

NOTA

Datum	05/05/2021
Aan	MOW Maritieme Toegang
Auteur	[Redacted]
Nazicht	[Redacted]
Documentref	I/NO/16127/20.246/GVH

Goedgekeurd door de projectleider	 (Signature)
[Redacted]	

(Signature)
Date: 2021.05.05
19:14:37 +02'00'

Betreft: Onderbouwing vaststelling van alternatieve ruimte voor Flexibel Storten voor de hoofdgeulstortzones

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
1.1	Overwegingen met betrekking tot hoofdgeul stortingen	3
2	Onderbouwing vaststelling van alternatieve ruimte voor Flexibel Storten voor de hoofdgeulstortzones	5
2.1	Aanpak	5
2.2	Benodigd volume ingeval van enkel hoofdgeulstortingen	5
2.3	Bepaling lokale stortcapaciteit hoofdgeulstortzones	6
2.3.1	Bergend volume van hoofdgeulstortzones	7
2.3.2	Uitruimcapaciteit diepe delen van de hoofdgeul op basis van ervaring met proefstortingen	7
2.4	Stabiliteitstoets meergeulenstelsel (praktische richtlijn)	10
2.5	Conclusies onderbouwing voor vaststelling alternatieve stortruimte voor de hoofdgeulzones	10
3	Referenties	13
4	BIJLAGE 1: Opstellen scenario's	14

1 Inleiding

In de Westerschelde vindt onderhoudsbaggerwerk plaats in de vaargeul. De gebaggerde specie wordt teruggestort in het systeem om zodoende te waarborgen dat de sedimentbalans van het systeem niet verandert. Dit gebeurt op de randen van platen (20% volgens 'Tabel 2' uit de vergunning 2015-2021), in nevengeulen (28%) en in de hoofdgeulen (41%). In de praktijk wordt, door het wegvallen van enkele nevengeul- en plaatrandstortzones, de afgelopen jaren in toenemende mate in de hoofdgeul gestort (gemiddeld 60%, exclusief 2010). Deze stortzones bevinden zich in bochten en op de splitsingspunten van de hoofdgeul.

De ruimtelijke verdeling van het terug te storten gebaggerde sediment dient zodanig te zijn dat de natuurlijkheid van het systeem van de Westerschelde behouden kan blijven, waarbij het uitgangspunt is dat het meergeulenstelsel, het oppervlakte ecologisch waardevol gebied, alsook de sedimentbalans moet worden behouden. Voor de nevengeulen wordt een maximale stortcapaciteit bepaald, op basis van het cellenconcept, waarbij instandhouding van het meergeulenstelsel voorop staat. De stortingen mogen hierbij maximaal een fractie (0 tot 10%) van de bruto sediment transportcapaciteit vermeerderd met eventuele toename van het gemeten geulvolume zijn, waarbij het in feite de bedoeling is dat het systeem zich op natuurlijke wijze kan herstellen. Voor de bepaling van het stortvolume in de hoofdgeul is de instandhouding van meergeulenstelsel geen beperkend criterium, maar kan wel een praktische inschatting geven voor het volume zand dat door de hoofdgeul kan worden verwerkt. Relevant hierbij is dat er geen specifiek kwaliteitscriterium nodig is voor de hoofdgeul zelf, maar dat er wel een invloed kan zijn op de omgeving.

Dit document stelt zich daarom ten doel om een onderbouwing te geven van de vaststelling (begrenzing) van alternatieve stortcapaciteit voor diepe delen van de hoofdgeul in de vergunningsaanvraag (Alternatieve ruimte voor Flexibel Storten). Deze stortcapaciteit zal niet noodzakelijk benut worden, maar dient met name om flexibiliteit te kunnen bieden voor het geval dat er stortzones zijn die (tijdelijk) niet meer (of beperkt) gebruikt kunnen worden. Er kan bijvoorbeeld sprake zijn van teveel aanzanding in een specifieke stortzone of een opmerkelijke verandering in de morfologie, waardoor (uit voorzorg) besloten wordt om daar niet meer te storten. Het Overleg Flexibel Storten kan vervolgens na doorlopen van het Beslisproces Flexibel Storten vervangende capaciteit aanvragen in een andere stortlocatie waarvoor nog ruimte beschikbaar is.

In dit document wordt de onderbouwing gegeven van de alternatieve ruimte (volumes) die in de vergunning worden aangevraagd. In het Protocol Flexibel Storten en de projectmonitoring is de wijze van evaluatie van de hoofdgeulstortingen volgens het Beslisproces Flexibel Storten beschreven. Daarin wordt naar voren gebracht dat niet zozeer de lokale bodemontwikkeling, maar met name de verspreiding van zand naar omliggende morfologische elementen van belang is voor de evaluatie van de stortcapaciteit in de (nieuwe) hoofdgeulzones (i.e. waar het naartoe gaat).

1.1 Overwegingen met betrekking tot hoofdgeul stortingen

De belangrijkste praktische overweging voor het vaststellen van additionele ruimte voor Flexibel Storten in de hoofdgeul is om daarmee flexibiliteit te kunnen bieden voor het geval dat er stortzones zijn die (tijdelijk) niet meer (of beperkt) gebruikt kunnen worden. Er zijn een aantal overwegingen die leidend zijn voor het bepalen van deze additionele stortruime :

Macroschaal niveau

- Een storting in de hoofdgeul kan een positief effect hebben op de ‘natuurlijkheid’ van de Westerschelde, omdat 1) de stabiliteit van het tweegeulensysteem bevorderd wordt, 2) er dan minder stortingen in de nevengeulen nodig zijn en 3) het sediment hoofdzakelijk ook gebaggerd wordt in de hoofdgeul.
- Op het schaalniveau van de macrocel moet wel rekening gehouden worden met de hoeveelheid sediment die op de lange-termijn afgevoerd kan worden, aangezien het ook onwenselijk is dat de hoofdgeul over langere tijd (decades) sediment gaat accumuleren of te sterk erodeert. Op basis van de (met numerieke modellen berekende) transportcapaciteit in de hoofdgeul kan een inschatting gemaakt worden van deze ‘macroschaal herverdelingscapaciteit’ van de macrocel. Dit moet in feite gezien worden als de hoeveelheid sediment die op langere termijn op natuurlijke wijze herverdeeld kan worden, wat een indicatie is voor de natuurlijkheid van de stortmethode. Het betreft echter geen maximum stortcapaciteit. Deze transportcapaciteit is zelf echter ook afhankelijk van (neemt toe met) het gestorte volume.
- De berekende ‘macroschaal herverdelingscapaciteit’ zal beschouwd worden in relatie tot de huidige toestand (i.e. ontwikkelingstrend en bergruimte) van de hoofdgeulen van elke macrocel. Gezien de grote verruiming die is opgetreden van de hoofdgeulen in de laatste decennia, mag verwacht worden dat er veel ruimte is om sediment te bergen in de hoofdgeul.

Regionaal niveau

- Er zijn geen kwaliteitscriteria voor de hoofdgeul zelf vanuit natuurbehoudsoverwegingen, maar indirect kan er wel een invloed zijn op de kwaliteitscriteria van de nevengeul en/of platen. De verspreiding van sediment vanuit de hoofdