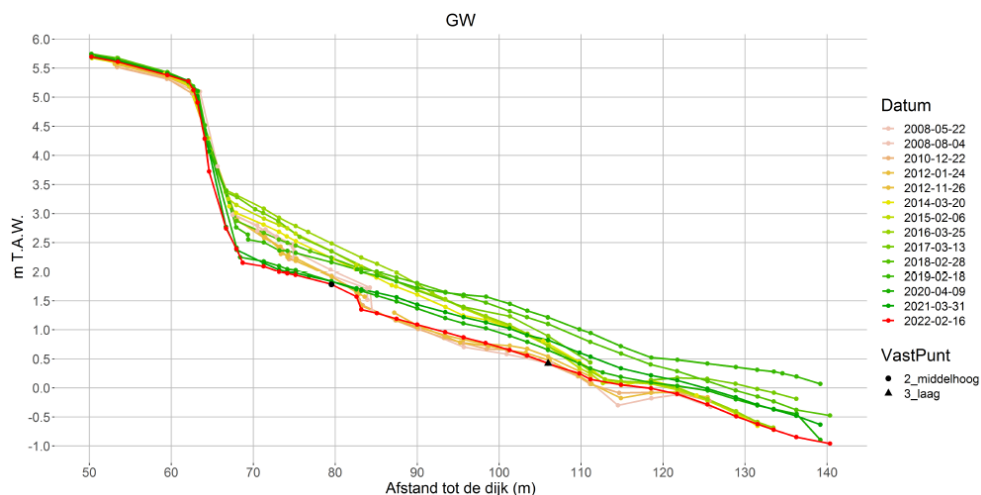
Figuur 3-76: Hoogteligging van het slik en schor ter hoogte van het Paardenschor (m TAW) (Van Ryckegem et al., 2022)

- **Galgeschoor:** Voor een noordelijk gelegen profiel is zowel de positie als de hoogte van de schorrand stabiel, sinds 2015 is er weinig verandering op te merken, maar voor een zuidelijk gelegen profiel, vindt er nog steeds sedimentatie plaats van het laag slik terwijl het middelhoog slik verder erodeert, met als gevolg dat het profiel flauwer wordt;
- **Lillo-Haven:** Profiel is stabiel, nadat het sterke sedimentatie toonde in het middelhoog slik tot 2019, en toont weinig verandering in de laatste jaren;
- **Lillo-Potpolder:** Profiel is stabiel, nadat het sterke sedimentatie toonde in het middelhoog slik tot 2019, en toont weinig verandering in de laatste jaren;
- **Ketenisse:** Hoger op het schor vindt er nog steeds lichte sedimentatie plaats. Rest van het profiel is vrij stabiel, maar de laatste jaren vindt er wel een sterke sedimentatie/opbolling in het onderste deel van het slik plaats (Figuur 3-77);



Figuur 3-77: Hoogteligging van het slik en schor ter hoogte van Ketenisse polder (m TAW) (Van Ryckegem et al., 2022)

- **Galgenweel:** Na de sterke erosie die plaatsvond in 2019 was het profiel stabiel in 2020, maar het slik heeft zich in 2021 verder verdiept, waarbij de meting in begin 2022 aangeeft dat er een verlaging is van 25-50 cm met begin 2021 (Figuur 3-78);



Figuur 3-78: Hoogteligging van het slik en schor ter hoogte van Galgenweel (m TAW) (Van Ryckegem et al., 2022)

- **Hobokense polder:** De erosie van het middelhoog- en laag slik, dat eerder al werd opgemerkt, wordt verder gezet in recentere jaren.

De afwaarts gelegen slikken zoals het Groot Buitenschoor, de slikken rond de stortzone Schaar van Ouden Doel (Schor Ouden Doel en Paardenschor) en het Galgeschor laten een verschillende ontwikkeling zien ten aanzien van de schorrand, het hoog, middelhoog en laag slik en de helling van het slikprofiel. De veranderingen zijn vermoedelijk gerelateerd aan de nabijheid van de stortzone Schaar van Oudendoel, de beschermde ligging achter de lei- en strekdam, en de passage van schepen. Ook is het waarschijnlijk dat de verdieping en het onderhoud van de vaargeul en zwaaizone bij dragen aan de ontwikkeling van het laagstlik en daarmee aan verstelling van bepaalde profielen. Het zuidelijk deel van het Galgeschor ligt dicht aan de binnenbocht en profiteert waarschijnlijk van de sedimentatie van de Platen van Lillo. Ter hoogte van de haven en opwaarts van Lillo zijn zowel de plaat als het slik en schor stabiel.

Ter hoogte van de Ketenisse polder wordt de Ketelplaat aan de binnenbocht sterk beïnvloed door de aanwezig wachsteiger en sedimentatie en erosie wisselen elkaar hier af. De invloed hiervan strekt zich ongetwijfeld door tot aan het slik. De positie van de schorrand is eerder stabiel, toch neemt de hoogte van de schorrand plaatselijk af.

De profielen aan het Galgenweel en de Hobokense polder, beide opwaarts van Antwerpen, laten een voortschrijdende erosie van het slik zien. Dit ondanks de redelijk stabiele ligging van de Vlake voor Galgenweel en de plaat aan de binnenbocht ter hoogte van de polder. In het Van Ryckegem et al. (2022) wordt de inzet van de watertaxi als mogelijke oorzaak van de erosie van slik en schor in deze zone aangedragen.

3.3.2.2 Ecotooparealen

De ontwikkeling van de ecotooparealen in de Beneden-Zeeschelde zijn weergegeven in Tabel 3-12). Tussen 2010 en 2020 is een afname zichtbaar van het middelhoog slik zacht substraat (-6 ha), terwijl het hoog slik zacht substraat toeneemt (+16 ha). Ook het laag slik hard natuurlijk en hard antropogeen zijn toegenomen in oppervlakte, met respectievelijk 10 ha en 6 ha. Het areaal hoog supralitoraal is tussen 2010 en 2020 toegenomen met 13 ha. De grootste afname in areaal is zichtbaar in het matig diep areaal, dat met 21 ha is verminderd. Het ondiep subtidaal nam in deze periode toe met 21 ha en ook het diep subtidaal nam toe met 12 ha. De sterkste toename wordt waargenomen in het areaal schor, dat sterk toenam tussen 2014 en 2015 (33 ha), en tussen 2016 en 2017 (112 ha), waarna het tot 2020 stabiel blijft.

Bij deze veranderingen dient opgemerkt te worden dat de totale oppervlakte van het buitendijkse gebied sinds 2010 is toegenomen door ontpolderingen en dijkverleggingen met natuurontwikkeling als doel, ook sinds 2019 is er hier nog een toename zichtbaar (Van Ryckegem *et al.*, 2022). Specifiek is in 2017 de GGG van Kruibeke geopend en recent het Bazels GGG, met een toename in totaal areaal, en specifiek het areaal schor en potentiële pionierzone als gevolg (Van Ryckegem *et al.*, 2022). In 2019 werden de waterstanden in het GGG verhoogd, waardoor de oppervlakte van estuarien gebied in de vorm van potentiële pionierzone is toegenomen (Van Ryckegem *et al.*, 2022).

Wanneer enkel de ‘enge’ planimetrie van de Beneden-Zeeschelde wordt beschouwd (zonder ontpolderingen en dijkverleggingen), dan is in de ecotopenarealen tussen 2019 en 2020 zichtbaar dat het areaal laag en hoog slik toeneemt, terwijl het middelhoog in areaal afneemt. De helling van het slik, tussen het hoog en laag slik, wordt dus steiler (Van Ryckegem *et al.*, 2022). Hierin speelt de verdieping en het onderhoud ervan mogelijk wel een rol aangezien de slikken en ervoor liggende platen zich in de diepere zones niet kunnen ontwikkelen.

De turnover cijfers van de ecotopenklassen (Tabel 3-13) laten zien dat de ecotopen vooral overgaan naar aangrenzende hoogteklassen binnen de ecotopen (bijv. van matig diep subtidaal naar diep subtidaal). Bij het laag slik zacht substraat valt op dat er ook veel verandering plaatsvindt naar ecologisch mogelijk minder interessante zones, zoals ondiep subtidaal (erosie), en laag slik hard natuurlijk en antropogeen (erosie of erosieberscherming). Daarnaast blijkt dat schor voornamelijk uitwisseling heeft met potentiële pionierzone (vermoedelijk als gevolg van verdere ophoging en vegetatie successie). Bij de waargenomen achteruitgang van het slik op bepaalde zones speelt de invloed van scheepvaart mogelijk een rol.

Arealen Groot Buitenschoor, Paardenschor en Galgeschor

De afbakening voor de ecotoopareaalbepaling van de schorren in de Beneden-Zeeschelde wordt weergegeven in de overzichtskaart in Bijlage I, I.4.

Bij het Groot Buitenschoor neemt het areaal diep en ondiep subtidaal toe, terwijl het matig diep subtidaal afneemt. In het subtidaal is dus sprake van een versteiling. Op het slik is een vergelijkbare ontwikkeling zichtbaar, met een toename van het laag en hoog slik zacht substraat, door een afname van het middelhoog slik zacht substraat. Ook hier is dus sprake van een versteiling. Het schor is tussen 2010 en 2020 met ca. 2 ha in omvang toegenomen, vooral door omzetting van het hoog slik zacht substraat.

Bij het Paardenschor neemt het areaal diep subtidaal toe door omzetting van matig diep subtidaal. Het ondiep subtidaal blijft netto onveranderd, aangezien de winst door omzetting van matig diep subtidaal wordt gecompenseerd door het verlies naar het laag slik zacht substraat toe. Het middelhoog slik neemt af in omvang, vooral door omzetting naar het hoog slik zacht substraat. Het schor is vooral door omzetting van potentiële pionierzone en hoog slik zacht substraat toegenomen, met ca. 4 ha.

Aan het Galgeschor het areaal diep subtidaal toe door omzetting van matig diep subtidaal. Het matig diep subtidaal daarnaast neemt verder af door omzetting naar ondiep subtidaal. Het ondiep subtidaal neemt echter ook af door omzetting naar laag slik zacht substraat, dat zelf ook afneemt door omzetting naar laag slik hard natuurlijk en middelhoog slik zacht substraat. Het hoog slik zacht substraat neemt toe, door de omzetting vanaf het middelhoog slik en de potentiële pionierzone. Het areaal schor neemt iets toe, met name door omzetting van potentiële pionierzone.

Tabel 3-12: Evolutie van ecotopen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2020 (in ha).

	Ecotoop	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Subtidaal	diep subtidaal	1 965	1 967	1 963	1 966	1 966	1 945	1 978	1 969	1 978	1 977
	matig diep subtidaal	396	396	390	385	382	379	376	373	376	375
	ondiep subtidaal	242	251	249	239	250	251	266	261	267	266
Zacht substraat	laag slik zacht substraat	147	150	143	144	141	135	132	146	136	147
	middelhoog slik zacht substraat	211	194	215	223	219	217	219	221	218	205
	hoog slik zacht substraat	36	47	54	56	59	56	54	55	53	52
Natuurlijk hard substraat	laag slik hard natuurlijk	14	15	21	19	18	22	22	23	22	24
	middelhoog slik hard natuurlijk	4	3	2	3	2	3	3	3	2	3
	hoog slik hard natuurlijk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	supralitoraal hard natuurlijk						0		0		
Antropogeen hard substraat	laag slik hard antropogeen	16	20	21	20	21	20	21	22	19	22
	middelhoog slik hard antropogeen	49	47	48	50	49	48	46	48	47	46
	hoog slik hard antropogeen	11	11	9	10	10	10	10	9	9	8
	supralitoraal hard antropogeen	14	14	17	14	17	14	17	15	31	10
	hoog supralitoraal hard antropogeen						0	0	0	0	1
Supralitoraal	potentiële pionierzone	23	19	17	19	20	20	25	25	26	41
	schor	216	223	227	225	258	263	375	376	383	378
	getijdenplas	0	0	0	0	1	1	5	5	5	5
	hoog supralitoraal*	9	10	18	21	21	22	25	25	5	22
	antropogeen	1	1	1	1	2	2	2	2	1	5
Totaal		3 350	3 368	3 394	3 394	3 434	3 407	3 575	3 580	3 579	3 585

Tabel 3-13: Omzetting van de ecotopenarealen in de Beneden-Zeeschelde tussen 2010 en 2020 (in ha).

Overgang 2010-2018	NAAR 2020																			
	DS	MDS	OS	LSZS	LSHA	LSHN	MSZS	MSHA	MSHN	HSZS	HSHA	HSHN	GP	PP	S	SHA	SHAH	HS	A	Totaal
diep subtidaal (DS)	1927	33	4	1	0		0	0		0	0			0	0	0		0	0	1964
matig diep subtidaal (MDS)	48	316	30	2	0	0	0	0		0	0			0	0	0		0	0	396
ondiep subtidaal (OS)	1	25	185	26	1	0	2	0	0	0	0			0	0	0		0	0	240
laag slik zacht substraat (LSZS)	0	1	24	90	5	12	14	1	0	0	0			0	0	0	0	0	0	149
laag slik hard antropogeen (LSHA)	0	0	2	1	11	0	0	1	0	0	0			0	0	0		0	0	15
laag slik hard natuurlijk (LSHN)		0	1	3	0	9	0	0	0		0								0	14
middelhoog slik zacht substraat (MSZS)	0	0	2	15	1	1	170	7	2	10	0			0	2	0	0	0	0	210
middelhoog slik hard antropogeen (MSHA)	0	0	0	0	2	0	5	35	0	0	1			0	2	0	0	0	1	48
middelhoog slik hard natuurlijk (MSHN)			0	0	0	1	1	0	1	0	0	0		0	0	0			0	4
hoog slik zacht substraat (HSZS)	0	0	0	0	0		2	0	0	28	0	0	0	1	4	0	0	0	0	36
hoog slik hard antropogeen (HSHA)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0		0	3	0	0	0	1	11
hoog slik hard natuurlijk (HSHN)		0	0	0			0	0	0		0	0			0				0	0
potentiele pionierzone (PP)	0	0	0	0	0		0	0	0	3	0	0	0	9	10	0	0	0	0	23
schor (S)		0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0		4	197	2	0	9	0	215
supralitoraal hard antropogeen (SHA)	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1			1	4	4	0	1	1	12
hoog supralitoraal (HS)		0		0			0	0	0	0	0		0	0	3	0	0	5	0	9
antropogeen (A)	0	0	0	0	0		0	0		0	0		0	0	0	0		0	0	1
Totaal	1975	374	248	140	21	24	195	46	3	45	7	0	0	16	225	7	1	15	4	3347

3.4 Zwevende stof

In dit hoofdstuk wordt zwevende stof besproken, zowel in de Westerschelde als de Beneden-Zeeschelde. Voor andere parameters (zoals chloridegehalte en het doorzicht) gerelateerd aan de fysicochemische toestand wordt verwezen naar het T2021 rapport (T2021 Consortium, 2023a).

De meetlocaties van de verschillende stations wordt weergegeven in Bijlage J, Bijlage J.

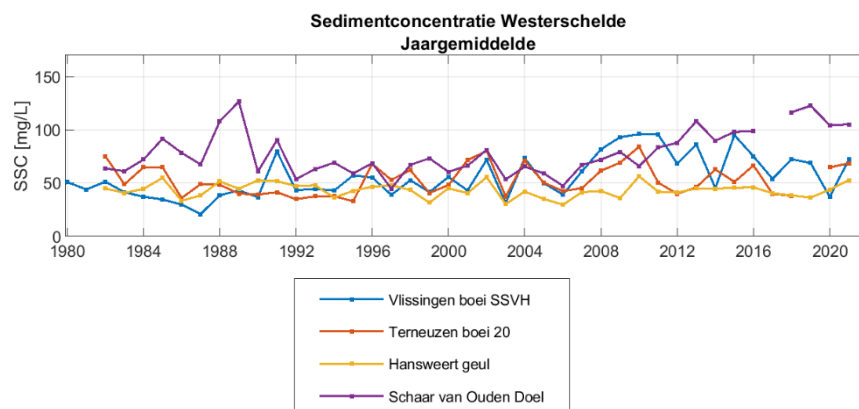
3.4.1 Westerschelde

Periodieke metingen van de sedimentconcentratie worden in de Westerschelde in het kader van het MWTL uitgevoerd tijdens laagwater op een diepte van 1 m onder het wateroppervlak. Jaargemiddelde waarden van het suspensiegehalte zijn weergegeven in Figuur 3-79. Bij meetlocatie Schaar van Ouden Doel was geen data beschikbaar in 2017, terwijl er bij meetlocatie Terneuzen geen data beschikbaar was in 2019.

- **Ter hoogte van Vlissingen:** De jaargemiddelde sedimentconcentraties ter hoogte van Vlissingen nemen toe met de tijd (Figuur 3-79). Globaal gezien schommelen de jaargemiddelde sedimentconcentraties in de periode voor de verruiming rond de 50 mg/L en variëren deze recentelijk rond 70 mg/L zonder duidelijke toe of afname¹⁷.
- **Ter hoogte van Terneuzen:** De jaargemiddelde sedimentconcentraties van de laatste 40 jaar ter hoogte van Terneuzen blijven vrij gelijkaardig, met jaargemiddelde sedimentconcentraties die variëren rond 55 mg/L, met uitschieters tot 84 mg/L. Gemiddelde sedimentconcentratie voor de winterperiode lopen op tot 107 mg/L.
- **Ter hoogte van Hansweert:** De jaargemiddelde sedimentconcentraties in de geul nabij Hansweert blijven in de voorbije 4 decennia vrij gelijkaardig. De jaargemiddelde sedimentconcentratie variëren rond 45 mg/L, met beperkte uitwijkingen tot maximaal 56 mg/L.
- **Ter hoogte van Schaar van Ouden Doel:** De jaargemiddelde sedimentconcentratie ter hoogte van Schaar van Ouden Doel over de laatste 40 jaar kan het best worden gekarakteriseerd in drie periodes. De eerste periode tot begin jaren-90 wordt gekenmerkt door sterke variaties in de jaargemiddelde sedimentconcentraties, variërend tussen 60 mg/L tot 125 mg/L. De periode van het begin van de jaren-90 tot ongeveer het moment van de verruiming is een stabiele periode zonder duidelijke toe of afname waarbij de jaargemiddelde sedimentconcentraties variëren rond 65 mg/L. Vanaf ongeveer de periode rond de verruiming kan een gestaag stijgende trend worden waargenomen (ca. 3 mg/L per jaar). De laatste twee waarden (voor 2020 en 2021) zijn iets lager dan de twee voorgaande jaren. Deze evolutie loopt analoog aan, en wordt sterk gestuurd door, de ontwikkeling van de sedimentconcentraties in de Beneden-Zeeschelde, zie hiervoor de volgende sectie en de discussie in Sectie 4.2.

Op basis van een trendbreukanalyse zou bepaald kunnen worden of de veranderingen in de sedimentconcentratie samenvallen met bepaalde ingrepen in het systeem. Hiervoor wordt verwezen naar het T2021 rapport (T2021 Consortium, 2023a).

¹⁷ Eventuele trends in de jaargemiddelden zijn nagegaan met de Mann-Kendall-test met een significantieniveau van 0,05 (Helsel en Hirsch, 2002). Merk op dat bij deze trendanalyse geen correctie voor autocorrelatie werd uitgevoerd. Bijlage J (J.4) geeft meer uitleg over de statistische methoden die zijn gebruikt voor de trendanalyse.



Figuur 3-79: Jaargemiddelde van periodieke metingen sediment concentratie in de Westerschelde.

3.4.2 Beneden-Zeeschelde

Doel van deze sectie is om de waargenomen veranderingen in zwevendestofconcentraties in de (Beneden-)Zeeschelde gedurende de laatste 2 jaar te kaderen in de veranderingen in zwevendestofconcentraties in de periode ervoor. Hiertoe zijn analyses uitgevoerd waarbij de beschikbare data is opgesplitst in aparte periodes, voor en na de verruiming.

In verschillende studies wordt een trendbreuk gerapporteerd rond het jaar 2008 (Maris en Meire, 2017; T2015 Consortium, 2018b; Cox *et al.*, 2019; Maris *et al.*, 2020; IMDC, 2020b). In Meire *et al.* (2021) wordt op basis van verschillende onafhankelijke datasets en analysemethoden bevestigd dat er rond de periode 2007–2009 een verandering in sedimentconcentraties in de Zeeschelde is. In de Boven-Zeeschelde wordt een verandering vastgesteld rond het jaar 2014. Voor trendbreukanalyses op basis van de meeste recente data wordt verwezen naar het T2021 rapport (T2021-rapport, in voorbereiding).

Een belangrijk aandachtspunt bij de analyse van de sedimentconcentraties in de Zeeschelde is de bovenafvoer. Op basis van verschillende studies wordt bevestigd dat met name in de Boven-Zeeschelde (en de Rupel) de bovenafvoer een belangrijke invloed heeft op de sedimentconcentraties (Vandenbruwaene, *et al.*, 2016; IMDC, 2016; Plancke *et al.*, 2020d; Meire *et al.*, 2021). Deze invloed neemt af in afwaartse richting. Ook wordt melding gemaakt van een verandering in de relatie tussen bovenafvoer en sedimentconcentraties, die is gesitueerd in de periode 2004-2005 (Plancke *et al.*, 2020d) of 2008 - 2009 (Cox *et al.*, 2019). In Plancke *et al.* (2020) wordt tevens het belang van de recente veranderingen in de verblijftijd onderstreept, waardoor meer opwaarts sedimenttransport optreedt als gevolg van meer en langere droogteperiodes. Naast de mogelijke invloed van de verruiming speelt ook de ontwikkeling van het Deurganckdok (periode 2005-2011) en het daaropvolgende onderhoud ervan een belangrijke rol in de toename van de sedimentconcentraties (IMDC, 2018b; Meire *et al.*, 2021).

In de Beneden-Zeeschelde worden in dit rapport drie onafhankelijke datasets van sedimentconcentratie¹⁸ besproken, waaruit de hierboven beschreven veranderingen blijken:

¹⁸ Door het Waterbouwkundig Laboratorium worden sinds 2007 4 keer per jaar Halftij-Eb (HTE) metingen uitgevoerd. Deze worden hier niet besproken.

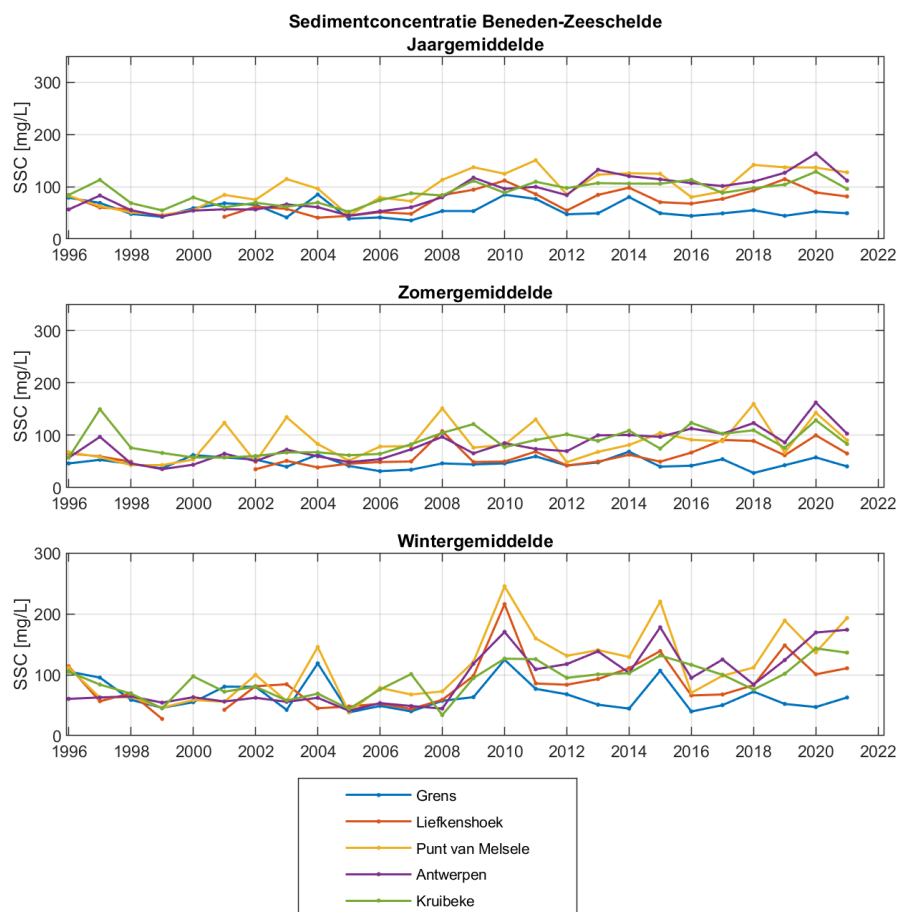
1. De getijonafhankelijke metingen¹⁹ uit het OMES-meetprogramma van oppervlaktetestalen;
2. De getijonafhankelijke metingen uit het OMES-meetprogramma van staalnames in de waterkolom (dieptetestalen);
3. Continue turbiditeitsmetingen met behulp van multiparametertoestellen, die via kalibratierelaties worden omgezet naar sedimentconcentratie.

3.4.2.1 Periodieke metingen: oppervlaktetestalen

Bij meetlocaties Liefkenshoek, Punt van Melsele, Antwerpen, en Kruike in de Beneden-Zeeschelde wordt een toenemende trend in sedimentconcentratie waargenomen (Figuur 3-80). In de periode vóór de verruiming liggen de sedimentconcentraties op deze locaties lager dan in de periode hierna. Enkel bij het station Grens wordt geen toename waargenomen, maar blijft de concentratie min of meer gelijk¹⁷, met een waarde rond de 50 mg/L. Dit is opmerkelijk omdat de dichtbijgelegen meetlocatie Schaar van Ouden Doel in de Westerschelde wel een toename vertoont van sedimentconcentratie op langere termijn. Dit verschil zou verklaard kunnen worden door de verschillende randvoorwaarden bij de metingen in de Westerschelde (getijafhankelijk) en de Beneden-Zeeschelde (getij-onafhankelijk).

Op alle meetlocaties in de Beneden-Zeeschelde wordt in 2020 een piek in zomergemiddelde sedimentconcentratie waargenomen, gevolgd door een lage waarde in 2021 (Figuur 3-80). Het jaargemiddelde is meer gelijkaardig aan de voorgaande jaren, en laat enkel bij de meest opwaartse locaties Antwerpen en Kruike in 2020 een hogere waarde zien.

¹⁹ De staalnames in de Beneden-Zeeschelde worden getijonafhankelijk uitgevoerd, hierdoor kunnen er discontinuïteiten ontstaan tussen de waarden van de meetlocaties bij de Belgisch-Nederlandse grens, aangezien er in de Westerschelde getijafhankelijk gemeten wordt.



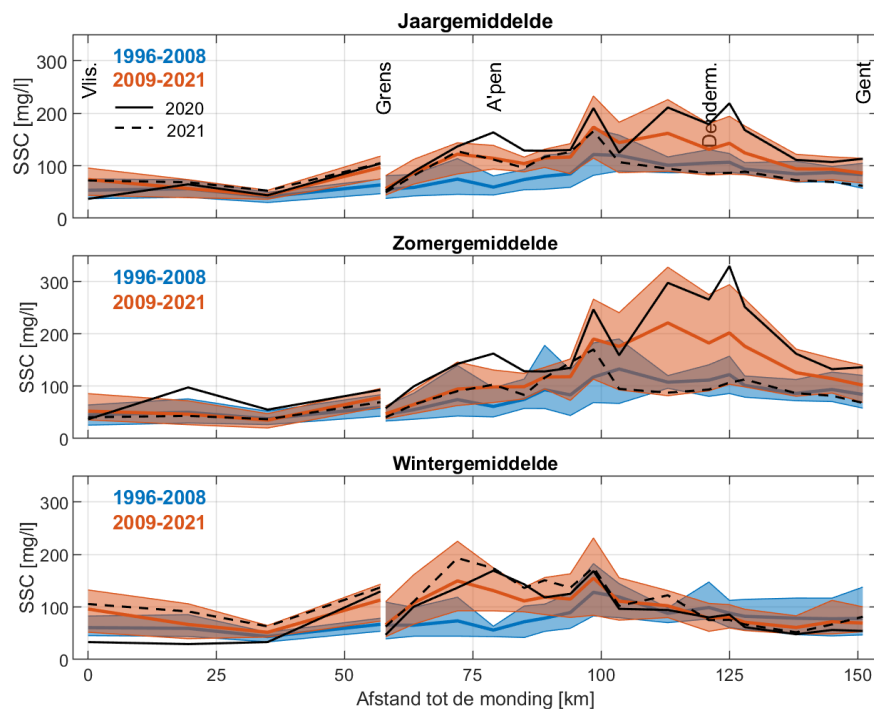
Figuur 3-80: Jaar -en seizoensgemiddelde van periodieke metingen suspensiegehalte in de Beneden-Zeeschelde.

Een nadere analyse van de metingen over het gehele Schelde-estuarium, inclusief de Boven-Zeeschelde, laat zien dat er een belangrijke verandering wordt waargenomen in de grootte, bandbreedte en ligging van het turbiditeitsmaximum tussen beide beschouwde periodes. Ook is er een duidelijk verschil in het turbiditeitsmaximum in de zomer en de winter (Figuur 3-81).

In de zomer ligt het turbiditeitsmaximum in de periode na de verruiming ca. 15 km stroomopwaarts in vergelijking met de periode ervoor. In vrijwel de gehele opwaartse zone van de Zeeschelde (> 100 km tot Vlissingen) is de gemiddelde sedimentconcentratie in de zomer, als ook de variatie tussen de jaren (bandbreedte) toegenomen. In de winter is er een tweeledige turbiditeitspiek, waarbij de eerste piek na de verruiming afwaarts ligt (voorbij Antwerpen, ter hoogte van de belangrijkste slibstortlocaties) en ten opzichte van de periode ervoor in omvang is toegenomen, en de tweede piek zich in beide periodes voordoet rond Temse, 100 km opwaarts van Vlissingen.

In 2020 is een hoog zomergemiddelde gemeten doorheen de gehele Westerschelde en Zeeschelde, met uitzondering van Vlissingen. Het wintergemiddelde in 2020 was vrij hoog rondom Antwerpen, maar juist zeer laag in zowel het meest afwaartse als opwaartse gebied. In 2021 is het beeld anders, waarbij de zomergemiddelde sedimentconcentratie aan de onderkant van de verdeling (2009-2021) ligt, en het wintergemiddelde over het algemeen meer bovenin (Figuur 3-81). In 2021 werd opwaarts geen duidelijk turbiditeitsmaximum waargenomen, maar was een kleinere piek zichtbaar rond de 100 km. De jaargemiddelde sedimentconcentraties opwaarts in de Zeeschelde

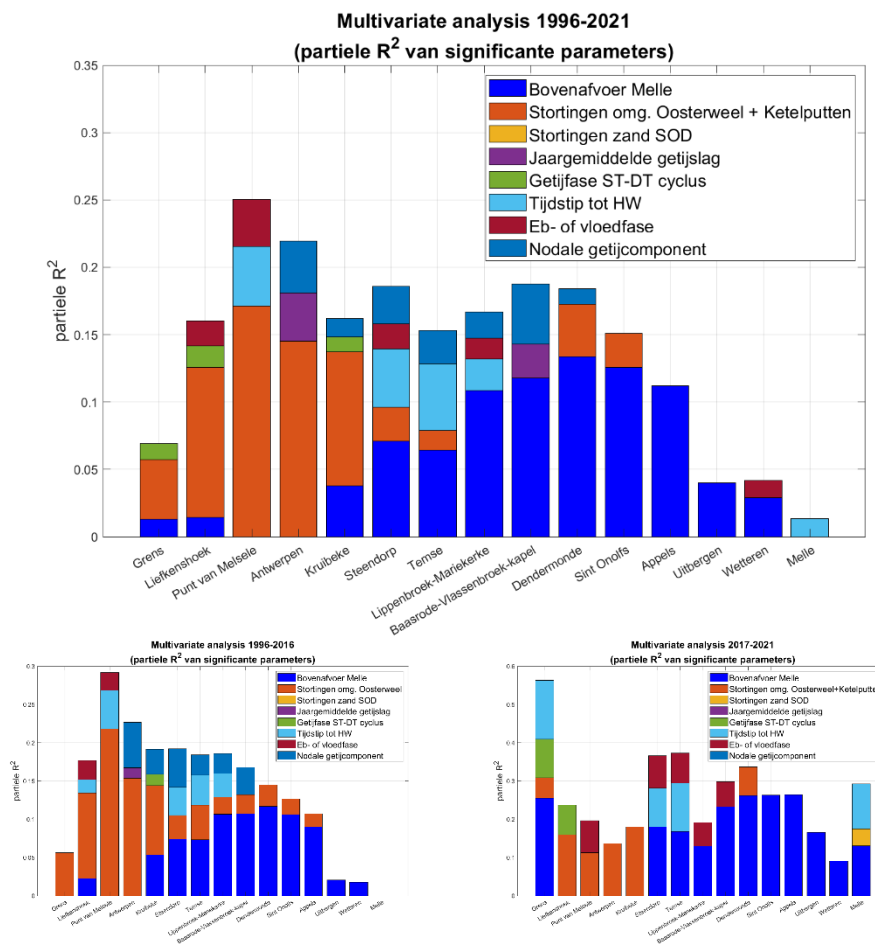
(> 100 km) liggen daarmee onderin de verdeling en ruim onder het gemiddelde in die periode (rode lijn).



Figuur 3-81: Langsverdeling van sedimentconcentraties in het gehele Schelde-estuarium (naar Cox et al., 2015). De brede, gekleurde lijn geeft het gemiddelde weer, gekleurde gebieden geven het 10e en 90ste percentiel van de jaargemiddelden aan over de beschouwde periode. De zwarte doorgetrokken en gestippelde lijn geven de waarden van respectievelijk 2020 en 2021 weer.

In IMDC (2017) zijn de oppervlakte stalen uit het OMES meetprogramma geanalyseerd met behulp van een Multi Variate Analyse. Met de analyse wordt het ruimtelijk belang van verschillende verklarende variabelen op de sedimentconcentraties in de Zeeschelde aangetoond. Op basis van de bevindingen werd een conceptueel model geschetst waarin de ligging van het ETM werd gerelateerd aan de natuurlijke variatie van het getij, de slibstortingen en het bovendebiet. De techniek werd later ook toegepast op de continue metingen bij Oosterweel (zie Sectie 3.4.2.3).

Ten behoeve van het voorliggende voortgangsrapport werd de analyse geactualiseerd, en werden ook de stortingen in de Ketelputten als afzonderlijke verklarende parameter mee beschouwd (Figuur 3-82). Het relatieve belang van de afzonderlijke verklarende parameters wordt uitgedrukt door middel van de partiële determinatiecoëfficiënt R^2 .



Figuur 3-82 : Partiele determinatie coëfficiënt voor de verschillende (significante) verklarende variabelen voor de zwevendestofconcentraties in de Zeeschelde, gebaseerd op de OMES data (naar IMDC, 2017); top: 1996 – 2021, links: 1996 – 2016 (updated), rechts: 2017 – 2021 (met Ketelputten). (let op: waardes langs verticale as verschillen)

Het is duidelijk dat de stortvolumes een belangrijke verklarende variabele vormen in de omgeving van de stortzone (Punt van Melsele) in de Beneden-Zeeschelde, en in afnemende mate in opwaartse richting tot in de Boven-Zeeschelde. Daarnaast blijkt duidelijk het belang van de bovenafvoer in de Boven-Zeeschelde op de sedimentconcentraties. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de ontwikkelingen in de Boven-Zeeschelde, zoals in het voorgaande beschreven en weergegeven in Figuur 3-82, in belangrijke mate gestuurd worden door de bovenafvoer.

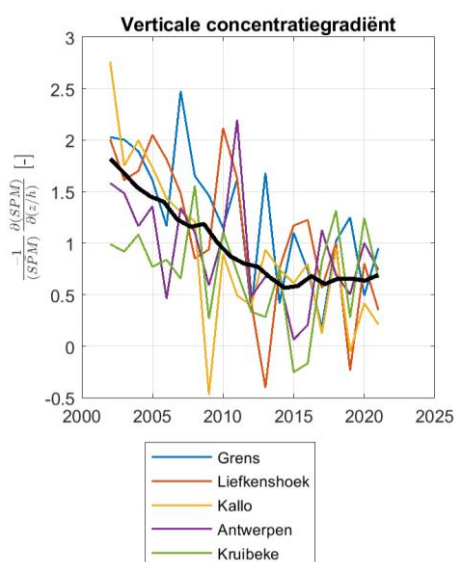
Sinds de ingebruikname van de stortlocatie Ketelputten lijkt het (statistisch) belang van de slibstortingen op de sedimentconcentratie in de opwaartse delen van de rivier te zijn afgenomen. Hierbij moet rekening gehouden worden met de relatief beperkte waarnemingen in de analyseperiode 2017 – 2021, waardoor voor bepaalde parameters mogelijk (nog) geen statistisch significante relatie kan worden vastgesteld.

3.4.2.2 Periodieke metingen: dieptestalen

In de Beneden-Zeeschelde zijn ook metingen van sedimentconcentraties in de waterkolom beschikbaar (dieptestalen, analyse zie Bijlage J, J.1). Er is een grote variatie in beschikbare data doorheen de monitoringsperiode.

Op basis van de dieptestalen van sedimentconcentratie kan de verticale concentratiegradiënt worden bepaald. Deze (genormaliseerde) gradiënt wordt

berekend als $\frac{-1}{SSC} \frac{\partial(SSC)}{\partial(z/h)}$ waarbij z/h de relatieve hoogte boven de bodem van de staalname is en SSC de sedimentconcentratie. Er zijn grote verschillen tussen de locaties en de verschillende jaren. Voor alle locaties samen is de jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt bepaald over de periode 2002-2021 (zwarte lijn, Figuur 3-83). De afname van de gradiënt betekent dat het sediment de laatste jaren meer uniform verdeeld is over de waterkolom, vooral door een toename van concentratie nabij de oppervlakte (zie ook Maris et al., 2020). Dit zou of het gevolg kunnen zijn van een groter aandeel fijn sediment (andere sedimentkarakteristiek)²⁰ of een verbeterde menging (verandering in hydrodynamica). Vanaf 2015 is de evolutie van de jaargemiddelde concentratiegradiënt gestabiliseerd zonder duidelijke toe of afname¹⁷ waarbij de waarde rond de 0,65 schommelt. Oorzaken hiervoor kunnen bijvoorbeeld gezocht worden in veranderingen in de getijdoordringing, getijasymmetrie, de bovenafvoer, de bagger- en storthoeveelheden en het sedimentaanbod. Om meer inzicht te krijgen in de relevantie van deze evolutie voor de primaire productie, kan in een vervolgonderzoek ook het effect op de verhouding eufotische diepte en de mengdiepte bepaald kunnen worden.



Figuur 3-83: Jaargemiddelde verticale concentratiegradiënt op basis van de dieptestalen. Brede zwarte lijn geeft een lopende gemiddelde weer door alle meetlocaties.

3.4.2.3 Continue metingen

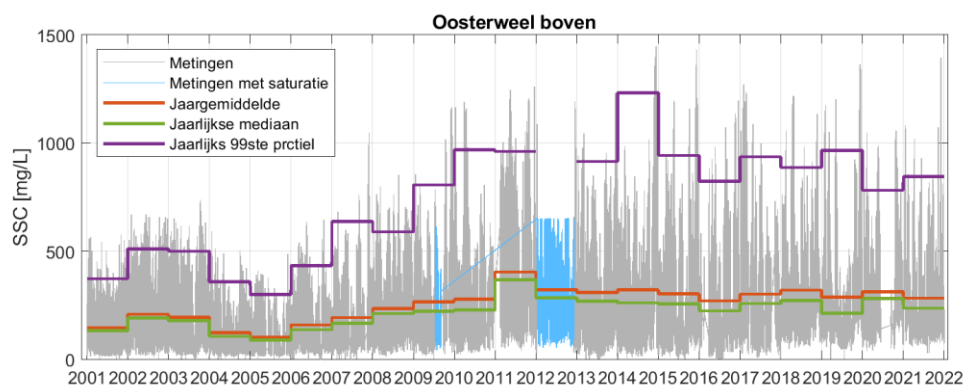
Continue metingen van turbiditeit werden tot 2015 uitgevoerd op de locaties Oosterweel, Boei84, en Driegoten in de Beneden-Zeeschelde met behulp van multiparametertoestellen. De locatie Boei 84 is in oktober 2015 vervangen door meetpaal Lillo. Meetstation Driegoten is per januari 2016 ook buiten werking gesteld en is sinds december 2017 vervangen door station Weert. Het meetstation bij Kruibeke is eind 2015 in werking gesteld.

²⁰ In het OMES 2016 rapport (Maris en Meire, 2017) wordt ingegaan op de kwalitatieve verandering van zwevende stof als een mogelijke oorzaak voor veranderingen in het gedrag van zwevend stof in de Beneden-Zeeschelde. Er worden een aantal mechanismes beschreven, onder andere 1/ het meer dan evenredige aandeel van kleine partikels die in het Deurganckdok sedimenteren en door onderhoudswerken in het systeem blijven in plaats van uit te spoelen naar zee (washload), 2/ de verandering in de biologische eigenschappen van de waterkolom die leiden tot een omslag van een respiratie gedomineerd systeem in een systeem met netto primaire productie, 3/ de verandering van de fysisch-chemische eigenschappen waardoor de aggregatie van cohesieve sedimenten mogelijk is verminderd, en 4/ de toename in algenbloei waardoor meer werden polysachariden uitgescheiden die ook een effect op vlokvorming hebben (mogelijke seizoenale impact).

Meetpunt Oosterweel ligt in de Beneden-Zeeschelde tussen de locaties Punt van Melsele en Antwerpen, waar periodieke metingen worden uitgevoerd, en in de nabijheid van de stortzones voor slib te Oosterweel en Punt van Melsele. Er is dan ook een directe relatie tussen de gemeten sedimentconcentraties en de slibstortingen te verwachten. De jaarlijkse stortvolumes stegen gestaag van 2005 tot een piekvolume in 2011, gevolgd door een geleidelijke afname (zie Figuur 3-84). De jaargemiddelde sedimentconcentratie in Figuur 3-84 volgt de stortvolumes niet 1-op-1, maar het patroon van de stortvolumes is duidelijk waarneembaar.

Een multivariate regressie-analyse van de continue metingen in Oosterweel (IMDC, 2016, 2021d) heeft inderdaad aangetoond dat de sedimentconcentratie een sterke correlatie vertoont met de stortingen van slib in de nabijgelegen stortzones. Na de start van de stortingen in de Ketelputten neemt het belang van stortingen in Oosterweel en Melsele af, ten voordele van de stortingen in de Ketelputten. Beide locaties dragen zo bij aan de variatie in zwevende stof in Oosterweel.

In de multivariate analyse werd de verblijftijd in rekening gebracht door voor hoge debieten, waarbij vooral sediment in de richting van het meetpunt wordt getransporteerd (positieve correlatie), een kortere tijdschaal te beschouwen dan voor lage debieten, waarbij vooral sediment in opwaartse richting wordt getransporteerd en de concentratie ter hoogte van het meetpunt geleidelijk afneemt (negatieve correlatie). In Oosterweel bleek vooral het tweede mechanisme van belang. Hieruit kan geconcludeerd worden dat ook in de Beneden-Zeeschelde de (afname van de) sedimentconcentratie gestuurd wordt door periodes van lage bovenafvoer.



Figuur 3-84: Continue metingen sedimentconcentratie Oosterweel. Metingen in blauw werden uitgevoerd met het Seaguard-500 toestel.

De datasets bij Lillo, Weert, en Kruibeke zijn nog te kort om conclusies te trekken over de trend in de waardes (voor figuren zie Bijlage J, J.2). Bij Lillo Boven lagen de gemiddelde sedimentconcentraties in 2019 en 2021 hoger dan in overige jaren. In tegenstelling tot Lillo Onder, waar minder variatie wordt waargenomen, maar de waarden van 2016-2018 licht hoger waren. Bij Kruibeke en Weert lijkt een beperkte afname van de troebelheid tussen 2017-2018 en 2021.

3.5 Fauna (Westerschelde)

In dit deel wordt de toestand en evolutie van de gunstige staat van instandhouding besproken van relevante soorten die voorkomen in de Westerschelde. Specifiek wordt er gekeken naar benthos, watervogels, broedvogels, en zeehonden.

3.5.1 Macrozoöbenthos

Voor de schelpdierdata (WOT Westerschelde 1992-2021: kokkelsurvey) focust de analyse op de (gewone) kokkel *Cerastoderma edule* en het nonnetje *Limecola balthica*. De beoordeling gebeurde op het niveau 'plaatcomplex'. De monsternamenpunten zijn weergegeven in Bijlage K, Bijlage KBijlage K.

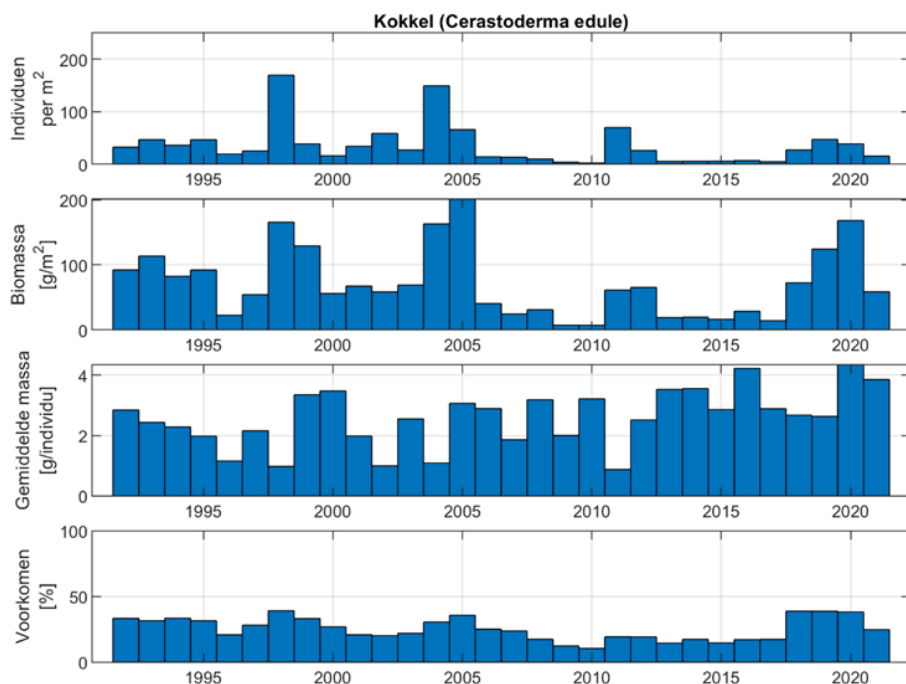
De macrozoöbenthosdata (biomassa en soortenrijkdom) tot en met 2020 werden ook geanalyseerd per ecotoop en per zone (west, midden, oost, Bijlage L, L.1). De MWTL analyses zijn gebaseerd op data van 2019 en 2020.

3.5.1.1 Schelpdieren

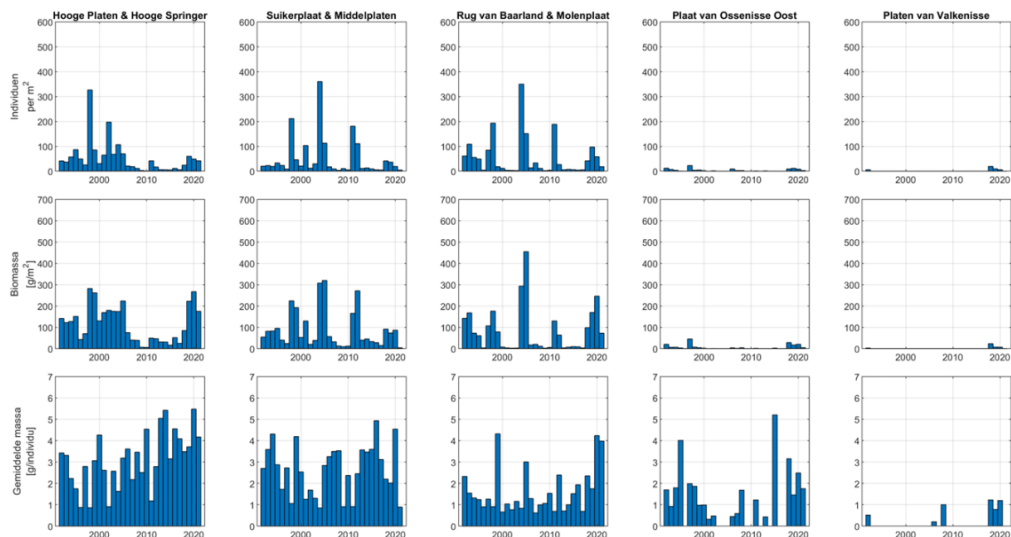
De dynamiek in de kokkelpopulatie is groot, zowel in de Westerschelde als in de Oosterschelde en de Waddenzee. Sinds 1992 vertoont de kokkel een dalende trend in de Westerschelde, met densiteitspieken (broedvallen) in 1998, 2004, en 2011, steeds gevolgd door een verdere gestage daling in densiteit. In 2019 heeft zich opnieuw een broedval voorgedaan (Figuur 3-85). Deze densiteitspiek in 2019 werd gevolgd door een piek in biomassa en gemiddelde massa in 2020. In het algemeen is de gemiddelde massa per individu lager op de jaren met densiteitspieken, waarna de massa opnieuw toeneemt. Bij een succesvolle broedval zijn er immers opnieuw veel kleine kokkels aanwezig, gevolgd door jaren met jaren met minder, maar grotere (meerjarige) kokkels.

Een goede broedval komt sinds de start van de metingen typisch om de 6 à 8 jaar voor in de Nederlandse kustwateren (Troost, 2018). Door het uitblijven van een broedval van betekenis blijft het bestand in de Westerschelde onveranderd laag (Troost et al., 2017). Grote schommelingen in het kokkelbestand worden daarnaast ook veroorzaakt door predatie in het larvale stadium en door strenge winters waarin grote sterfte kan optreden (Troost et al., 2012; van der Heide et al., 2014; CBS et al., 2017).

De biomassa van kokkels ligt in recente jaren op Hooge Platen op een vergelijkbaar hoog niveau als in de piekjaren rond 2000 (Figuur 3-86). De gemiddelde massa per individu lijkt daarbij toe te nemen. In het oostelijk deel van het estuarium zijn kokkels grotendeels afwezig, door de lagere zoutcondities, maar sinds 2018 zijn er ter hoogte van Platen van Valkenisse wel lage hoeveelheden kokkels aangetroffen. Bij het berekenen van de gemiddelde densiteit en biomassa is rekening gehouden met nulmetingen (stalen zonder kokkels).

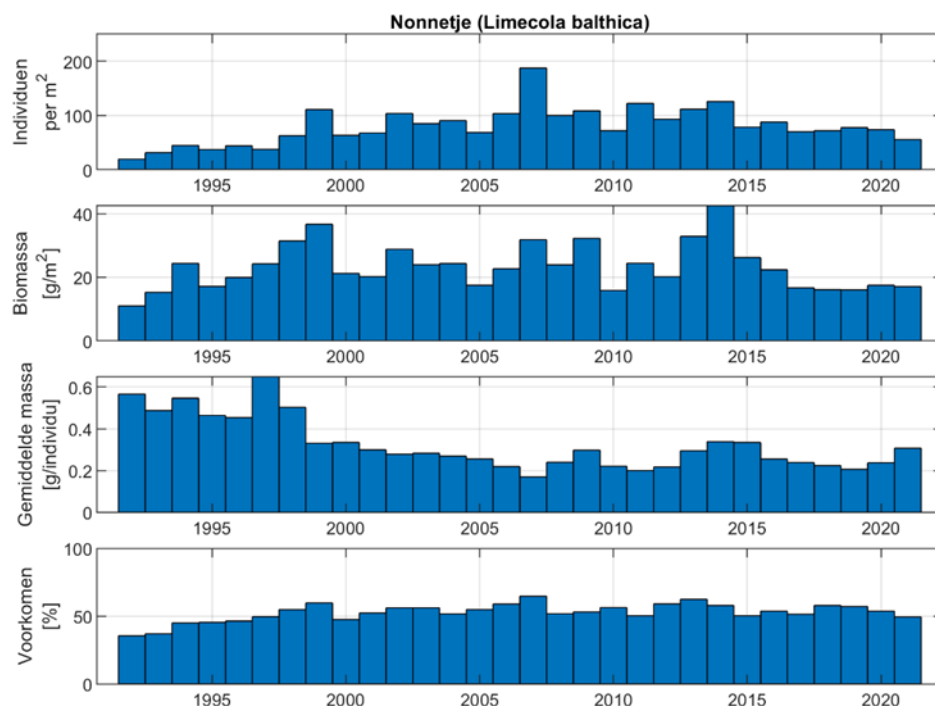


Figuur 3-85: Temporele evolutie van de totale densiteit, en biomassa (versgewicht), massa per individu en voorkomen van kokkels in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2021 op basis van de WOT-data.

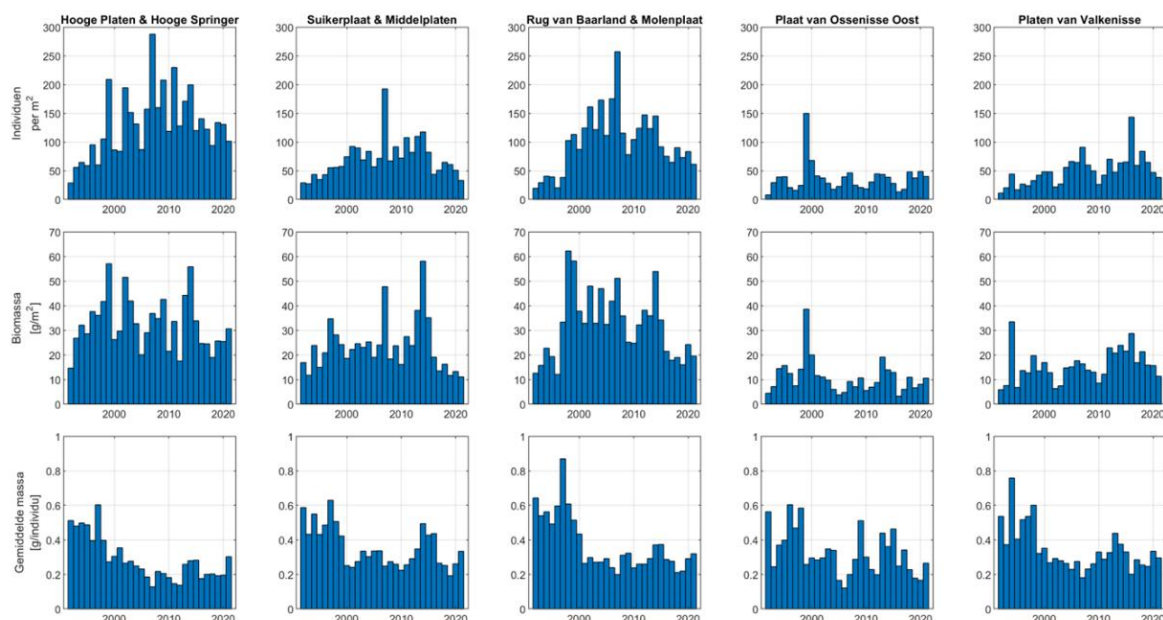


Figuur 3-86: Gemiddelde densiteit (boven), biomassa (versgewicht, midden) en massa per individu (onder) kokkels, op basis van WOT-data, per plaat en jaar.

Het nonnetje toonde sinds de jaren '90 in de Westerschelde een positieve trend in densiteit en voorkomen, maar blijft sinds 2000 redelijk stabiel. De gemiddelde massa is afgenomen sinds eind jaren '90. Sinds 2017 is de densiteit en de biomassa voor het nonnetje stabiel (Figuur 3-87). In 2020 en 2021 steeg de gemiddelde massa lichtjes terwijl er een lichte daling van de densiteit zichtbaar is. Ook voor de nonnetjes betekent dit dat er wellicht minder juvenielen maar grotere individuen aanwezig zijn.



Figuur 3-87: Temporele evolutie van de totale densiteit, en biomassa (versgewicht), massa per individu en voorkomen van nonnetjes in de gehele Westerschelde tussen 1992 en 2021 op basis van de WOT-data.



Figuur 3-88: Gemiddelde densiteit (boven), biomassa (versgewicht, midden) en massa per individu (onder) nonnetjes, op basis van WOT-data, per plaat en jaar.

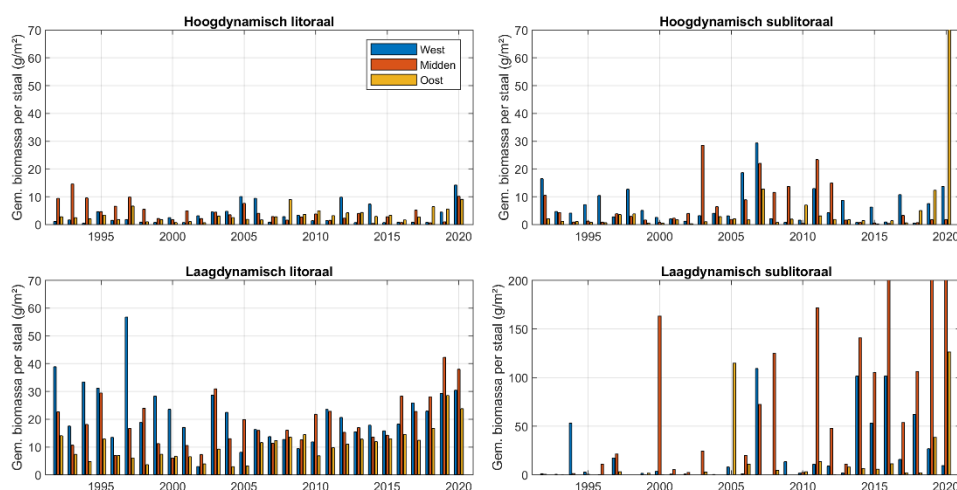
Nonnetjes komen wel voor in het oosten van de Westerschelde maar beduidend minder dan in het westen en midden (Figuur 3-88). Voor deze schelpdieren is er op de meeste plaatcomplexen na een afname van ca. 4-5 jaar opnieuw een lichte toename van de biomassa en gemiddelde massa per individu zichtbaar in de periode 2020-2021, terwijl de densiteit daalt.

3.5.1.2 Macrozoöbenthos

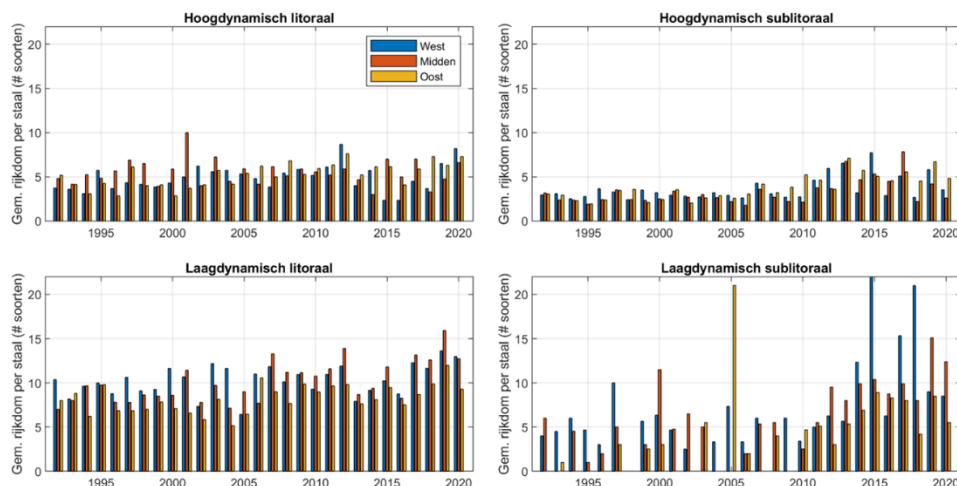
Sinds 2009 is de MWTL bemonstering verhoudingsgewijs meer in het teken van de ecotopen komen te staan, waardoor de staalname van dan af minder uniform is verspreid. Het aantal stalen in het laagdynamisch areaal zijn toegenomen terwijl er minder stalen in het hoogdynamisch sublitoraal worden genomen (zie Bijlage L, L.1). Om deze reden worden er geen algemene analyses van de biomassa in de Westerschelde uitgevoerd, enkel per ecotoop.

De temporele evolutie in de biomassa en soortenrijkdom van de benthos voor het hoog- en laagdynamisch litoraal kent de laatste jaren een stijging (Figuur 3-88 en Figuur 3-89). Vooral in het laagdynamisch litoraal kan sinds ca. 2015 een duidelijke stijging in de biomassa worden waargenomen (Figuur 3-88). Algemeen genomen wordt een grotere biomassa aangetroffen in het laagdynamisch litoraal dan in het hoogdynamisch litoraal. Er wordt wel vaker een hogere waarde in biomassa ($>100 \text{ g/m}^2$) bemonsterd in het laagdynamisch sublitoraal, dan in de andere beschouwde ecotopen, maar het aantal stalen is te laag om hieruit conclusies te trekken (zie Bijlage L, L.1). Grote pieken in biomassa in het laag- en hoogdynamisch sublitoraal zijn waarschijnlijk te wijten aan de lokale aanwezigheid van schelpdierbanken.

Het is duidelijk dat ook de gemiddelde soortenrijkdom het hoogst is in het laagdynamisch litoraal (zie Figuur 3-90). Ook hier is een lichte stijging zichtbaar sinds ca. 2013, al neemt de soortenrijkdom opnieuw wat af in 2020. In het laagdynamisch sublitoraal is de gemiddelde soortenrijkdom de laatste 10 jaar eveneens gestegen tot ca. hetzelfde niveau als het laagdynamisch litoraal, al is zoals hoger reeds vermeld het aantal stalen te laag voor conclusies. Voor een diepgaandere analyse van het macrozoöbenthos en de evolutie van de verschillende functionele groepen wordt verwezen naar o.a. van Son *et al.* (2022) en de T-rapportages.



Figuur 3-89: Temporele evolutie per ecotoop van gemiddelde biomassa (AFDW) per staal per deelgebied van de Westerschelde tussen 1992 en 2020. Bemerkt de verschillende verticale schaal bij het laagdynamisch sublitoraal.



Figuur 3-90: Temporele evolutie per ecotoop van de gemiddelde soortenrijkdom per staal voor de drie deelgebieden van de Westerschelde tussen 1992 en 2020.

3.5.2 Vogels

Het Schelde-estuarium ligt voor watervogels, zoals steltlopers, eenden en ganzen, op de zogenaamde Oost-Atlantische trekroute. De Westerschelde is een wetland van internationaal belang, gezien er voor heel wat soorten meer dan 1 % van de wereldwijde populatie in het Schelde-estuarium voorkomt (Ysebaert *et al.*, 2000). In het mondingsgebied en de polyhaline zone van de Westerschelde komen veel steltlopers voor, zoals de scholekster, bonte strandloper, drieteenstrandloper en zilverplevier. In de mesohaline zone speelt het Verdrongen Land van Saeftinghe (ruim 3300 ha) een bijzondere rol voor eenden en ganzen als een uitgebreid foerageergebied en rustplaats. In dit rapport wordt gefocust op de steltlopers, aangezien voornamelijk deze groep rechtstreekse impact kan ondervinden van morfologische veranderingen in hun foerageergebied.

In het Deltagebied broeden ook nationaal en internationaal belangrijke populaties van diverse soorten kustbroedvogels. Vooral voor de sternsoorten (dwergstern, grote stern, visdief) is de Westerschelde van groot belang aangezien de Hooge Platen een belangrijk broedgebied vormt.

In dit rapport worden enkel relevante soorten, die afhankelijk zijn van de Westerschelde opgenomen. In de analyses zal specifiek gekeken worden naar de vogelsoorten (niet-broedvogels en broedvogels) in de Westerschelde waarvoor een instandhoudingsdoelstelling bestaat en die bovendien afhankelijk zijn van het gebied :

- Voor **niet-broedvogels** wordt door een wijziging in het MWTL telprogramma sinds 2013, gebruikt gemaakt van de analyses van het Sovon Vogelonderzoek.
- De geleverde MWTL data voor de **broedvogels** zijn ruimtelijk gedetailleerder in Bijlage L, L.2. Het voorkomen van de soort in de tellingen wordt ruimtelijk weergegeven, samen met de ontwikkeling van het totaal aantal broedparen. Voor de bespreking wordt daarnaast gebruik gemaakt van de jaarlijks rapporten 'Kustbroedvogels in het Deltagebied'.

Daarnaast beïnvloedt de droogvalduur de foerageertijd en de kokkelpopulatie. In dit rapport wordt daarom een analyse uitgevoerd naar het potentieel foerageergebied voor steltlopers op de platen aan de hand van droogvalpercentages in het laagdynamisch litoraal tussen de 30 % en 70 %. Het is immers niet voldoende dat het voedsel voor de steltlopers aanwezig is; de steltlopers moeten het ook kunnen bereiken. Alleen wanneer de platen bijna droogvallen kunnen de steltlopers beginnen met foerageren. Nadere

analyse van de spreiding op de droogvalduur ten gevolge van de morfologie van de plaat is niet uitgevoerd.

3.5.2.1 Niet-Broedvogels

Voor de steltlopers, de belangrijkste groep gerelateerd aan het estuarium, blijkt dat enkel de wulp een langdurige positieve trend kent, terwijl er bijna voor alle andere soorten voornamelijk een langdurige afname van de populatie zichtbaar is (Figuur 3-91). Voor enkele soorten bestond deze achteruitgang van de populatie reeds sinds de jaren '80 of '90 van de vorige eeuw, zoals bij de bontbekplevier. Ook voor de meeste andere vogelsoorten is de negatieve trend reeds zichtbaar vóór de derde verruiming. Bij de drieteenstrandloper, kanoet en kluut vond een afname in populatie plaats sinds 2009-2010, maar deze kende opnieuw een toename tijdens de laatste 5 seizoenen. Bij de tureluur is eveneens opnieuw een positieve trend zichtbaar. Voor een volledig overzicht van de figuren van de niet-broedvogels wordt verwezen naar Bijlage L, L.2.

Voor de niet-broedvogelsoorten in de Westerschelde, waarvoor een instandhoudingsdoelstelling (IHD) bestaat, zijn de seizoensgemiddeldes (juli jaar n – juni jaar n+1) afgewogen ten opzichte van de Natura 2000 instandhoudingsdoelstelling (Tabel 3-14, Figuur 3-91). De kanoet voldoet sinds '16/'17 opnieuw aan de norm en de scholekster sinds '18/'19. Ook de kluut en de drieteenstrandloper voldeden enkele jaren opnieuw aan de IHD, maar haalden het laatste seizoen ('19/'20) de norm niet. De andere soorten halen de IHD helemaal niet of slechts sporadisch. Voor een volledig overzicht van de IHD van de niet-broedvogels wordt verwezen naar Bijlage L.1.

Tabel 3-14 geeft de trends weer in de rest van Nederland gebaseerd op onderzoek van Sovon. Uit deze tabel blijkt dat voor enkele soorten (o.a. bontbekplevier, grauwe gans, rosse grutto, smient, zilverplevier) de aantallen in de Westerschelde dalen terwijl er op nationaal niveau net een stijging of stabilisatie merkbaar was tijdens dezelfde periode. Voor enkele soorten zijn er ook toenames van aantallen op te merken in de Westerschelde die zich niet voordoen op nationaal gebied (o.a. bergeend, scholekster).

Tabel 3-14: Vergelijking seizoensgemiddeldes (juli jaar 1 – juni jaar 2) van in de Westerschelde met Natura 2000 IHD (onder norm: rood; boven norm: groen). Bron: sovon.nl

Soort	Natura 2000 IHD	Seizoensgemiddelde juli-juni versus Natura 2000 IHD										
		'09/'10	'10/'11	'11/'12	'12/'13	'13/'14	'14/'15	'15/'16	'16/'17	'17/'18	'18/'19	'19/'20
Bontbekplevier	430	448	363	503	309	434	212	254	427	355	275	350
Bonte strandloper	15100	13242	11578	11291	8678	11205	11565	6667	10596	12552	11858	10554
Drieteenstrandloper	1000	1519	1256	1353	856	668	538	619	1140	1418	1274	978
Goudplevier	1600	373	638	374	316	279	74	180	206	143	114	110
Groenpootruiter	90	66	76	53	52	44	44	41	64	40	28	70
Kanoet	600	2180	1346	1030	1599	724	374	257	1471	894	1160	887
Kievit	4100	1234	3306	2437	2290	3427	1689	2647	1356	1418	1033	1521
Kluut	540	529	616	386	378	378	408	394	589	543	628	450
Rosse grutto	1200	1203	925	923	834	633	448	558	508	789	629	463
Scholekster	7500	7138	6678	6250	6782	7370	6602	6460	6510	6901	7592	9930
Strandplevier	80	13	12	10	12	11	2	8	4	5	4	12
Tureluur	1100	1013	866	624	554	619	660	513	793	763	707	838
Wulp	2500	3323	3769	3343	3242	3793	3346	3137	3667	3739	3778	3516
Zilverplevier	1500	1864	1731	1675	1206	1417	1415	1544	1485	1565	1352	1481
Zwarte ruiter	270	122	90	96	65	79	69	85	58	38	46	58



Figuur 3-91: Evolutie van de seizoensgemiddelde (rode punten) van de **stelloppers** in de Westerschelde. De trendlijn is weergegeven met een donker gekleurde lijn en het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de trendlijn met een lichtgekleurde lijn. In groen wordt de instandhoudingsdoelstelling voor de soort weergegeven. De oranje lijn geeft het gemiddelde over de laatste vijf seizoenen. Bron: Netwerk Ecologische Monitoring (Sovon, RWS, CBS)

Tabel 3-15: Trends in aantalsveranderingen van een aantal pleisterende watervogelsoorten in de Westerschelde en op nationaal niveau (Sovon, RWS, CBS)

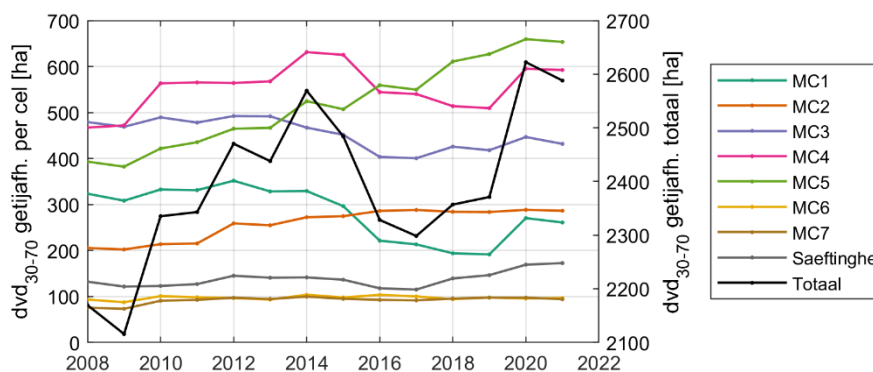
Soort	Trend Westerschelde Sinds 2007	Trend Nederland Sinds 2008
Bergeend	Toename	Stabiel
Bontbekplevier	Afname	Toename
Bonte strandloper	Stabiel	Stabiel
Drieteenstrandloper	Onzeker	Toename
Fuut	Stabiel	Stabiel
Goudplevier	Sterke afname	Afname
Grauwe gans	Afname	Toename
Groenpootruiter	Afname	Afname
Kanoet	Stabiel	Stabiel
Kievit	Afname	Afname
Kleine zilverreiger	Afname	Onzeker
Kluut	Stabiel	Afname
Kolgans	Afname	Afname
Krakeend	Toename	Sterke toename
Lepelaar	Sterke toename	Toename
Middelste zaagbek	Onzeker	Stabiel
Pijlstaart	Onzeker	Toename
Rosse grutto	Afname	Stabiel
Scholekster	Toename	Afname
Slobeend	Toename	Toename
Smient	Afname	Stabiel
Steenloper	Stabiel	Stabiel
Strandplevier	Sterke afname	Sterke afname
Tureluur	Stabiel	Stabiel
Wilde eend	Afname	Afname
Wintertaling	Toename	Toename
Wulp	Stabiel	Stabiel
Zilverplevier	Afname	Stabiel
Zwarte ruiter	Sterke afname	Afname

Lokale veranderingen in de Westerschelde zullen de geschiktheid als leef- of foerageergebied voor niet-broedvogels in belangrijke mate beïnvloeden. Ten eerste is de toenemende recreatie, zoals rondvaartboten, kitesurfers en buitendijkse fiets- en wandelpaden, in de Westerschelde een gegeven dat voor veel verstoring van vogels zorgt (Hoekstein *et al.*, 2022). Ten tweede is zowel kwantiteit als kwaliteit bepalend voor de geschiktheid van de Westerschelde als leefgebied voor de niet- broedvogels, en kan dit per soort variëren. Enkele algemene morfologische ontwikkelingen die worden waargenomen, kunnen wel worden doorvertaald naar leefgebied. Uit laagwatertellingen van Vanoverbeke en Van Ryckegem (2015) blijkt dat het aantal foeragerende steltlopers toeneemt met het areaal laagdynamisch litoraal en met een toenemende spreiding in droogvalduren binnen de laagdynamische zone. Het potentieel foerageergebied voor steltlopers wordt in het kader van deze rapportage gedefinieerd

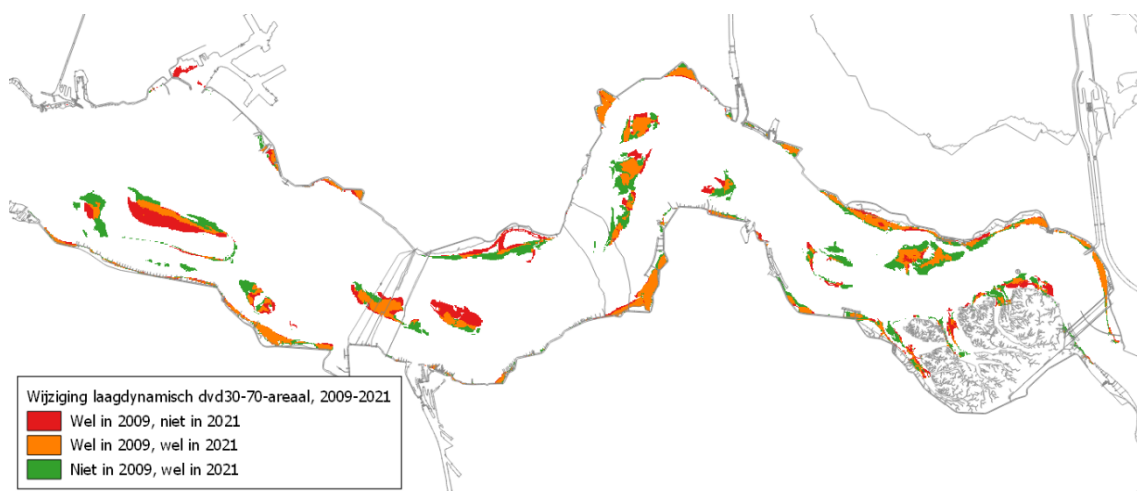
als laagdynamisch litoraal met droogvalduur tussen 30% en 70%. De spreiding van droogvalduur wordt in deze rapportage niet verder behandeld.

Voor de totale Westerschelde is er een geleidelijke stijging van het foerageerareaal (bepaald op basis van droogvalduur) zichtbaar van 2009-2014, gevolgd door een daling in 2014-2017. In 2020 neemt het potentiële foerageerareaal opnieuw sterk toe (Figuur 3-92). Op niveau van de macrocellen is in 2020 voornamelijk een stijging van potentieel foerageerareaal zichtbaar in macrocel 1 en 4, maar ook macrocel 2, 3, en 5 laten een stijging zien. Na de sterke stijging in 2020 vindt in de meeste macrocellen naar 2021 een lichte daling plaats.

In macrocel 1 is zichtbaar dat het uitbreiden en verhogen van de Hooge Platen Noord door de plaatrandstortingen hier tussen 2009 en 2021 nieuw potentieel foerageergebied heeft gecreëerd aan de noordrand van de plaat (Figuur 3-93, groene kleur), maar dat er tegelijk een groot areaal is verdwenen ten zuiden hiervan, meer op de plaat (rode kleur); dit ligt nu hoger dan de 70%-droogvalduur. Hier speelt de uitbreiding van de vegetatie een belangrijke rol. Netto is er het areaal tussen 30 en 70% droogvalduur dus afgenomen. Op Hooge Platen West is het foerageergebied uitgebreid naar het zuiden en noorden, terwijl dit in het centrale gedeelte is verdwenen. In macrocel 3 is een afname van het potentieel foerageergebied zichtbaar door een afname in oppervlakte van de Middelpaalt, terwijl er ter hoogte van de Rug van Baarland in macrocel 4 voornamelijk areaal bij komt. In macrocel 5 is de toename het sterkst. Hier is het laagdynamisch areaal met 30-70 % droogvalduur op de Plaat van Walsoorden en Plaat van Valkenisse sinds 2009 duidelijk toegenomen. Langs de randen van de Westerschelde zijn daarnaast lokaal kleine veranderingen zichtbaar.



Figuur 3-92: dvd₃₀₋₇₀-laagdynamisch areaal berekend op basis van veranderende waterstanden, per macrocel.



Figuur 3-93: Wijzigingen droogvalduurareaal tussen 2009 en 2021.

De toename in potentieel foerageergebied vindt dus voornamelijk in het oosten van de Westerschelde plaats, terwijl de steltlopers voornamelijk voorkomen in het westelijke, zoute gedeelte. Hier nam het potentieel foerageergebied met droogvalduur tussen 30 en 70% tot voor kort af, hoewel sinds 2020 bij de Hooge Platen West weer een toename wordt waargenomen. Daarnaast kennen ook de kokkels, een belangrijke voedselbron, sinds lange tijd een achteruitgang op Hooge Platen (zie Sectie 3.5.1.1). Het ophogen van de platen, wanneer dat in een verder stadium leidt tot omzetting van laagdynamisch areaal naar pionierschor en uiteindelijk schor (zoals op Hooge Platen), heeft als resultaat dat het potentieel foerageerareaal afneemt.

Er moet worden opgemerkt dat er grote verschillen bestaan tussen steltlopers en hun ideale foerageergebied. De kleine steltlopers, zoals de drieteenstrandloper en de bontbekplevier, stellen in vergelijking met de grote steltlopers veel hogere eisen aan een gebied qua foerageertijd (Bouwmeester, 2014; Vanoverbeke en Van Ryckegem, 2015). Door hun ongunstige oppervlakte-volume verhouding van hun lichaam, hebben ze een relatief hogere voedselbehoefte waardoor ze meer foerageeruren moeten maken. In tegenstelling tot de oppervlakte is de nood aan voldoende spreiding in droogvalduren in de laagdynamische zones wel afhankelijk van de grootte van de soorten. Onderbrekingen, ongelijkmatigheden in spreiding of het verkorten van de droogvalduurgradiënt zullen een duidelijk effect hebben op de habitatgeschiktheid voor steltlopers.

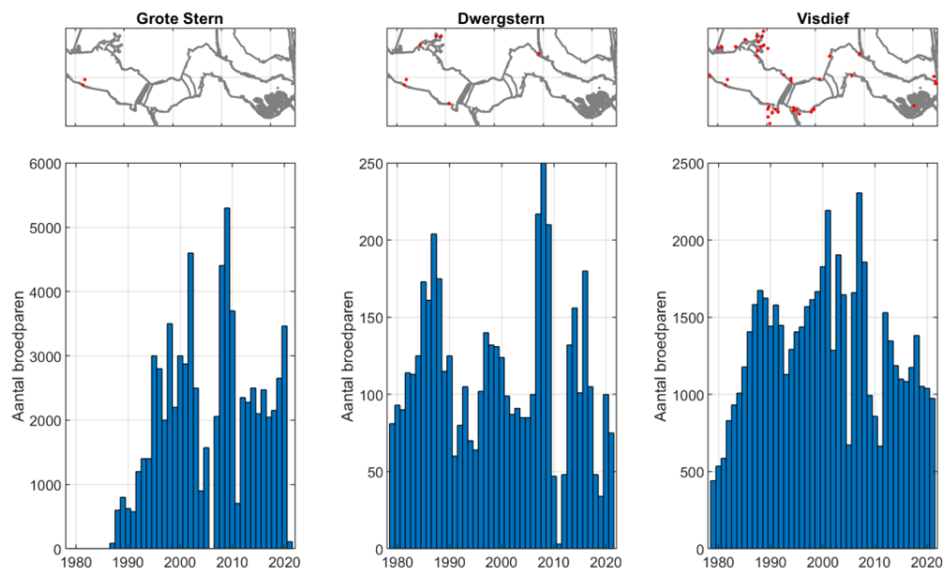
Het omzetten van bijkomend of nieuw laagdynamisch areaal vergt bovendien ook een kolonisatie van de gebieden alvorens ze nuttig kunnen worden ingezet als foerageergebied voor benthivore vogels. Daarnaast zijn naast verstoring door o.a. recreatie en de fysische factoren die ecotopen vormen (beschutting, sediment, golfslag) van mogelijk grotere invloed op vogelbezoek.

3.5.2.2 Broedvogels

In de volgende tekst wordt verwezen naar de ontwikkelingen van de Deltapopulatie van de broedvogelsoorten; deze informatie is verkregen uit de datarapporten van de kustbroedvogeltellingen (Lilipaly en Sluijter, 2021, 2022). De meest relevante soorten worden hieronder besproken. Voor een volledig overzicht wordt verwezen naar Bijlage L.1.

De **grote stern** is sinds eind jaren '80 opgekomen in de Westerschelde, toen ook op Deltapopulatie-niveau een toename ingezet werd. Hun voorkomen was beperkt tot de Hooge Platen, maar in 2021 kozen grote aantallen ervoor om zich in het nieuwe

natuurontwikkelingsgebied Waterdunen te vestigen ter hoogte van Breskens. Een groot deel van deze vogels is waarschijnlijk afkomstig uit de kolonie op de Hooge Platen, waardoor de aantallen in de Westerschelde dat jaar sterk terugvielen (Figuur 3-94). Grote meeuwen nemen toe op Hooge Platen wat er waarschijnlijk voor heeft gezorgd dat een groot deel van de stern en kleinere meeuwensoorten is verhuisd naar Waterdunen.



Figuur 3-94: Ontwikkeling van het aantal broedparen van stern en visdief tussen 1979 en 2021

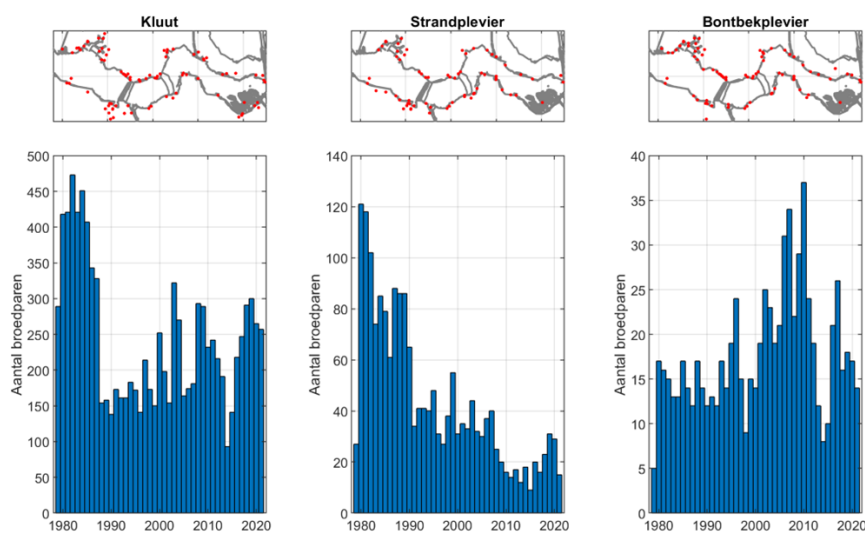
Het aantal broedparen van de **dwergstern** schommelde op lange termijn rond de 100 à 150. In 2018 en 2019 nam het aantal broedparen opnieuw beduidend af, maar in 2020 en 2021 is opnieuw een toename zichtbaar. Ook op Deltaniveau is de dwergstern de laatste seizoenen toegenomen. Hoewel de Hooge Platen een belangrijke broedplaats blijft, vestigde de grootste kolonie zich in het nieuwe natuurontwikkelingsgebied Waterdunen.

De **visdief** is sinds de jaren '90 vrij stabiel gebleven, afgezien van een periode met een terugval naar minder dan 1000 paren tussen 2009 en 2011. De periode 2012-2021 kent wel een dalende trend in de Westerschelde populatie (Figuur 3-94). De trend van de visdief in het Deltagebied is het afgelopen seizoen veranderd van afnemend naar stabiel, maar de soort zit nog ver onder het regiodoel van 6500 broedparen en ook de IHD voor de Westerschelde (Tabel 3-16). Tussen 2014-2016 is de visdief niet meer waargenomen in het Land van Saeftinghe. In 2017 werden er opnieuw 60 paren geteld en in 2018 enkele tientallen paren, maar sindsdien is de soort hier opnieuw verdwenen. Voor de ontwikkeling van de zichtjagers, en in het bijzonder de visdief, is het van belang de link te leggen met het lichtklimaat. Voor de (recente) ontwikkelingen van het lichtklimaat wordt verwezen naar het T-2021 rapport (*in voorbereiding*). Het lichtklimaat sterk wordt beïnvloed door de concentratie zwevende stof (Sectie 3.4). In het oosten van de Westerschelde (locatie Schaar van Ouden Doel) wordt in de periode na de verruiming een gestage toename van de sedimentconcentratie waargenomen; in 2020 en 2021 is de gemiddelde concentratie iets afgenomen. Ter hoogte van Hansweert is de sedimentconcentratie de laatste decennia stabiel. Het kan echter niet uitgesloten worden dat de populatie visdieven door de toename in sedimentconcentratie negatief wordt beïnvloed.

De **kluut** kende in de Westerschelde en de rest van het Deltagebied een sterke terugval in het aantal broedparen eind jaren '80. De kluut leek zich van 1990 tot 2010 enigszins te herstellen (Figuur 3-95). In 2014 daalde de populatie opnieuw sterk tot minder dan 100 paren, en steeg vervolgens gestaag weer tot 300 paren in 2019, waarna in 2020 en 2021 een lichte terugval werd waargenomen. Wel voldoet de kluut de afgelopen 6 jaar

aan de IHD voor de Westerschelde (Tabel 3-16). De Westerscheldepopulatie is slechts een fractie van de gehele Deltapopulatie (grootteorde van 10% in 2021).

De **strandplevier** kent op Deltapopulatie-niveau een terugval van ca. 500 broedparen in 1980 tot een dieptepunt van ca. 106 broedparen in 2018. Hierna volgde een licht herstel tot 164 paar in 2021. Ook op niveau van de Westerschelde leek er tot 2019 opnieuw een licht positieve trend te bestaan na een decennialange afname, maar in 2021 namen de aantallen opnieuw af naar 15 paar. De **bontbekplevier** kent een beperkte populatie in de Westerschelde. De bontbekplevier kende na een groei van de populatie tot 2010 een dieptepunt in 2014. Na een korte toename is sinds 2017 het aantal broedparen opnieuw afgenomen, hoewel die sinds 2015 wel steeds aan de IHD voor de Westerschelde voldoet (Tabel 3-16). Delen van de taluds van de Westerscheldedijken vergrassen en worden daardoor minder geschikt als broedgebied voor plevieren. Voor broedende plevieren is ook de toegenomen recreatie door openstelling van de onderhoudswegen een groot probleem.



Figuur 3-95: Ontwikkeling van het aantal broedparen van steltloper tussen 1979 en 2021

Tabel 3-16: Trends in aantallen broedparen in de Westerschelde tussen 2014 en 2021 (incl. Saefinghe). Groen: Westerschelde streefdoel gehaald, Rood: Westerschelde streefdoel niet gehaald.

IHD regiodoel			Aantal broedparen							
Soort	Delta	WS	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bontbekplevier	100	10	8	10	21	26	16	18	17	14
Dwergstern	300	100	156	101	180	105	48	34	100	75
Grote stern	6200	2800	2500	2100	2472	2045	2151	2650	3465	110
Kluut	2000	150	93	141	218	247	291	300	265	257
Strandplevier	220	40	18	9	20	16	23	31	29	15
Visdief	6500	1600	1187	1099	1084	1175	1382	1052	1039	975
Zwartkopmeeuw	400	4	1220	260	646	1758	926	1565	1055	322

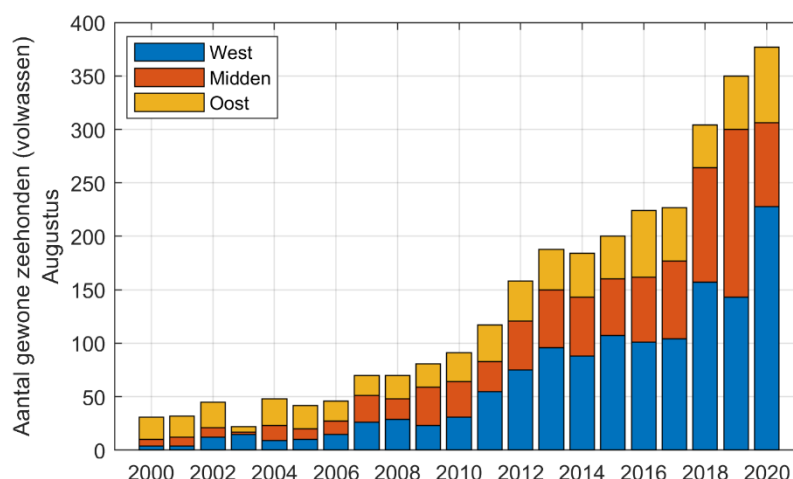
3.5.3 Zeehonden

Zeehonden staan aan de top van de voedselketen en stellen belangrijke habitatvereisten. Deze worden hieronder besproken. Het gedetailleerd opvolgen van de aantallen en het reproductiesucces van de zeehonden is daarom een belangrijke maat voor de algehele ecologische kwaliteit van het estuarium.

Gewone zeehonden *Phoca vitulina* zijn bij laagwater in de Westerschelde hoofdzakelijk te vinden op droogvallende zandplaten met een steile rand langs vrij diep water. De grijze zeehond *Halichoerus grypus* geeft de voorkeur aan rotsige kusten bij open zee. De grijze zeehond is slechts recent teruggekeerd en wordt de laatste jaren steeds vaker waargenomen in de Westerschelde.

In het kader van het MWTL meetplan (data 2009-2021) worden maandelijks tellingen van de zeehonden op platen uitgevoerd in de Westerschelde. Deze gegevens worden weergegeven in de jaarlijkse rapportages “Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta” Telkens wordt een systematische vlucht binnen één getij gevlogen, waarbij het aantal jonge en volwassen individuen per locatie geteld worden. De data werden geanalyseerd per deelgebied (west, midden, oost, Bijlage L, L.3).

Uit de data in de Westerschelde, ook uit de augustustellingen, blijkt er een positieve trend te bestaan voor de populatie gewone zeehonden in alle deelgebieden van de Westerschelde (Figuur 3-96). Sinds 2018 zijn de aantallen opnieuw sterk gestegen en in 2021 werd een nieuw recordaantal bereikt. De hoogste aantallen gewone zeehonden, inclusief de jongen worden jaarlijks aangetroffen tussen april en augustus. De hogere aantallen volwassen individuen worden voornamelijk geteld in het westelijk deel van de Westerschelde (Figuur 3-96), terwijl de hoogste aantallen jongen voornamelijk worden aangetroffen in het midden en de laatste jaren ook het oosten van de Westerschelde. Het aantal jongen is ook sterk toegenomen sinds 2019. Een niet-parametrische Seasonal Kendall test geeft aan dat de stijging van het aantal getelde gewone zeehonden tussen seizoenen 2009/2010 en 2020/2021 significant is ($p < 0,05$) en de trendmatige toename in aantal wordt op 17 individuen per jaar geschat.



Figuur 3-96: Spatiotemporele evolutie van het aantal gewone zeehonden in de maand augustus in de Westerschelde tussen 2000 en 2020.

Er worden beduidend minder grijze zeehonden (maximum aantal: 61) dan gewone zeehonden (maximum aantal: 608) aangetroffen in de Westerschelde. Sinds de zomermaanden van 2013 worden meer grijze zeehonden waargenomen, met opnieuw een stijging van de aantallen sinds seizoen 2017-2018. Ze werden voornamelijk in het westelijk deel van de Westerschelde aangetroffen, en slechts enkele malen ook in het midden en het oosten. Het aantal jonge grijze zeehonden blijft beperkt, er werden slechts 40 pups aangetroffen in de Westerschelde tussen 2009 en 2020. In 2019 en 2020 werd wel een sterke toename in het aantal pups waargenomen (14 in 2019 en 17 in 2020).

4 Integrale discussie

4.1 Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Westerschelde

4.1.1 Behoud meergeulensstelsel

De Westerschelde wordt gekarakteriseerd door een meergeulensysteem bestaande uit zes bochtgroepen of macrocellen. Elke bochtgroep bestaat uit onder andere een eb- en een vloedgeul (meestal ook de hoofd- en de nevengeul). Het behoud van dit tweegeulensysteem is een doelstelling in de kwaliteitsparameters Flexibel Storten.

De stabiliteit van het meergeulensstelsel wordt bepaald door veranderingen van het berekende **volume van de nevengeulen**. Dit wordt jaarlijks bepaald op basis van topobathymetrische opnames (RWS). De resultaten worden afgezet tegen het maximaal stortvolume per jaar per nevengeul zoals vastgelegd in de vergunningen (Schrijver, 2021). De ondergrens voor het nevengeulvolume wordt bepaald door de maximaal toelaatbare afwijking ten opzichte van het grootste gemeten watervolume (Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 2014).

In het kader van de nieuwe vergunning wordt het nevengeulcriterium opnieuw beschouwd, waarbij mogelijk ook nieuwe doelstellingen en daaraan gekoppelde toetscriteria zullen worden geformuleerd. Het huidige criterium houdt momenteel bijvoorbeeld geen rekening met de invloed van een ruimere nevengeul op de getijndringing. Ook wordt in het criterium geen rekening gehouden met de positieve bijdrage van (stabiele) plaatrandstortingen. Desalniettemin heeft de evaluatie en toetsing binnen de afgelopen vergunningsperiode op basis van de bestaande toetsmethode op een zinvolle manier plaats kunnen vinden.

Een combinatie van autonome ontwikkelingen en menselijke ingrepen veroorzaken dynamiek die de morfologie beïnvloedt. De menselijke ingrepen kunnen hierbij de autonome ontwikkelingen versterken, en dus in dezelfde richting werken, maar anderzijds kunnen menselijke ingrepen de autonome ontwikkeling ook tegenwerken, waardoor de ontwikkeling vertraagt of verandert. De vraag is dan hoe de ontwikkeling van het systeem verschuift als gevolg van de ingrepen die plaatsvinden.

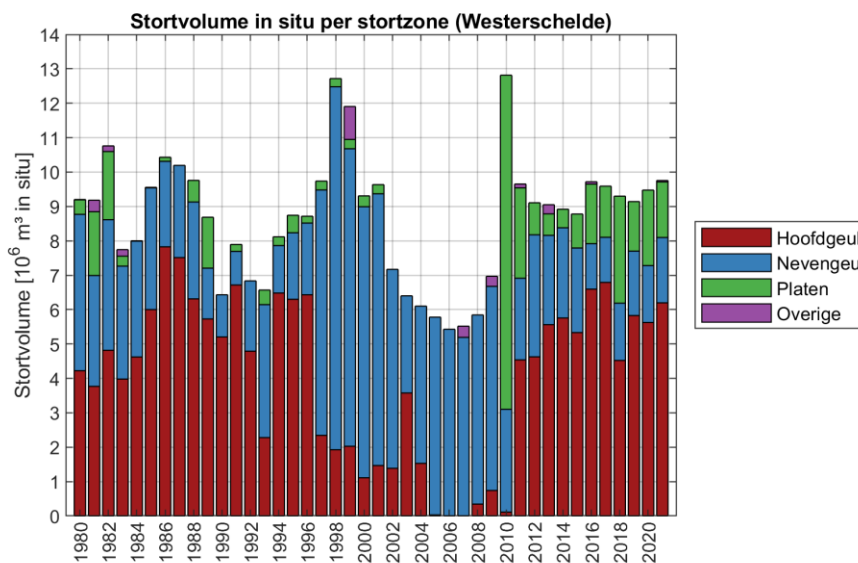
Hoofdgeul

De aanlegbaggerwerken voor de derde verruiming van de vaargeul van de Schelde werden in de Westerschelde grotendeels uitgevoerd in 2010. In dat jaar werd een aanlegvolume van ca. 7,7 Mm³ sediment opgebaggerd en hoofdzakelijk op de vier plaatrandstortlocaties afgezet. Tegelijk werd voor 5,7 Mm³ onderhoudsbaggerwerk uitgevoerd. Sindsdien liggen de onderhoudsvolumes in de Westerschelde, om de vaargeul op het gewenste peil te houden, hoger dan daarvoor (9 Mm³ ten opzichte van 5,5 tot 7 Mm³), maar wel lager dan de verwachte volumes in het MER (11,7 Mm³).

De verruiming van de hoofdgeul heeft een invloed op de verdeling van de watervolumes en het getij rond de platen, waarbij het watervolume van de **ruimere hoofdgeul** in het algemeen is toegenomen, en het relatieve aandeel van de nevengeul is afgenomen. De verdeling van het watervolume tussen de geulen wordt hierbij niet alleen beïnvloed door de verruiming van de hoofdgeul zelf, maar ook door de locatie van de stortingen. Stortingen in de hoofdgeul en op de plaatranden kunnen bijdragen aan een verbetering van de verdeling van het watervolume tussen de hoofd- en nevengeul, terwijl stortingen in de nevengeul eerder het omgekeerde effect zouden kunnen hebben. In het westelijke deel van de Westerschelde (macrocel 1 en 3) wordt uitsluitend in de nevengeulen en op plaatranden gestort, terwijl in het midden en oosten het zwaartepunt van de stortingen meer (of bij macrocel 4 volledig) in de hoofdgeul ligt. In **macrocel 1 en 3** wordt een toename van het hoofdgeulvolume waargenomen, die nog doorzet sinds de verruiming.

Ondanks de grote stortvolumes in de hoofdgeul van **macrocel 4**, is een duidelijke toename in watervolume zichtbaar in de hoofdgeul, en een afname in de nevengeul. Dit kan worden toegeschreven aan **autonome ontwikkelingen** die reeds lange tijd gaande zijn. Recent is de verandering in watervolume in de hoofd- en nevengeul van macrocel 4 eerder beperkt. In **macrocel 5** is de toename van het watervolume van het Zuidergat sinds de verruiming gestabiliseerd. Ook is de afname van het watervolume van de Schaar van Waarde gestabiliseerd, wat deels wordt toegeschreven aan de stopgezette nevengeulstortingen en eveneens stopgezette zandwinning (Plancke *et al.*, 2017b). Ook de laatste jaren zijn de veranderingen in watervolume hier beperkt. In **macrocel 6 en 7** wordt enkel in de hoofdgeul gestort, en is het watervolume van de hoofdgeul vrij constant. Er is sinds 2015 wel een lichte afname van het nevengeulvolume in macrocel 6; in macrocel 7 is er een geleidelijke toename van het volume van de hoofdgeul.

Een belangrijke verandering in de stortingen van de onderhoudsbaggerwerken sinds de derde verruiming, ten opzichte van de periode daarvoor, is de geleidelijke verschuiving van het zwaartepunt van de stortingen **van de nevengeulen naar de hoofdgeulen** (Figuur 4-1), met daarnaast een toename van de stortingen op de plaatranden.



Figuur 4-1: In-situ stortvolume in de Westerschelde onderverdeeld naar hoofdgeul, nevengeul en plaatrandstortzones²¹.

De veranderingen in 2020 en 2021 in vergelijking met voorgaande jaren zijn beperkt. De grootste volumes worden gestort in de **hoofdgeul van macrocel 4**, terwijl de baggerwerken het grootst zijn bij de **Drempel van Hansweert**, in macrocel 5. Sinds de derde verruiming zijn de baggervolumes op de Drempel van Hansweert (macrocel 5) toegenomen. Op deze locatie is duidelijk een toenemende trend zichtbaar (sinds 2007), hoewel dit tussen 2017 en 2019 gestabiliseerd leek en er voornamelijk sprake was van variatie zonder duidelijke trend (Plancke *et al.*, 2020e, 2020a), nam het baggervolume in 2020 en 2021 hier opnieuw toe. Een relatie met de proefstortingen in de Put van Hansweert ligt voor de hand, echter niet in alle jaren waarin proefstortingen zijn uitgevoerd is er ook sprake van een toename van het onderhoud van de drempel. Een eenduidige relatie met de proefstortingen kan dus niet vastgesteld worden. Ook andere

²¹ Plaatstortingen in de periode voor 2010 betreffen stortingen op Plaat van Walsoorden, Platen van Ossensisse, en Rug van Baarland (zie Figuur 3-2). Stortingen (voor 2010) aan de buitenbocht van de Overloop van Valkenisse (groene boeien zijde) ter hoogte van Baalhoek, Boei 61, Boei 63 en het Konijnenschor zijn aan de hoofdgeul toegevoegd (Kornman *et al.*, 2003).

diepe delen van de hoofdgeul in de omgeving van de drempel worden in de stortstrategie ook als stortlocatie ingezet. Hierbij is de diepe put ter hoogte van de Nol van Ossenis, in macrocel 4, zeer intensief gebruikt. Het sediment her-mobiliseert op deze locatie snel, met sterke retourstromen van sediment naar de rand van de Plaat van Ossenis en richting de Drempel van Hansweert.

In het westen van de Westerschelde is de baggerinspanning na de derde verruiming echter ook toegenomen. Bij de Drempel van Borssele is vanaf 2010 een verhoging van het baggervolume zichtbaar, en bij Honte (macrocel 1) wordt vanaf 2015 regelmatig gebaggerd, terwijl dit eerder niet het geval was. Dit is mogelijk gerelateerd aan de ontwikkelingen ten noorden van de Spijkerplaat, waar een ophoging zichtbaar is van het gebied direct ten zuiden van de vaargeul (Figuur 3-30).

Sinds 2016 zijn drie proefstortzones gebruikt in de Westerschelde. Enerzijds is dat een plaatrandstortzone bij de Suikerplaat (2017-2018) in macrocel 3, grenzend aan de nevengeulstortzone in deze macrocel. Anderzijds betreft het twee stortzones in diepe delen (2016-2017, 2019-2021), in de Inloop van Ossenis, ten zuiden van de hoofdgeulstortzone van macrocel 4, en in de Put van Hansweert. Voornamelijk bij de Put van Hansweert, waar de Westerschelde een scherpe bocht maakt, is sprake van hoge dynamiek van de stortingen. Met andere woorden, het gestorte sediment blijft niet lang liggen en komt snel of in grote mate in beweging.

Nevengeulen

De geulvolumes worden op sommige locaties sterk beïnvloed door de stortingen. De nevengeulen van **macrocel 1** (Schaar van de Spijkerplaat) en **macrocel 3** (Everingen), zijn intensief gebruikte stortlocaties. Andere nevengeulen (macrocel 4, 5 en 6) worden reeds lange tijd ontzien vanwege de vaststelling dat nevengeulvolumes zich rond of onder de waarschuwingdrempel van het nevengeulcriterium bevinden. Deze evolutie wordt op verschillende locaties echter ook beïnvloed door de autonome ontwikkeling, en kan dus niet volledig toegeschreven worden aan de bagger- en stortactiviteiten. De sedimentatie in het Middelgat in **macrocel 4** is bijvoorbeeld reeds decennia aan de gang, waarbij de uitgevoerde stortingen slechts een fractie zijn van de autonome sedimentatie. Wel werden aan de oostzijde van de aangrenzende nevengeul van macrocel 3 tot 2015 grote volumes gestort, die ook bijgedragen zouden kunnen hebben aan de verondieping aan de Rug van Baarland en in het Middelgat. De waargenomen ontwikkelingen, onafhankelijk van of deze autonoom zijn of niet, hebben een effect op de verdeling van de watervolumes en hierdoor mogelijk op het functioneren van het systeem.

Met name na de stortingen van de aanlegbaggerwerken van de verruiming in 2010, maar ook daarna, was bij meerdere nevengeulen een sterke afname van het watervolume zichtbaar. Een belangrijke uitleg hierbij is dat de plaatcomplexen tussen hoofd- en nevengeul doorgaans binnen de rekenzone van de nevengeul vallen waardoor ook de plaatrandstortingen in de berekening van het (water)volume van de nevengeul werden meegenomen (zie IMDC (2013) en Jeuken *et al.* (2014)). Er was zo dus sprake van een conflicterende doelstelling rond enerzijds de stabiliteit van de gestorte specie nabij de plaatranden (die binnen de nevengeul vallen) en anderzijds de minimale waarde van het watervolume in de nevengeul dat moest worden bewaard. Dit speelde vooral in Macrocel 4 (Middelgat, Rug van Baarland) en 5 (Schaar van Waarde, Plaat van Walsoorden).

Bij de Schaar van de Spijkerplaat in **macrocel 1**, is het nevengeulvolume sindsdien wel weer toegenomen, hoewel dit sinds 2018 opnieuw licht afneemt. In deze macrocel zijn grootschaligere ontwikkelingen gaande in de **nevengeul**, tussen de Hooge Platen en de hoofdgeul. De nevengeul vertoont hier een cyclisch gedrag, waarbij de geul noordwaarts migreert, en de plaat tussen de hoofd- en nevengeul (Spijkerplaat) wordt geërodeerd en kleiner wordt. Terwijl de nevengeul noordwaarts migreert wordt de zuidzijde van de geul ondieper en beweegt deze ondiepte meer naar het noorden. Tussen deze ondiepte en

de Hooge Platen, aan de zuidkant van de nevengeul, ontstaat opnieuw een vloodschaar. Deze vloodschaar ontwikkelt zich uiteindelijk tot het dominante deel van de nevengeul, wanneer de ondiepe zone aansluit bij de Spijkerplaat. Dergelijke cyclische processen werden in de nevengeul in de afgelopen decennia waargenomen. Er moet echter opgemerkt worden dat vooral in de nevengeul en op de aangrenzende plaatranden (Hooge Platen West en tot 2016 Hooge Platen Noord) grote gebaggerde volumes zijn gestort, die waarschijnlijk een effect kunnen hebben op dit proces. Het is mogelijk dat de stortingen in de nevengeul de vorming van de ondiepte, en de migratie van de nevengeul naar het noorden versnellen. Dit beïnvloedt weer de baggervolumes en -locaties in de macrocel.

In **macrocel 3** is het nevengeulvolume sinds 2014 sterk afgenomen, mogelijk deels door de stortingen, maar het volume is nog ruim boven de waarschuwingsgrens. In **macrocel 5** was na 2010 sprake van een sterke afname van het nevengeulvolume, die toegeschreven kan worden aan de stortingen in het nevengeulstortvak en mogelijk ook deels aan de stortingen op de aangrenzende plaatrand (Plaat van Walsoorden). In dit nevengeulstortvak werd tot 2013 gestort, en vanaf 2014 wordt een stabilisatie van het watervolume in de nevengeul waargenomen, met sinds 2019 een lichte toename. De nevengeulvolumes in **macrocel 6 en 7** zijn zeer klein in vergelijking met de overige macrocellen, en ook de variatie van jaar tot jaar is beperkt. Bij macrocel 6 ligt het nevengeulvolume ruim boven de waarschuwingsgrens, terwijl het bij macrocel 7 over het algemeen tussen de waarschuwings- en ondergrens lag. In 2020 en 2021 lag in macrocel 7 het nevengeulvolume beperkt hoger. Aangezien geen stortingen worden uitgevoerd in de nevengeul van macrocel 7 wordt dit toegeschreven aan autonome ontwikkelingen.

4.1.2 Laagdynamisch areaal plaatranden

De initiële plaatrandstortingen in 2010 zijn uitgevoerd met het zand afkomstig van de verdieping van de drempels. Vervolgens zijn bijkomende stortingen met zand afkomstig van het onderhoud van drempels uitgevoerd om de realisatie van laagdynamisch, waardevol ecologisch gebied, verder te sturen. Alle plaatrandstortingen hebben binnen de stortvakken geleid tot verondiepingen. Op de plaatranden werd als gewenste ontwikkeling een geleidelijke toename van de oppervlakte laagdynamisch gebied met 114 hectare verwacht binnen de toetspolygonen, 5 jaar na de start van de werkzaamheden. Na deze 5 jaar is het doel het behouden van deze oppervlakte, onder meer door aanvullende stortingen met onderhoudsspecie.

Op de **Hooge Platen West** is uitsluitend in het diepe deel van de plaatrandstortzone gestort, en is voor de plaatpunt bijkomend ondieper gebied gecreëerd. De morfologische dynamiek in deze zone is hoog (vooral de kleinere stortingen verspreiden zich snel), maar de stabiliteit van de gestorte specie voldoet nog steeds aan het opgelegde criterium. Deze zone staat onder invloed van aanzienlijke stromingen en is onderhevig aan de golfwerking die vanuit het mondingsgebied penetreert in dit deel van het estuarium. Er trad binnen de toetspolygoon, volgend op de plaatrandstortingen, een toename van het waardevol laagdynamisch areaal op tussen 2010 en ca. 2011-2012. Vervolgens was er een afname, waardoor het totaal areaal in 2018 lager lag dan in 2010, maar tussen 2018 en 2020 nam het laagdynamisch areaal hier juist sterk toe. De laagdynamische zone aan de westzijde van de Hooge Platen lag in 2010 al grotendeels buiten de toetspolygoon. Deze zone is in de loop van de jaren verder gegroeid, maar ook verder naar het oosten verschoven, waardoor het laagdynamisch gebied nog verder buiten de toetspolygoon kwam te liggen. Tussen 2018 en 2020 was er sprake van een uitbreiding van het laagdynamisch gebied naar het westen en zuiden, in grote mate binnen de toetspolygoon. Sinds de uitvoering van de stortingen heeft zich een zandduin gevormd op de plaatpunt, waarachter zich de luwe zone bevindt. Deze zandrug beweegt zich oostwaarts, de plaat op, in de richting van de Bol. Dit kan gezien worden als een positief effect aangezien het bijdraagt aan de uitbreiding en verjonging van de plaat in

westelijke richting. Bijkomend aandachtspunt hierbij is of dit proces niet ook bijdraagt aan de (verdere) ophoging van de plaat en de verschorring ervan.

Bij de **Hooge Platen Noord** werd langs de westzijde één zandtong aangelegd om samen met de bestaande oostelijke zandtong een laagdynamische zone te creëren. Er is tussen de twee zandtongen effectief sedimentatie opgetreden. Het gebied bleef eerst lange tijd zeer stabiel, waarbij meer waardevol laagdynamisch areaal werd gecreëerd. Daarna is echter sprake van erosie van de zandtongen zelf, voornamelijk de oostelijke zandtong.

Het aanpalende drempelgebied in de Schaar van Spijkerplaat is morfologisch zeer actief. Nadat er in de bestaande vloedschaar in de stortzone tussen 2010 en 2014 intensief is gestort, is deze vervolgens weer verdiept en verbreedt na het stoppen van de stortingen in 2016. De hieraan gerelateerde toename van de diepte en stroomsnelheid hebben bijgedragen aan de (tijdelijke) afname van laagdynamisch areaal.

Uit de analyse van de hoogteontwikkeling van de Hooge Platen, blijkt dat de ophoging op bepaalde punten reeds van voor 2010 aanwezig is (Plancke *et al.*, 2017c). Een versnelde ophoging als gevolg van de verhoogde sedimentbeschikbaarheid kan echter op basis van deze analyse niet uitgesloten worden. Hoewel er dus geen duidelijke relatie gevonden werd tussen de hoogteontwikkeling en de plaatrandstortingen, is desalniettemin omwille van voorzichtigheid besloten sinds 2016 geen stortingen meer uit te voeren op deze locatie. De verhoging van de plaat wordt gezien als een ongewenst effect indien dit zou samengaan met een verlies aan laagdynamisch areaal (door verschorring). Daarnaast gaat de ophoging van de plaat ook gepaard met schorvorming op de plaat en toename van slibgehalte. Hierdoor neemt de geschiktheid af als broedgebied voor vogels. Ten opzichte van 2010 is er wel sprake van een beperkte toename van laagdynamisch areaal, en ook hier is tussen 2018 en 2020 opnieuw sprake van een toename in laagdynamisch gebied. Overigens is het deel van de stortzone tegen de plaat nog altijd veel ondieper dan voor 2010.

Op de **Rug van Baarland** zijn de autonome ontwikkelingen zeer sterk, en lijken de plaatrandstortingen, die in 2010 en 2011 zijn uitgevoerd, geen invloed te hebben op de ontwikkeling van de plaat zelf. Hier was voor 2010 reeds sprake van sedimentatie (Plancke *et al.*, 2011), en deze zet zich sindsdien nog altijd door.

Bij de **Plaat van Walsoorden** is in 2010 eerst een 'megaduyn' aangelegd, die nadien verschillende keren is aangevuld. De afnemende trend in laagdynamisch areaal is sinds 2010 omgebogen naar een toename, en de plaatrandstortingen hebben hier zeer waarschijnlijk een rol in gespeeld. De stijging was het sterkst tussen 2010 en 2011, en verloopt sindsdien minder snel, maar gaat ook in 2020 nog steeds door. Op het westelijke deel van de plaat is ook ophoging op de plaat zichtbaar die zich op een aantal punten ook al manifesteert van voor 2010 (Plancke *et al.*, 2017b, pagina 22). Zolang dit niet gepaard gaat met versteiling (verlies van intergetijde areaal) en verslibbing en verschorring van de plaat is er echter geen sprake van een negatieve ontwikkeling.

Het laagdynamisch areaal is bij **alle plaatranden** met 277 ha toegenomen in vergelijking met de To situatie in 2010. Het doel van een toename van 114 ha areaal binnen 5 jaar werd gehaald, en na een afname in 2016, ligt het totaal areaal in 2018 en 2020 opnieuw aanzienlijk boven deze waarde. De autonome ontwikkeling bij de Rug van Baarland heeft een groot aandeel in de totale toename van laagdynamisch areaal op de plaatranden. Wanneer elke plaat afzonderlijk wordt beschouwd, voldoen alle platen echter ook aan de verwachte en gewenste toename in laagdynamisch areaal door stortingen op de plaatranden. Bij de Hooge Platen is het laagdynamisch areaal tussen 2010 en 2020 met 75 ha toegenomen (verwachting 39 ha (Plancke *et al.*, 2008)), en bij de Plaat van Walsoorden was de toename 50 ha (verwachting 11 ha (Plancke *et al.*, 2008)). Specifiek is ook tussen 2018 en 2020 op alle platen een toename in het laagdynamisch areaal zichtbaar.

4.1.3 Behoud ecologisch waardevol areaal

De derde voorwaarde in het protocol Flexibel Storten betreft het behoud van ecologisch waardevol areaal op de slikken en platen in de gehele Westerschelde, niet enkel de geselecteerde plaatranden die als stortzone worden gebruikt. Op basis van de ecotopenkaart worden de veranderingen van het totale oppervlak ecologisch waardevol gebied in de Westerschelde beschouwd. Daarnaast werd ook de hoogteligging en sedimentsamenstelling van platen en slikken meegenomen. Ongewenste ontwikkelingen zijn gedefinieerd als een ecologische achteruitgang, zoals een afname van het areaal laagdynamisch gebied, ongewenst sterke slik/plaat hoogteveranderingen en schorranderosie.

De metingen op de slikken en schorren laten een gemengd beeld zien. De ligging van de schorranden is in recente jaren het algemeen stabiel, uitzonderingen zijn het westelijk deel van Zuidgors, het centrale deel van het schor van Waarde en de oostrand van het Verdrongen Land van Saeftinghe. De slikken vertonen meer variatie in de ontwikkeling van de hoogteligging, sommige slikken vertonen erosie (bijv. Platen van Hulst, Waarde), terwijl andere sedimentatie laten zien (bijv. Rammekenshoek, Baarland). Andere slikken laten erosie van het laag slik zien en sedimentatie op het hoog slik (of omgekeerd) (bijv. Bath). Op basis van de korte termijn analyses zijn er geen indicaties dat er systematische problemen zijn met het morfologisch functioneren van de slik- en schorgebieden, en in de laatste jaren zijn geen grote veranderingen zichtbaar ten opzichte van de periode ervoor. Uit de systeemanalyse Schelde Estuarium blijkt er op langere termijn wel versteiling en verstarring voor te komen, doordat aangroei van slikken en verjonging door de veranderende dynamiek niet vanzelf meer optreedt (VNSC, 2019).

Opmerkelijk is de ontwikkeling van de oostrand van het Verdrongen land van Saeftinghe. De schorrand aan deze oostzijde laat reeds lange tijd significante erosie en het terugschrijden van de schorklif zien. Ook op het slik treedt achteruitgang op. Deze ontwikkeling wordt mogelijk (deels) gedreven door scheepsgolven, gegenereerd door passerende vrachtschepen in de nabijgelegen vaargeul (Meire *et al.*, 2019).

In 2002/2003 zijn ter hoogte van het Slik van Waarde een tweetal strekdammen aangelegd ter bescherming van het eroderende slik en behoud van de archeologische waarde ervan. Ook op verschillende andere locaties zijn door de Provincie Zeeland buitendijkse (natuurherstel-) maatregelen genomen ter bevordering van de ontwikkeling van (laagdynamisch) slik. Voorbeelden hiervan zijn de strekdammen ter hoogte van Baalhoek in 2016/2017 en de vernieuwing of aanleg van strekdammen bij Bath en de Geul Zimmerman in 2021. De strekdammen bij Waarde hebben als doel om lokaal in te grijpen op de ontwikkeling en stabilisatie van het slik. De strekdammen hebben daarnaast echter ook een sturend effect op de ontwikkeling van de Geul Zimmerman en het daarrond liggende platencomplex van Valkenisse. Verder onderzoek is nodig om de relatie tussen de strekdammen en het verlanden van de Geul Zimmerman te duiden.

De strekdammen ter hoogte van het Schor en slik bij Baalhoek hebben geleid tot verdere ophoging en stabilisatie van het slik. Maar, evenals het geval is bij het Schor van Waarde, kunnen de strekdammen de erosie van het laag slik (onder invloed van de ontwikkelingen in de geul) en de schorrand (onder invloed van golven) niet tegen gaan.

4.1.4 Fauna

De toename van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones en in de Westerschelde in het algemeen, creëert een potentiële toegevoegde ecologische waarde. Indien deze gebieden door benthos gekoloniseerd worden, vormen ze mogelijk nieuw foerageergebied voor vogels. **Schelpdieren** hebben in het bijzonder een belangrijke functie als voedsel voor wadvogels, die vooral in de winter voor hun overleving afhankelijk zijn van voldoende kokkels en mosselen (CBS *et al.*, 2014).

Opvallend is de daling van het aantal **kokkels** ter hoogte van Hooge Platen. Tussen de broedvallen wordt deze soort hier *bijna* niet meer waargenomen, en ook bij de laatste broedval van 2019 is de densiteitspiek hier relatief laag. Wel valt op dat in recente jaren de biomassa kokkels op de Hooge Platen hoog is, vergelijkbaar met piekwaarden rond 2000, de gemiddelde massa per individu ligt daarbij recent ook hoger. De laatste jaren werd op Hooge Platen wel een toename van het laagdynamisch litoraal vastgesteld, terwijl in voorgaande jaren door het verhogen en verschorren van deze plaat het geschikte areaal voor deze soort is afgenomen. De plaatranden zijn steiler geworden en het slibgehalte neemt toe op grote delen van de plaat. Een link met het flexibel storten in deze zone kan daarom niet uitgesloten worden. Ook op de Middelpaat en Suikerplaat komen kokkels tijdens de laatste broedval slechts beperkt voor in vergelijking met de broedval van 2011. Sinds 2018 worden ook verder naar het oosten, bij de Platen van Valkenisse, kokkels aangetroffen. Aangezien kokkels voornamelijk voorkomen in het westen en midden van de Westerschelde kan het afnemen van de geschiktheid van het habitat (ic. de afname van de droogvalduur door versteiling) op de westelijke platen een negatieve invloed hebben op de populatie.

Naast schelpdieren zijn ook andere **bodemdieren (macrozoöbenthos)** een zeer belangrijke voedselbron voor vissen en vogels. Sinds 2015 is een toename zichtbaar van de gemiddelde biomassa benthos in het laagdynamisch litoraal, met in 2019-2020 voornamelijk hoge waarden in het centrale deel van de Westerschelde. Deze toename in benthos is echter vooral te wijten aan een toename in schelpdieren. Er zijn daarnaast over het algemeen geen duidelijke temporele of ruimtelijke trends zichtbaar in de gemiddelde biomassa en soortenrijkdom van het benthos in de periode 1992-2020, rekening houdend met de grote variabiliteit in de data.

Uit de analyse van de **niet-broedvogels** volgt dat er in de Westerschelde voor heel wat soorten een negatieve trend in de populatieomvang bestaat, die veelal reeds ingezet was voor de verruiming, in sommige gevallen al in de jaren '80, zoals bij de bontbekplevier en strandplevier, hoewel deze soorten in recente jaren meer gestabiliseerd lijken te zijn. Uit onderzoek van Vanoverbeke en Van Ryckegem (2015) blijkt dat het aantal foeragerende steltlopers toeneemt met het areaal laagdynamisch litoraal en met een toenemende spreiding in droogvalduren binnen de laagdynamische zone. Het laagdynamisch areaal in de Westerschelde is sinds 2010 toegenomen, en naar 2020-2021 was er ook opnieuw een sterke toename van laagdynamisch areaal met een droogvalduur tussen 30 en 70%. De toename in potentieel foerageergebied vindt wel voornamelijk in het oosten van de Westerschelde plaats, terwijl de steltlopers voornamelijk voorkomen in het westelijke, zoute gedeelte. Hier nam het potentieel foerageergebied met droogvalduur tussen 30 en 70% tot voor kort af, hoewel sinds 2020 bij de Hooge Platen West weer een toename wordt waargenomen. De spreiding in droogvalduur werd in voorliggend rapport echter niet onderzocht.

Onder andere de scholekster en kanoet zijn erg afhankelijk van kokkels en kenden een langdurige negatieve trend, maar deze nemen sinds 2015-2016 weer toe. Van Ryckegem *et al.* (2022) hebben vastgesteld dat minstens de scholekster een nieuwe voedselbron lijkt aan te boren op de lage slikzone, de brakwaterkorfschelp *Potamocorbula amurensis*. Deze invasieve exoot kent sinds 2019 een sterke uitbreiding in de oostelijke Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. De soorten waarvoor in de Passende Beoordeling van de verruiming een (niet-significant beoordeelde) achteruitgang werd voorzien (tureluur, zwarte ruiter en groenpootruiter), zijn er effectief (verder) op achteruit gegaan, na een maximum in de tellingen rond 2000. Wel wordt voor deze soorten naar 2019-2020 een toename gezien.

De meeste **broedvogelsoorten** broeden in gebieden met pioniervegetatie, die de afgelopen jaren in oppervlak zijn afgenomen (Tabel 3-9). Ook op de Hooge Platen heeft zich een ontwikkeling van pionierschor richting schorvegetatie voorgedaan, door de verdere ophoging van de plaat. Dit type habitat is echter minder geschikt voor

vogelsoorten als grote stern, visdief, bontbekplevier, strandplevier, dwergstern en kluut (T2015 Consortium, 2018a). Kustbroedvogels zijn immers afhankelijk van dynamische gebieden waar kale gronden aanwezig zijn. Ook in het oosten van de Westerschelde heeft zich een vergelijkbare ontwikkeling voorgedaan. In 2020 en 2021 is voor de meeste broedvogelsoorten (zoals o.a. kluut, visdief, bontbekplevier) een afname zichtbaar, met uitzondering van de dwergstern en grote stern, die een piek toonden in 2020 gevolgd door een afname in 2021.

Een aandachtspunt voor de zichtjagende soorten, en in het bijzonder de visdief, is de sedimentconcentratie. In het oosten van de Westerschelde (locatie Schaar van Ouden Doel) wordt in de periode na de verruiming een gestage toename van de sedimentconcentratie waargenomen; in 2020 en 2021 is de gemiddelde concentratie weliswaar iets afgenomen. Het kan echter niet uitgesloten worden dat de populatie visdieven door de toename in sedimentconcentratie negatief wordt beïnvloed.

Uit de data in de Westerschelde blijkt er een significante positieve trend te bestaan voor de populatie **gewone zeehonden** in alle deelgebieden van de Westerschelde, met opnieuw een sterke toename in de periode 2018-2020. De **grijze zeehond** wordt sinds 2013 meer waargenomen in de Westerschelde, met een nieuwe stijging sinds 2017-2018.

4.2 Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Beneden-Zeeschelde

Evolutie van het zandig en slibrijk onderhoud

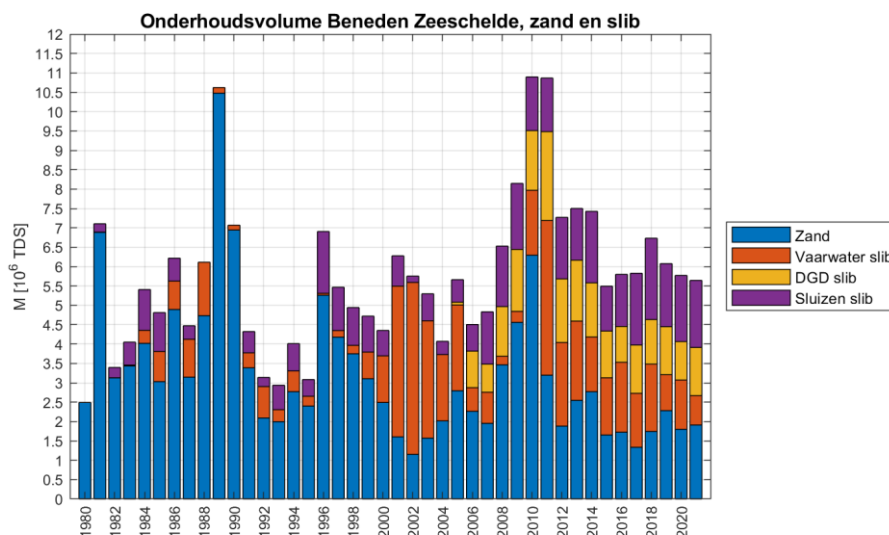
Door de aanlegbaggerwerken (tussen 2008 en 2010) zijn verdiepingen en verbredingen aangebracht in de hoofd(vaar)geul van de Beneden-Zeeschelde. Hierbij is hoofdzakelijk zand ($6,6 \text{ Mm}^3$) van de drempels verwijderd. Deze veranderingen worden in stand gehouden door onderhoudsbaggerwerken. Door de veranderingen in de dimensies van de rivier treden er mogelijk ook veranderingen op in de getijdoordringing, het aanzandingsgedrag, of het aanslibbingsgedrag. Voor analyses met betrekking tot de getijslag wordt verder verwezen naar het T2021 rapport (T2021 Consortium, 2023a).

Het zandig onderhoud is ten opzichte van vóór de (derde) verruiming niet toegenomen (Figuur 4-2) en ook de bodemligging in de vaargeul is door het uitgevoerde baggeronderhoud, de laatste jaren, zeer stabiel. Wel is de hoeveelheid zandwinning in de Schaar van Ouden Doel (van zand uit de onderhoudsbaggerwerken dat daar wordt gestort) geleidelijk aan afgebouwd (van ca. $1,5$ à 2 Mm^3 tot ca. $0,75 \text{ Mm}^3$ per jaar). Er is sprake van een lichte afname van het zandig onderhoud van circa $1,5$ à $1,6 \text{ Mm}^3$ in de periode tot 2014 en circa $1,3$ à $1,4 \text{ Mm}^3$ erna (ook in 2020 en 2021).

Sinds 2017 worden de Parelputten gebruikt voor het storten van zandrijke specie. Doel van deze verder opwaarts gelegen stortlocatie is verdere (opwaartse) verdieping of afname van het zandbudget tegen te gaan. Aangezien deze gewijzigde strategie nog maar enkele jaren in voege is, is het nog te vroeg om conclusies te trekken over het effect. De stortingen zijn in de verschillende verschilkaarten goed zichtbaar, wat aangeeft dat ze niet onmiddellijk verdwijnen. Door middel van een lokale zandbalans kan wellicht iets worden gezegd over de richting waarin het zand zich uit de putten verplaatst, maar dat is op basis van de verschilkaarten niet te concluderen. Wel is er sprake van een lichte toename van het zandig onderhoud op de afwaarts gelegen Drempel van de Parel.

Het slibrijk onderhoud is na zowel de tweede (in vooral het vaarwater) als de derde verruiming (vooral in de sluizen en het Deurganckdok) toegenomen (Figuur 4-2). Gemiddeld is over de laatste zeven jaar $2,6 \text{ Mm}^3 \text{ V}'$ per jaar gebaggerd, in plaats van de voorspelde $1,7 \text{ Mm}^3 \text{ V}'$ per jaar. Gedurende de eerste vijf jaar na de derde verruiming lag het gemiddelde door uitschieters in 2011 en 2012 nog hoger (gemiddeld $3,0 \text{ Mm}^3 \text{ V}'$, met uitschieters tot $4,8 \text{ Mm}^3$ in 2011). Vanwege de gelijktijdige ontwikkeling van het

Deurganckdok, dat in belangrijke mate verantwoordelijk wordt gehouden voor de toename van de onderhoudsvolumes (IMDC, 2018b; Meire *et al.*, 2021), is het in realiteit het moeilijk om vast te stellen wat de impact van de verruiming op het baggervolume aan slib was.



Figuur 4-2: Totaal (aanleg- en) onderhoudsvolume (zand + slib) in de Beneden-Zeeschelde van 1980 tot 2021.

Sinds 2017-2018 wordt tevens slib gestort in de Ketelputten. Deze locatie is weliswaar meer afwaarts gelegen ten opzichte van de eerdere stortlocaties, maar nog steeds opwaarts van de belangrijkste onderhoudszones. Daardoor wordt slib nog steeds in de richting van de slibgradiënt getransporteerd en wordt een afname van de slibconcentraties niet verwacht. Aangezien er juist dicht bij de baggerlocaties wordt gestort, zal de concentratie en retourstroming – in theorie – toenemen (IMDC, 2016). Ook deze aanpassing van de stortstrategie is een verandering waarvan de invloed vermoedelijk geleidelijk merkbaar zal worden. De laatste jaren (2019, 2020 en 2021) is het totale stortvolume slib iets afgenomen ten opzichte van de jaren ervoor; het zal echter zeer moeilijk zijn om een eventuele relatie met de verandering in stortstrategie vast te stellen, aangezien de sedimentconcentraties en dus de aanslibbing mee wordt bepaald door variaties in getijdynamiek en bovenafvoer.

Ruimtelijke verdeling van het onderhoud

Juist voor de start van de verruiming is de laatste fase van het Deurganckdok afgerond (begin 2008) en werd begin 2010 de drempel naar het Deurganckdok volledig weggenomen waardoor aanvankelijk steeds meer slibrijk materiaal in het Deurganckdok werd gebaggerd. In 2011 werd de onderhoudsdiepte vergroot wat gepaard ging met een piek in het onderhoudsvolume. Na de piek in 2011 nam het onderhoud van het Deurganckdok geleidelijk af; de laatste jaren lijkt het zich eerder te stabiliseren.

Op de Drempel van Frederik werd voor de tweede verruiming enkel zandrijke specie gebaggerd (Figuur 3-12). In de periode tussen de tweede en derde verruiming was dit afwisselend zand en slib. Voor de ingebruikname van het Deurganckdok in 2003-2004 is reeds het interventiepeil van de drempel verlaagd naar 13,3 m GLLWS waardoor de specie veranderde van slibrijk in 2003 naar zandig in 2004. In 2005 zette zich in de verdiepte geul weer voornamelijk slib af. Na de opening van het Deurganckdok (in 2005) tot aan de verruiming was de gebaggerde specie op de Drempel van Frederik voor een aantal jaren overwegend zandig. Het vermoeden is dat in die periode door de accumulatie van slib in het Deurganckdok minder slib op de drempel werd afgezet. In de periode 2008-2010 werd het baggerpeil verder verlaagd naar 14,7 m GLLWS, wat op de

drempel gepaard ging met het baggeren van overwegend zandig materiaal. Na de verruiming (2010) en met het uitruimen van het Deurganckdok (2011) nam onmiddellijk ook het slibrijk onderhoud op de drempel sterk toe (Figuur 4-2).

De verdeling van de onderhoudsbaggervolumes verandert in de periode na de verruiming geleidelijk, ook onder invloed van andere effecten die invloed uitoefenen op de aanslibbing (Figuur 4-2). Door de geleidelijke verandering in zwevende stof concentraties (zie Schaar van Ouden Doel²² in Figuur 3-78 en Liefkenshoek in Figuur 3-79) neemt het onderhoud in de sluisoegangen (Zandvliet-Berendrecht en Kallo) daarentegen eerder toe. Merk op dat *sweep beam* activiteiten niet in de onderhoudscijfers (kunnen) worden opgenomen. Tegelijkertijd neemt het (slibrijk) onderhoud op (hoofdzakelijk) de Drempel van Frederik geleidelijk af. Van de Drempel van Frederik wordt (met uitzondering van 2013 en 2014) hoegenaamd geen (zandige) specie meer afgevoerd naar de Schaar van Ouden Doel. Ook op de Drempel van Zandvliet is sinds de verruiming het zandrijk onderhoud sterk afgenomen. Er wordt opgemerkt dat de zandige specie afkomstig van deze twee drempels hoofdzakelijk bestaat uit slecht-bezinkbaar zand (en wordt geregistreerd in V'), dat evenwel wordt gestort op de stortlocatie Schaar van Ouden Doel.

Morfologie en ecotoop arealen

Rond de **Ketelplaat** en Ketenisse polder zijn verschillende veranderingen in de morfologie merkbaar. Afwaarts van de Ketelplaat is (in de bathymetrie van 2020) de aanwezigheid van de nieuwe wachtsteiger zichtbaar. In de luwte achter deze palenrij treedt sedimentatie op en door de veranderende aanstroming van de plaatpunt, is verder opwaarts erosie zichtbaar die bijdraagt aan de erosie van de laag slik zone van het natuurontwikkelingsgebied (Ryckegem et al., 2022). De teen van de plaat breidt zich daarentegen uit, mogelijk als gevolg van de stortingen in de Ketelputten en bochtstrooming die het sediment (of de zandige component ervan) naar de binnenbocht verplaatst. Het schor is hier eerder stabiel; ter hoogte van de meetraai breidt door deze ontwikkelingen het onderste deel van het slik uit.

Zoals gepland is tegelijk met de verruiming een zwaaizone aangelegd, opwaarts van de Europaterminal, ter hoogte van het **Galgeschoor**. Voor het verlies aan slikken en schorren (zie Passende Beoordeling) dat hierbij optrad, is compensatie uitgevoerd aan **Fort Sint-Filips** (2009-2010). Recent is als onderdeel van het Sigma-plan, door onder andere de aanleg van een strekdam, 20 ha aan waardevolle getijdennatuur gerealiseerd. De werken hebben invloed op de ontwikkeling van de Plaat van de Parel. Enerzijds is door de aanleg van de strekdam een luwe zone gecreëerd waarachter sedimentatie optreedt, anderzijds is de aanstroming van de plaatpunt veranderd en treedt erosie van de plaatpunt op. Ook is er voor het project sediment verplaatst, aangezien specie die eerder in dit gebied is gestockeerd, in de uitvoering van het plan is hergebruikt. De schorrand ter hoogte van de zwaaizone is de laatste jaren (sinds 2015) stabiel.

De aanpassingen langs de oevers van de Beneden-Zeeschelde vertalen zich ook naar veranderingen in de berekende **ecotopen-arealen**. Het totale areaaloppervlak is sinds 2010 toegenomen door de verdere ontwikkeling van de ontpolderingen ter hoogte van het KBR (Kruikeke-Basel-Rupelmonde) en de Burchtse Weel. De toename treedt vooral op voor het schorareaal (ca 140 ha) en in mindere mate voor de ecotoop potentiële pionierszone, zacht hoog slik en ondiep subtidaal.

Ook veranderingen in de dynamiek (stroomsnelheid) langs de oevers kunnen aanleiding geven tot veranderingen in ecotopenarealen. Gemiddeld gezien over de Beneden-

²² Zoals opgemerkt in Sectie 3.4 laat het station 'Grens' in Figuur 3-80 geen toename zien, terwijl dit wel het geval is voor het station 'Schaar van Ouden Doel' in Figuur 3-79. Een sluitende verklaring voor dit verschil is niet bekend. Een toename wordt verwacht, gezien de toename in onderhoudsvolumes van de verschillende zones.

Zeeschelde is hiervan geen sprake; lokaal zijn er wel veranderingen. De veranderingen in 2019 en 2020 zijn ten opzichte van het gemiddelde van de arealen van de laatste vier jaar niet noemenswaardig. In 2020 is er wel sprake van een verschuiving van areaal van middelhoog slik naar laag slik (bijvoorbeeld op het Groot Buitenschoor en het Galgeschoor), en een toename van de potentiële pionierszone, ten koste van het supralitoraal hard antropogeen.

Impact op getijdynamiek en sedimentconcentraties

In verschillende rapporten zijn de veranderingen in getijdynamiek gerapporteerd en deze worden daarom hier niet in detail besproken (T2021 Consortium, 2023a). De veranderingen hangen samen met onder andere klimaatveranderingen (zeespiegelstijging), zandwinning, de verruiming van de vaargeul en ingrepen verder opwaarts in het estuarium. Hoewel rond Antwerpen de getijslag zich heeft gestabiliseerd, neemt deze opwaarts nog verder toe (T2015 Consortium, 2018b; IMDC, 2020b). Hierdoor kunnen de debieten en stroomsnelheden afwaarts wel nog verder toe nemen. Ook opwaarts gelegen ontpolderingen hebben theoretisch een dergelijk effect (toename debiet en snelheden afwaarts, zie bijvoorbeeld Bi *et al.*, 2021). Hierdoor treden mogelijk ook veranderingen in de getijasymmetrie op. Uit de beschouwde stroomsnelheidsmetingen te Oosterweel volgt een toename van de (maximale) ebsnelheden. Deze veranderingen zouden gelinkt kunnen zijn lokale bodemveranderingen, of aan meerjarige variaties in de getijamplitude; dit is verder niet onderzocht.

Sinds ca. 2008-2009 wordt er op basis van de (getijonafhankelijke) OMES metingen een stijging van de sedimentconcentraties waargenomen in de Zeeschelde (Cox *et al.*, 2015, 2019; Maris en Meire, 2017; IMDC, 2017a). Uit de genoemde onderzoeken volgt dat de oorzaak hiervan moet worden gezocht in de relatie tussen de sedimentconcentratie en de bovenafvoer (zie ook de resultaten van de multivariate analyse in Sectie 3.4.2). In de Beneden-Zeeschelde is de stijging in sedimentconcentratie (met name in de nabijheid van de stortzones) gelinkt aan de bagger- en stortactiviteiten van slib (zie Sectie 3.4.2 en ook (IMDC, 2016, 2021d)). Ook de toename in getijdynamiek, in het bijzonder de verdere toename van de getijslag in het opwaartse deel van de Boven-Zeeschelde (verder in dit rapport niet beschreven, zie hiervoor bijvoorbeeld (T2015 Consortium, 2018b; IMDC, 2020b)), draagt bij aan het transport van zwevende stof tot een verder opwaartse gelegen locatie en een daarmee gepaard gaande verschuiving van het turbiditeitsmaximum. Door het Waterbouwkundig Laboratorium is vastgesteld dat op langere tijdschaal het residueel slibtransport voornamelijk afwaarts is gericht. De fluviale input van slib is dus groter dan de mariene input (Dams *et al.*, 2016; Vandenbruwaene *et al.*, 2017). De toename in sedimentconcentraties heeft via het lichtklimaat een impact op de primaire productie. Dit kan mogelijk de biomassa aan fytoplankton verlagen, echter dit is moeilijk met metingen aan te tonen. De gemeten biomassa is immers ook afhankelijk van veel andere factoren zoals bijvoorbeeld de begrazing door zoöplankton. Veranderingen in lichtklimaat en chlorofyl worden in dit voortgangsrapport verder niet beschouwd.

Ook uit de continue metingen (Oosterweel) volgt dat in de periode sinds ca. 2009 de sedimentconcentratie (en de lichtextinctie, zie bijvoorbeeld IMDC, 2020b) hoger zijn dan in de periode vóór 2009. Er kan dus geconcludeerd worden dat er sprake is van een verandering in het systeem met een hogere slibcirculatie. Binnen de periode 2009-2021 wordt in deze metingen echter geen doorlopende stijging van de sedimentconcentratie waargenomen; per jaar is dit ook afhankelijk van bijvoorbeeld de meteorologische omstandigheden.

Uit de continue metingen volgt ook een sterke relatie tussen de stortvolumes aan slib in de Beneden-Zeeschelde en de gemeten sedimentconcentratie. Ook is de invloed van de slibstortingen (en de bovenafvoer) op de sedimentconcentraties eerder aangetoond door middel van een (multivariate) regressie analyse (IMDC, 2016, 2021d). Er is sprake

van een feedback relatie tussen het baggeren en storten, waarbij de sedimentconcentraties worden verhoogd door de ingrepen, en de verhoogde sedimentconcentraties weer leiden tot een verhoogde aanslibbing. De relatie tussen het baggeren-storten enerzijds en de sedimentconcentratie anderzijds is echter complex, en niet één-op-één. In 2011 was er een piek in baggerwerken als gevolg van het verlagen van de onderhoudsdiepte in het Deurganckdok. Daarna ligt het onderhoud (en de concentraties) lager dan in 2011, maar (gemiddeld) op een hoger peil dan in de periode ervoor. Het overtollige sediment is vermoedelijk afgezet op de slikken of over een grotere afstand verspreid; een proces dat enige jaren in beslag kan nemen (IMDC, 2018b). Door de opeenvolging van ingrepen is het niet mogelijk de precieze reden voor de toename van de sedimentconcentraties in de periode 2006 tot heden toe te wijzen aan één bepaalde ingreep.

5 Conclusies

5.1 Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Westerschelde

Het Protocol Flexibel Storten stelt dat in het voortgangsrapport op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring, voorstellen worden gedaan voor eventuele aanpassing van de stortstrategie, de monitoring of het nader onderzoek.

Aangezien dit het laatste voortgangsrapport uit deze vergunning betreft en reeds een nieuwe vergunning is opgestart zijn aanbevelingen ten aanzien van de voortzetting van de strategie niet opportuun. Daarom worden op basis van de rapportage en discussie in de voorgaande hoofdstukken hieronder enkel conclusies geformuleerd. Wel worden verder aanbevelingen gedaan ten aanzien van monitoring, rapportage en onderzoek.

5.1.1 Conclusies Voortgangsrapportage 2020-2021

Gedurende de vergunningsjaren 2020 en 2021 heeft het Overleg Flexibel Storten opnieuw waar nodig bijgestuurd in de bagger- en stortstrategie, op basis van de monitoringgegevens vanuit MONEOS-T, binnen de randvoorwaarden van de vergunning. Vanuit het Overleg Flexibel Storten werd ook bijkomend onderzoek voorgesteld, en werden de grenswaarden in het kader van de Kwaliteitsparameters, zoals het laagdynamisch waardevol ecologisch gebied, zoals beoogd bewaakt.

Een belangrijke verandering in het onderhoudsbaggerwerk sinds de derde verruiming is de verschuiving van het zwaartepunt van de stortingen van de nevengeulen naar de hoofdgeulen. Opvallend daarbij is dat, behoudens enige jaarlijkse variatie, het totale **onderhoudsvolume in de Westerschelde** zich vervolgens gestabiliseerd heeft rond een gemiddelde waarde van circa 9,3 Mm³. In 2020 en 2021 ligt het onderhoud iets boven het gemiddelde. Deze gemiddelde waarde ligt aanmerkelijk hoger dan het onderhoud in de periode tussen de tweede en derde verruiming waarin enkel in de nevengeulen (en op de plaatrand van Walsoorden) werd gestort volgens de Oost-West stortstrategie. Dit leidt tot de conclusie dat de stabilisatie van het onderhoud het gevolg is van de gekozen stortstrategie met daarin een belangrijke rol voor de hoofdgeul en het sedimentbehoud dat wordt nagestreefd.

Met het oog op het **behoud van het meergeulenstelsel** wordt het watervolume van de hoofd- en nevengeulen geëvalueerd. Uit de geanalyseerde resultaten blijkt een verdere toename van het watervolume van de hoofdgeul in de westelijke macrocellen, terwijl deze in het midden en oosten vrij constant zijn. Ook het watervolume in de nevengeulen past zich aan. Vooral in de nevengeul van **macrocel 3** zet de afname van het watervolume zich in de afgelopen jaren verder door. In geen van de macrocellen onderschrijdt het watervolume echter de kritische ondergrens voor de nevengeulen.

Ten aanzien van de **ecologische winst van de plaatrandstortingen** werd vastgesteld dat het totale laagdynamisch areaal ook in de laatste ecotopenkaart (2020) wederom was toegenomen en voor alle plaatranden samen ruim boven het doel van een toename van 114 ha areaal ligt. Ook voor elke plaat afzonderlijk is voldaan aan de verwachte en gewenste toename in laagdynamisch areaal. In het geval van de **Rug van Baarland** is de toename van laagdynamisch areaal echter voornamelijk veroorzaakt door autonome ontwikkeling.

Op basis van de bovengenoemde analyses werd geconcludeerd dat er enerzijds wel sprake is van een (beperkte) ecologische winst door de plaatrandstortingen, anderzijds is er sprake van negatieve (autonome) ontwikkelingen of onzekerheden in een aantal gebieden, zoals de **Hooge Platen Noord**, het **Middelgat** (SN41) en de **Schaar van Waarde** (SN51). Hier werd ook de afgelopen periode uit voorzorg al niet meer gestort. Met uitzondering van de Schaar van Waarde, die voorwaardelijk werd opgenomen, zijn deze

zones ook niet opnieuw opgenomen in de stortvergunning voor de periode 2022-2028. Na het uitvoeren van een succesvolle proefstorting werd besloten ook de **Schaar van de Noord** (SN61) voorwaardelijk mee op te nemen in de nieuwe vergunningsaanvraag.

Ter hoogte van de plaatrandstortzones **Hooge Platen West** en (in mindere mate voor de) **Plaat van Walsoorden** blijkt uit analyses dat er sprake is van een hoge dynamiek (lage stabiliteit) van de stortingen. Er kan echter geen direct verband tussen de ophoging van de plaat en de uitgevoerde stortingen vastgesteld of uitgesloten worden.

In de nieuwe vergunning wordt het creëren en behouden van de ecologische winst door de plaatrandstortingen niet meer opgenomen als expliciete kwaliteitseis, maar ondergebracht in de eis rond het behoud van ecologisch waardevol areaal.

Ten aanzien van het **behoud van ecologisch waardevol areaal** wordt op basis van de meest recente **ecotopenkaart** (2020) geconcludeerd dat het ecologisch waardevol gebied in de Westerschelde toegenomen is. De grootste toename wordt vastgesteld in het laag- en middenlitoraal, aangevuld door het ondiepe sublitoraal. Daarnaast wordt op basis van **profielmetingen** langs de oevers geconcludeerd dat in de voorgaande jaren op bepaalde locaties erosie van de schorrand optrad, terwijl op andere locaties er juist van erosie dan wel sedimentatie van het aanwezige laag of hoog slik sprake was. De aanwezige strekdammen hebben vooral een stabiliserend effect op het slik dat tussen de strekdammen ligt, maar niet altijd op het ervoor gelegen slik of de schorrand. Op basis van de kortetermijnanalyses zijn geen grote veranderingen zichtbaar ten opzichte van de periode ervoor, noch indicaties dat er systematische problemen zijn met het morfologisch functioneren van de slik- en schorgebieden.

Op basis van de toename van het laagdynamisch areaal ter hoogte van de plaatrandstortzones wordt een potentiële toename van de beschikbaarheid van voedsel voor foeragerende vogels verwacht, wat eveneens gunstig zou zijn voor de vogelstand. Dit kan op basis van de analyses van **benthos** en **niet-broedvogels** niet rechtstreeks aangetoond worden. Er is sprake van een gemiddelde afname in densiteit (gemiddelde aantal per staal) van **kokkels** in het westelijk deel en van een toename van (gemiddelde) biomassa benthos in het centrale deel van de Westerschelde. De over het algemeen negatieve trend in **niet-broedvogels** is echter al langere tijd gaande en lijkt eerder gerelateerd aan grootschalige trends, hoewel lokale invloeden (verstoring, habitat-geschiktheid) niet uitgesloten kunnen worden. De laatste jaren lijkt voor sommige soorten (Kanoet, Scholekster) stabilisatie of zelfs een toename op te treden in de populatie. De overgang van pioniervegetatie naar schorvegetatie, bijvoorbeeld op de Hooge Platen, heeft een negatief effect op de populatie **broedvogels**. In het oosten is de toename van de troebelheid mogelijk van invloed op de populatie **zichtjagers**, zoals de Visdief. Zowel de **gewone zeehond** als de **grijze zeehond** worden de laatste jaren meer waargenomen in de Westerschelde.

Ter voorbereiding van de nieuwe vergunningsperiode zijn er de afgelopen jaren **proefstortingen** uitgevoerd op verschillende locaties (Suikerplaat, Inloop van Ossenis, Put van Hansweert). Op basis van de metingen en analyses die gedaan werden bij deze proefstortingen, lijken de verwachte effecten beheersbaar te zijn en werd geconcludeerd dat de **Inloop van Ossenis** en de **Put van Hansweert**, met opvolging van de verspreiding van het gestorte sediment middels monitoring, geschikte locaties zijn om als nieuwe, reguliere stortlocaties te gebruiken.

De inzichten, zoals die zijn gerapporteerd in het Voortgangsrapport en volgden uit de onderzoeken uit de afgelopen jaren (met in het bijzonder de verschillende proefstortingen), hebben geleid tot een **aangepaste stortstrategie** waarvoor begin 2022 ook een vergunning is verkregen. Daarbij zullen wederom, op basis van de waargenomen ontwikkelingen, de stortingen worden opgevolgd en bijgestuurd middels een overlegproces (Baggeroverleg). De frequentie van de rapportage van de monitoring zal

hierbij plaatsvinden in functie van dit overlegproces. Voor meer informatie wordt verwezen naar de nieuwe vergunningen.

5.1.2 Advies monitoring en verder onderzoek

Het Schelde-estuarium is een complex, dynamisch, levend systeem waarvan de verschillende aspecten allemaal op elkaar inwerken. Net zoals het systeem zelf moet de monitoring ervan dan ook zoveel mogelijk op een integrale manier gebeuren.

Uit dit rapport blijkt dat verschillende platen in de Westerschelde geometrische veranderingen vertonen. Deze veranderingen aan de platen, en de slikken en schorren worden beïnvloed door stroming en golfwerking. Recent en lopend onderzoek laat zien dat scheepsgolven in het oostelijk deel van de Westerschelde van groter belang zijn dan windgolven (Meire et al., 2019). De conclusies van dit onderzoek zouden verder geïmplementeerd kunnen worden om mitigerende maatregelen te nemen om negatieve effecten van scheepsgolven op de slikken en schorren, te reduceren. Dit vooral op locaties waar door structurele erosie geen schorverjonging meer plaatsvindt.

Bij de grens tussen macrocel 3 en 4, buiten de hoofdgeul, is door de jaren heen de uitloop van het Middelgat richting de hoofdgeul steeds prominenter geworden, terwijl de aansluiting van de Everingen naar de hoofdgeul via het Straatje van Willem verondiept is. Daarnaast wordt waargenomen dat de hoofdgeul van macrocel 4 verder uitbocht en hierbij de oostrand van de Rug van Baarland en Molenplaat erodeert. Hier verbreedt de hoofdgeul (vloedgeul) ten koste van het platencomplex. Deze ontwikkeling zet zich in 2020 en 2021 verder door. Er wordt geadviseerd om de ontwikkelingen in macrocel 4 nader op te volgen met het oog op het toekomstig gebruik van de ebgeul. De aanleg van harde oeververdedigingen en strekdammen, die mede voor natuurontwikkeling en behoud worden aangelegd, werken een verdere verstarring van het systeem in de hand.

In macrocel 5 worden relatief beperkte volumes in de hoofdgeul toegestaan in vergelijking met de beschikbare stortcapaciteit (Deltares, 2021). In de vergunning 2022 – 2028 is de stortcapaciteit in de hoofdgeul van macrocel 5 reeds enigszins verhoogd ten opzichte van de afgelopen vergunning. Er wordt aanbevolen om specifiek op te volgen of er sprake is van een effect van de hoofdgeulstortingen in macrocel 5 op de evolutie van de watervolumes in het gebied en het onderhoud op de drempels. Op basis van de resultaten van deze monitoring kan verder verkend worden of de stortcapaciteit in de hoofdgeul van deze macrocel verder uitgebreid zou kunnen worden en wat hiervan het mogelijke (positief) effect is op het relatieve watervolume in de nevengeul van macrocel 5.

Er wordt aanbevolen de invloed van de aanleg van de strekdammen op het Slik van Waarde te evalueren in het licht van de ontwikkeling van macrocel 5 op meso schaal.

Met betrekking tot de sedimenthuishouding in het Scheldesysteem zouden enkele zaken onderzocht kunnen worden:

- De impact van havenstortingen in de Westerschelde. Bij deze baggerwerken wordt het sediment over kleinere afstanden verplaatst. Er worden echter wel substantiële volumes aan (vermoedelijk fijn) sediment gebaggerd en gestort. De samenstelling ervan is echter bij de auteurs niet bekend. Ook met de werkzaamheden bij de Nieuwe Sluis Terneuzen, en daaraan gerelateerde onderhouds- en aanlegvolumes, zijn in totaal grote volumes gestort. Een regelmatige opvolging van deze stortingen in het Baggeroverleg (voorheen Overleg Flexibel Storten) is daarom wenselijk, zodat de invloed ervan op de (lange termijn) sedimenthuishouding van de Westerschelde, en specifiek de invloed op de onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul en de ontwikkeling van (de omgeving van) de vergunde stortzones ingeschat kan worden.

- Het effect van de zeezandstortingen in het kader van de zandruil. Sinds het stopzetten van de zandwinning wordt een zandruil uitgevoerd, waarbij zeezand wordt gestort in de nevengeul van macrocel 3 ter compensatie van (beperkte volumes) zandwinning. Analyse van de resultaten van deze proef is voorzien als onderdeel van de vergunning van deze proef. Het is relevant om vanuit het Baggeroverleg (voorheen het Overleg Flexibel Storten) de verspreiding van dit zand mee op te volgen, als ook de effecten van deze zandruilproef op de ontwikkeling van de nevengeul(stortzone) van macrocel 3.
- De stabiliteit van de stortingen in de individuele stortzones. Door beperkte inzetbaarheid van de nevengeulzones wordt er meer in de hoofdgeul gestort in zones met een zeer beperkte stabiliteit. Uit de proefstortingen volgt dat na 1 jaar ongeveer 25 a 30% blijft liggen in de hoofdgeulzones en de rest wordt verspreid. Dit verhoogt de retourstroom richting baggerzones met toename van het gebaggerde volume tot gevolg. Een stortstrategie die is gericht op de hoofdgeul en het daarbij behorende hogere onderhoudsvolume is mogelijk dus de consequentie van de wens van behoud van het meergeulensysteem. Daar tegenover staat dat de totale vaarafstand (en daarmee de uitstoot) door de nabijheid van de stortzones in deze situatie lager kan liggen, zelfs al ligt het totale onderhoudsvolume hoger.

5.2 Voortgangsrapport onderhoud vaargeul Beneden-Zeeschelde

De vergunning voor het vaargeulonderhoud van de Beneden-Zeeschelde vraagt dat het voortgangsrapport op basis van de waargenomen ontwikkelingen binnen de monitoring en de resultaten van de studies en proefprojecten voorstellen doet voor eventuele aanpassingen van de stortstrategie, de monitoring of nader onderzoek, inclusief nieuwe technieken en mogelijkheden.

Eerst zullen hiertoe in een aantal conclusies de bevindingen uit het rapport worden samengevat, waarna aanbevelingen worden geformuleerd.

5.2.1 Conclusies Voortgangsrapportage 2020-2021

Zowel de initiële opening van het Deurganckdok in 2005, de verdere aanpassingen aan het dok in de periode 2005 – 2011, als de uitvoering van verruiming in de periode 2008 – 2010 hebben vermoedelijk een belangrijke invloed uitgeoefend op de toename, samenstelling en ruimtelijke verdeling van de onderhoudsvolumes in het havengebied. Na de uitvoering van deze ingrepen was er sprake van een piek in het zandig en slibrijk onderhoud in 2010 en 2011, waarna het onderhoud afnam en zich na een periode van circa 4 jaar stabiliseerde (vanaf 2015).

Recent is informatie beschikbaar gekomen dat een deel van de zandige specie dat op de Schaar van Ouden Doel wordt gestort bestaat uit slecht-bezinkbaar fijn zand (dat evenals het slib wordt geregistreerd in gereduceerd volume V'). Het betreft hoofdzakelijk materiaal dat op de afwaartse drempels wordt gebaggerd. Hierdoor vervaagt (verder) het onderscheid tussen de slibrijke en zandige onderhoudsspecie en de daarop gebaseerde keuze van de stortlocatie.

Ten opzichte van de voorgaande periode is het gecombineerde (zandig en slibrijk) onderhoudsbaggerwerk in 2020 en 2021 enigszins afgenomen. Globaal gezien is het volume sinds 2015 (met uitzondering van een piekje in 2018) redelijk stabiel.

Uit het gecombineerde onderhoudsvolume voor de Drempel van Frederik (en de Drempel van Lillo) blijkt een gestage afname. Op de Drempel van de Parel neemt vanaf 2017 het onderhoudsvolume (zand) licht toe, waarschijnlijk als gevolg van de verplaatsing van een deel van de zandige specie naar de nieuwe stortlocatie in de Parelputten.

Naast de afname van het onderhoud op de drempels is er sprake van een toename van het slibrijk onderhoud in de verschillende sluiestoegangen. Deze toename vindt gelijktijdig plaats met de toename van de sedimentconcentraties in de rivier. In het Deurganckdok fluctueert het jaarlijks onderhoudsvolume maar is desondanks sinds 2015 redelijk stabiel.

Uit verschillende analyses blijkt sinds 2008-2009 een geleidelijke toename van de slibconcentraties in de (Beneden-)Zeeschelde. Uit een multivariate analyse volgt dat deze toename in de omgeving van het havengebied sterk gerelateerd is aan de uitgevoerde (slib) stortingen, maar dat in de Boven-Zeeschelde (de veranderde relatie met) het bovendebiet bepalend is. Ook in 2020 was er sprake van een toename in sedimentconcentratie; in 2021 lagen de jaargemiddelde waarden lager dan ervoor.

De belangrijkste lokale morfologische veranderingen in het gebied kunnen gerelateerd worden aan de plaatsing van een wachtsteiger afwaarts van de Ketelplaat, en de aanleg van een strekdam ter hoogte van Fort Sint-Filips op de Plaat van de Parel.

Het totale areaaloppervlak is sinds 2010 toegenomen door de verdere ontwikkeling van de ontpolderingen ter hoogte van het KBR (Kruibeke-Basel-Rupelmonde) en de Burchtse Weel. Het zwaartepunt van deze toename ligt in de hoger in het profiel gelegen ecotooptypes. De veranderingen in de recente ecotopenkaarten zijn ten opzichte van het gemiddelde van de voorgaande periode niet noemenswaardig.

5.2.2 Advies stortstrategie

De slibstortlocatie Ketelputten is sinds 2017 in gebruik en biedt een afwaarts gelegen alternatief voor de stortlocaties in de omgeving van Oosterweel. De stortlocatie ligt weliswaar afwaarts van de oude stortlocaties, maar nog steeds opwaarts van de belangrijkste onderhoudslocaties. Het is hierdoor in theorie mogelijk dat het gebruik van de nieuwe locatie tot een toename van de retourstroom en sedimentconcentratie in de omgeving van deze onderhoudszones leidt. Anderzijds zorgt de afwaartse locatie mogelijk voor het beperken van de sedimentbeschikbaarheid in de opwaartse delen, wat met name bij lage bovenafvoer kan zorgen voor lagere sedimentconcentraties in de opwaartse delen van het estuarium.

Op basis van de monitoringsresultaten gepresenteerd in dit rapport kan (nog) geen invloed van de inzet van de Ketelputten op de ontwikkeling van sedimentconcentraties of onderhoudshoeveelheden worden vastgesteld. Er is daarom geen reden om op dit moment af te zien van het gebruik van deze stortlocatie. Het gebruik van de nieuwe locatie is echter een verandering waarvan de invloed vermoedelijk pas na een zeker aantal jaren mogelijk merkbaar zal worden en het is momenteel nog te vroeg om over de werking van deze stortlocatie conclusies te trekken. Er wordt daarom geadviseerd de stortingen in de Ketelputten voort te zetten en in een volgend voortgangsrapport nader te evalueren met het oog op de toekomstige uitbreiding van de stortcapaciteit in deze zone.

Ter hoogte van de Drempel van de Parel wordt de laatste jaren een lichte toename van de onderhoudsbaggerwerken geregistreerd, die mogelijk zijn gerelateerd aan de stortingen in de Parelputten (sinds 2017 in gebruik). Deze toename is echter niet van dien aard dat van het gebruik van de stortlocatie afgezien dient te worden. Ook voor de zandstortingen in de Parelputten is het nog vroeg om conclusies te trekken over de gunstige bijdrage aan de verspreiding van de zandige onderhoudsbaggerespecie en de evolutie van de Beneden-Zeeschelde op lange termijn. Doordat deze aangepaste strategie gecombineerd gaat met een reductie van onttrokken zandvolumes uit de Zeeschelde (zandwinning) wordt geadviseerd om deze strategie verder voort te zetten en in een volgend voortgangsrapport nader te evalueren.

5.2.3 Advies monitoring en verder onderzoek

De invloed van ingrepen en andere veranderingen in het estuarium tekenen zich op lange termijn scherper af, waardoor nieuwe inzichten mogelijk zijn. In het belang van het langetermijnonderzoek naar ingrepen enerzijds, en (autonome) evoluties van getijslag, sedimentconcentraties, doorzicht en chlorofyl anderzijds, wordt aanbevolen de monitoring ongewijzigd voort te zetten. Een continue, langjarige meetreeks heeft daarbij een grote meerwaarde. Hierbij wordt onder meer bedoeld op zowel de continue meetreeksen als getij-afhankelijke en getij-onafhankelijke staalnames.

Zoals hierboven gemotiveerd, verdient het de aanbeveling om de werking van de nieuwe stortzones in de Ketelputten en de Parelputten nader op te volgen. Om meer inzicht te krijgen in de (momentane) verspreiding van het gestorte materiaal wordt aanbevolen gerichte meetcampagnes uit te voeren.

Na de aanleg van de strekdam ter hoogte van Fort Sint-Filips is, waarschijnlijk als gevolg van de gewijzigde aanstroming, erosie op de Plaat van de Parel opgetreden. Dit zou ten koste kunnen gaan van waardevol ecotopen areaal (ondiep subtidaal) op de plaat. Er wordt daarom aanbevolen de evolutie van de plaat verder op te volgen en aan te dringen op (bijkomende) monitoring van de plaat.

Vanuit een systeem-brede grensoverschrijdende benadering kan verwacht worden dat verder afwaarts gelegen slibstortlocaties leiden tot een afname van de aanslibbing en dus het onderhoudsvolume in de Beneden-Zeeschelde (IMDC, 2013b; Plancke *et al.*, 2016; Stark *et al.*, 2022). Meer bepaald kan, op basis van gerichte monitoring, verder onderzocht worden wat de invloed is van het storten van slecht-bezinkbaar sediment (zand of slib) op de stortlocatie Schaar van Ouden Doel, waarbij ook de sedimentsamenstelling voor zandwinning een aandachtspunt is. Met het oog op de invloed van lokaal verhoogde slibconcentraties op de primaire productie, kan de suggestie uit Cox & Meire (2015) gevolgd worden om afwaarts storten te combineren met periodes van minimale primaire productie.

In het opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde (opwaarts van Temse) is de getijslag nog aan verandering onderhevig. Verder onderzoek naar het effect van deze opwaartse veranderingen in getijslag op de stromingsdynamiek in de (Beneden-)Zeeschelde kan inzicht geven in toekomstige 'autonome' veranderingen. Gezien de directe invloed van stroomsnelheden op continue resuspensie gedrag van slibdeeltjes, de stabiliteit van de slikken en schorren, en op het sedimentatie-erosie gedrag in de geul, is kennis hieromtrent van grote waarde om de toekomstige evolutie van het onderhoudsbaggerwerk in relatie tot de gevoerde stortstrategie correct te kunnen inschatten. Hierbij kan worden gedacht aan een combinatie van modelonderzoek en data analyse (uit het bestaande monitoringsprogramma).

6 Referenties

Arcadis (2013). Passende beoordeling en natuurtoets. Onderhoud vaargeul Westerschelde (vergunning 2015-2021). B02043.000247.0100.

Arcadis (2015a). Verkenningen proefstortzones Westerschelde: eerste inschatting haalbaarheid. Arcadis rapport met kenmerk 077939190:B.

Arcadis (2015b). Passende beoordeling en natuurtoets gebruik proefstortlocaties vaargeulonderhoud Westerschelde. Arcadisrapport met kenmerk 78481713:A.

Bi Q., Vanlede J., Smolders S. & Mostaert F. (2021). Integraal Plan Boven-Zeeschelde. Sub report 16. Effect of C-alternatives on hydrodynamics. Version 3.0. Flanders Hydraulics Research, FHR Reports 13_131_16.

Bouwmeester R. (2014). Het gebruik van intergetijdengebieden door steltlopers in de Westerschelde. De relatie tussen bodemdynamica en het gebruik van intergetijdengebieden door steltlopers. Rijkswaterstaat, Delta Milieu.

CBS, PBL & Wageningen UR (2017). Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2016. www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

CBS, Planbureau voor de Leefomgeving & Wageningen UR (2014). Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2013 (indicator 1239, versie 06, 24 september 2014). Geraadpleegd 2 oktober 2014, <http://www.clo.nl/nl1239>.

Consortium Arcadis-Technum (2007a). Milieueffectrapport Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Achtergronddocument Baggeren en storten.

Consortium Arcadis-Technum (2007b). Hoofdrapport Passende Beoordeling: Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Consortium Arcadis-Technum.

Cox T., Maris T. & Meire P. (2015). Wijzigingen in slib- en zoutconcentraties in de Boven-Zeeschelde sinds 2009. Universiteit Antwerpen, ECOBE015-R186.

Cox T. & Meire P. (2015). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde Deelrapport 6: effecten op primaire productie van verschillende scenario's voor het terugstorten van slib. Nota ECOBE 016-R188.

Cox T.J.S., Maris T., Van Engeland T., Soetaert K. & Meire P. (2019). Critical transitions in suspended sediment dynamics in a temperate meso-tidal estuary. *Sci. Rep.*, 9(1), doi: 10.1038/s41598-019-48978-5.

Dams J., Vanlede J., Plancke Y., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). WL Rapporten. Slibbalans-Zeeschelde: deelrapport 3. Literatuurstudie. Flanders Hydraulics Research, 00_029.

Deltares (2021). Analyse ontwikkeling morfologie en richtlijn stortcapaciteit. Vergunning storten Westerschelde. Deltares, 1210301-000-ZKS-0028.

Deltares & IMDC (2018). Baggerdepositie in diepe geulen. Strategie voor het plaatsen van gebaggerd materiaal in de diepere getijdegeulen van de Westerschelde.

Hoekstein M.H.J., Sluijter M. & van Straalen K.D. (2022). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2020/2021. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 22.02. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2022-01.

IMDC (2013a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Derde Verruiming Schelde: voortgangsrapport data 2010-2011. I/RA/11353/12.197/DDP.

IMDC (2013b). Instandhouding vaarpassen Schelde Milieuvergunningen terugstorten baggerspecie LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid. B-23 - Analyse stortvakken Beneden-Zeeschelde. Basisrapport specifieke beheervragen. I/RA/11387/13.094/VBA.

IMDC (2015a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapport 2012-2013: Syntheserapport. I/RA/11353/14.159/DDP.

IMDC (2015b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2012-2013: Data- en analyserapport. I/RA/11353/14.158/DDP.

IMDC (2016). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Multivariate analyse van metingen van sedimentconcentratie in de Zeeschelde. I/RA/11353/15.228/THL.

IMDC (2017a). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015: Data- en analyserapport. I/RA/11353/16.073/DDP.

IMDC (2017b). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Voortgangsrapportage 2014-2015 : Syntheserapport. I/RA/11353/16.117/THL.

IMDC (2017c). Vaarwegbeheer 2016-2021 - Bestelopdracht 1: Flexibel Storten 2017 - Maandrapport plaatrandstortingen april - mei 2017. I/RA/11498/17.086/MGO.

IMDC (2017d). 11498 - Nota rond de multivariate analyse van sedimentconcentraties uit oppervlaktestalen in de Westerschelde. I/NO/11498/17.378/KDL/.

IMDC (2018a). Factual datarapport Diepe Delen 2017. I/RA/12161/17.204/GLE/.

IMDC (2018b). Evaluation of the external effects on siltation in Deurganckdok (2014 - 2017). Evaluation of the external effects on the siltation in Deurganckdock (2014 - 2017) - Rapport 1.25 - Model study of transient and external effects. I/RA/11449/18.105/THL/, in opdracht van Flemish Government, Department of Mobility and Public Works, Maritime Access Division.

IMDC (2019a). Voortgangsrapportage 2016-2017: Syntheserapport. I/RA/11498/18.140/API/.

IMDC (2019b). Voortgangsrapportage 2016-2017: Analyserapport. I/RA/11498/18.126/API/.

IMDC (2020a). Voortgangsrapportage 2018-2019: Data- en analyserapport. I/RA/11498/20.096/MMO/.

IMDC (2020b). Voortgangsrapportage 2018-2019: Syntheserapport. I/RA/11498/20.109/API/.

IMDC (2020c). Vaarwegbeheer 2016-2021 - Flexibel Storten Periode 3 - 2020-2021 - Maandrapport april-mei 2020. I/RA/11498/20.078/CPA/.

IMDC (2021a). Nieuwe Sluis Terneuzen - Jaarrapport baggeractiviteiten oktober 2020 - september 2021. I/RA/18075/21.179/NSM/.

IMDC (2021b). Analyserapport proefstortcampagne Inloop van Ossenis en Put van Hansweert. I/RA/11498/20.063/API/.

IMDC (2021c). Analyserapport proefstortingcampagne Inloop van Ossenis 2020. I/RA/11498/20.195/JMA/.

IMDC (2021d). WL - Onderzoek Flexibel Storten - Multivariate analysis for suspended sediment concentration. I/RA/11513/21.108/BTH/BTH.

IMDC (2022a). Nieuwe Sluis Terneuzen - kwartaalrapport baggeractiviteiten oktober-december 2021. I/RA/18075/22.014/NSM/.

IMDC (2022b). Flexibel Storten - Bestelopdracht 14 - Maandrapport Grensoverschrijdende Proefstorting (GOPS) - december 2021-januari 2022. I/RA/11498/22.007/CPA/.

IMDC (2022c). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Statusrapport na start verdiepingswerken - jaar 12. I/RA/11498/22.073/SBE.

IMDC (in voorbereiding). Analyserapport proefstortcampagne Put van Hansweert 2021. I/RA/11498/22.175/GVH/.

Jentink R. & Schrijver M. (2021). Opvolging Effecten Flexibel Storten, Datarapportage 2020. Rijkswaterstaat, 7210A/DR-2020-01.

Jentink R. & Schrijver M. (2022). Opvolging Effecten Flexibel Storten, datarapportage Westerschelde 2021. Rapport 7210A/DR-2021-01.

Jeuken C., Vroom J., Wang Z.B., Depreiter D., van Holland G., Dam G., Poortman S. & Cleveringa J. (2014). Advies flexibel storten. Verbeteren van het Criterium Nevengeulen. Deltares, IMDC, Svasek Hydraulics en Arcadis.

Kornman B.A., Liek G.-J. & Schippers H. (2003). Baggeren en storten in de Westerschelde: een nieuwe kijk op het onderhoudsbaggerwerk. RWS, RIKZ, Werkdocument RIKZ/AB/2002.840X.

Lilipaly S. & Sluijter M. (2021). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2020. Rijkswaterstaat, Delta Project Management, 2021-05.

Lilipaly S. & Sluijter M. (2022). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2021. Rijkswaterstaat, Delta Project Management, 2022-03.

LTV-consortium (2014). Advies Flexibel Storten. Voorstel voor het afleiden van koerslijnen en ondergrenzen. (1209395-000-ZKS-0001, concept). LTV-consortium Deltares - IMDC - Svasek - Arcadis.

Maris T., Gelsomini P., Horemans D. & Meire P. (2020). OMES rapport 2019: Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu.

Maris T. & Meire P. (2017). OMES rapport 2016. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. UAntwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOZ, Ecolab en VLIZ, in opdracht van Vlaamse Overheid, Waterwegen & Zeekanal - afdeling Zeeschelde.

Meire D., Kolokythas G., Smolders S., Plancke Y., Verwaest T. & Mostaert F. (2019). Agenda voor de Toekomst – Waves in the estuary: Analysis of wave measurements at Saeftinghe. Version 2.0. FHR Reports, 14_082_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp.

Meire P. & Maris T. (2008). MONEOS: Geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium. Universiteit Antwerpen, Rapport ECOBE 08-R-113.

Meire P., Plancke Y., Govaerts A., Cox T., Gelsomi P., Horemans D., Meire D., Meire L., Zetsche E. & Maris T. (2021). Synthesis note: SPM dynamics and trends in the Scheldt estuary. Universiteit Antwerpen, ECOBE Report 021-R267.

Plancke Y., Aragonés E., Vos G. & Mostaert F. (2020a). Proefstortingen Westerschelde Deelrapport 3 – Analyse van de sedimentatie ter hoogte van de drempel van Hansweert. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapport 19_079_3.

Plancke Y., Bastiaensen E. & Mostaert, F. F. (2020b). Proefstortingen Westerschelde Deelrapport 2 – Analyse beun- en boxcorerstalen bij de uitvoering van de stortproef 2019 in de diepe put van Hansweert. Versie 4.0. WL Rapporten, 19_079_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Plancke Y., Claeys S., Verwaest T. & Mostaert F. (2017a). Overleg Flexibel Storten: deelrapport 23. Stromings- en sedimentmeting ter hoogte van de diepe put van Hansweert. WL Rapporten, 00_031_23.

Plancke Y., De Maerschalck B. & Mostaert F. (2021). Wachtsteiger Ketelplaat: deelrapport 1. Morfologische ontwikkelingen. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 21_002_1.

Plancke Y. & Meire D. (2022). Proefstortingen Westerschelde Deelrapport 5 – Stromings- en sedimenttransport metingen ter hoogte van de diepe put van Hansweert – proefstorting 2021. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapport 19_079_5.

Plancke Y., Meire D. & Mostaert F. (2020c). Proefstortingen Westerschelde Deelrapport 1 – Stromings- en sedimenttransport metingen ter hoogte van de diepe put van Hansweert – situatie T0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapport 19_079_1, in opdracht van Version = 3.0.

Plancke Y., Sas M., Heinis F. & Ides S. (2008). Nota Plaatrandstortingen. Verruiming vaargeul Westerschelde. WL2008R791_06_rev2.

Plancke Y., Schrijver M., Meire D. & Mostaert F. (2017b). Overleg Flexibel Storten: deelrapport 22 - Analyse van de waterbeweging, het sedimenttransport en de morfologie nabij de Plaat van Walsoorden. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen & Rijkswaterstaat Zee& Delta, Middelburg, WL Rapporten, 00_031_22.

Plancke Y., Schrijver M., Meire D. & Mostaert F. (2017c). Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 20 – Analyse van de waterbeweging, het sedimenttransport en de morfologie nabij de Hooge Platen. Versie 1.0. WL Rapporten, 00_031_20.

Plancke Y., Smolders S. & Mostaert F. (2020d). Agenda v/d Toekomst – Sedimenttransport op verschillende tijdschalen: : Deelrapport 14 – Data-analyse met behulp van een multivariaat model naar invloedsfactoren op de sedimentconcentratie in de Zeeschelde. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 17_088_14.

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

Plancke Y., Vos G., Ides S. & Mostaert F. (2009). Westerschelde determinatie onderzoek plaatrandstortingen. Ontwikkelingen van arealen op de korte termijn.

Plancke Y., Vos G. & Mostaert F. (2020e). WL Rapporten. Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 36 - Analyse van baggerhoeveelheden in de Westerschelde: periode 2000-2019. Waterbouwkundig Laboratorium, WL2020R00_031_36.

Plancke Y., Vos G., Taverniers E. & Mostaert F. (2011). Overleg Flexibel Storten: T0 morfologie plaatranden. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten 791_08. Versie 2.0.

Rijkswaterstaat (2006). Ecotopenkaarten Westerschelde. Werkdocument bij de edities 1996, 2001 en 2004. Rijkswaterstaat Zeeland.

Rijkswaterstaat (2020). Dwarsprofielen Geulwand Ossenisse.

Ryckegem G., Vanoverbeke J., Meutter F.V. de, Vandevoorde B., Mertens W., Mertens A., Braeckel A.V., Smeekens V., Thibau K., Bezdenjesnji O., Buerms D., Regge N.D., Hessel K., Lefranc C., Soors J. & Lierop F.V. (2022). MONEOS - Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2021. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. doi: 10.21436/inbor.85928183.

Schrijver M. (2010). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde - een overzicht van beschikbare data en methodieken. Rijkswaterstaat, 7210A/MMGW-2010-05.

Schrijver M. (2021). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde. Toetsing nevengeulen op criterium watervolume. Rijkswaterstaat, Rapport 7210A/MMGW-2021-01.

Schrijver M. (2022). Monitoring meergeulensysteem Westerschelde. Toetsing nevengeulen op criterium watervolume. 7210A/MMGW-2022-01.

Schrijver M. & Plancke Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008-2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2008-033 /WL2008R791-3_1ref1_0.

Schrijver M. & Plancke Y. (2015). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2015-2022. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken, MONEOS-T-2015-001 /WL2015R00_031_18.

Stark J., Smolders S. & Plancke Y. (2022). AvdT – Sedimenttransport op verschillende tijdschalen: deelrapport 24. Stortscenario's met Delft3D slibmodel. *Title WL Rapp. Waterbouwkundig Lab. Antwerp. Vol. 1708824 Issue Pagination VII 29 3 Bijl*, doi: 10.48607/113.

Stolte W., Baart F., Hijma M., Muis S. & Taal (2023). Zeespiegelmonitor. Deltares.

T2015 Consortium (2018a). T2015-rapportage Schelde-estuarium - Evaluatierapport.

T2015 Consortium (2018b). T2015-rapportage Schelde-estuarium - Analyserapport.

T2021 Consortium (2023a). T2021-rapportage Schelde-estuarium - Evaluatierapport.

T2021 Consortium (2023b). T2021-rapportage Schelde-estuarium - Analyserapport.

Troost K. (2018). Extreme kokkelsterfte op droogvallende platen Nederlandse kustwateren. <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Extreme-kokkelsterfte-op-droogvallende-platen-Nederlandse-kustwateren.htm>.

Troost K., Asch M. van, Brummelhuis E.B.M., Ende D. van den & Zweeden C. van (2017). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2017. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), 17.013.

Troost K., Drent J., Folmer E. & van Stralen M. (2012). Ontwikkeling van schelpdierbestanden op de droogvallende platen van de Waddenzee. *Levende Nat.*, 113(3), 83-88.

van der Heide T., Tielens E., van der Zee E.M., Weerman E.J., Holthuijsen S., Eriksson B.K., Piersma T., van de Koppel J. & Olf H. (2014). Predation and habitat modification synergistically interact to control bivalve recruitment on intertidal mudflats. *Biol. Conserv.*, 172, 163-169, doi: 10.1016/j.biocon.2014.02.036.

Van Ryckegem G., Vanoverbeke J., Van de Meutter F., Vandevoorde B., Mertens W., Mertens A., Van Braeckel A., Bezdenjesnji O., Buerms D., De Regge N., Hessel K., Lefranc C., Soors J. & Van Lierop F. (2022). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2022. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

van Son L., Leewis L. & van Haaren T. (2022). Macrozoöbenthosmonitoring in de zoute Rijkswateren, 2020. Delta (Grevelingen, Oosterschelde en Westerschelde). Eurofins.

Vandenbruwaene, W., Bertels, J., Michiels, S., Thant, S., van den Berg, M., Brackx, M., Hertoghs, R., Claeys, S., Plancke, Y., Meire, D., Vereecken, H., & Deschamps, M. (2022). WL rapporten. Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2021: Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren. Versie 3.0. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen., PA047_11.

Vandenbruwaene W., Levy Y., Plancke Y., Vanlede J., Verwaest T. & Mostaert F. (2017). Integraal plan Boven-Zeeschelde: deelrapport 8. Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme. WL2017R 13_131_8.

Vandenbruwaene, W., Stark, J., Plancke, Y., & Mostaert, F. (2020). Agenda voor de Toekomst – Historische evolutie getij en morfologie Schelde estuarium: Deelrapport 5 – Synthese. Versie 4.0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 14_147_5.

Vandenbruwaene, W., Vanlede J., Plancke Y., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). Slibbalans Zeeschelde. Deelrapport 4 - Historische evolutie SPM. Flanders Hydraulics Research, WL Rapporten, WL2016R00_029_4.

Vanoverbeke J. & Van Ryckegem G. (2015). Statistische analyse van het gebruik van het litoraal door steltlopers in de Westerschelde. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.

Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie (2008). Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters.

Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie (2014). Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters.

VNSC (2019). Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium.

Vos, G., Plancke, Y., Mostaert, F. (2012). Overleg flexibel storten: ontwikkelingen morfologie en hydrodynamica ter hoogte van het drempelgebied tussen de Everingen en het Middelgat. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 00_031.

Wang (2021). Analyse waterstanden Westerschelde. Deltares.

Ysebaert T., Meininger P.L., Meire P., Devos K., Berrevoets C.M., Strucker R.C. & Kuijken E. (2000). Waterbird communities along the estuarine salinity gradient of the Schelde estuary, NW-Europe. *Biodivers. Conserv.*, 9(9), 1275-1296.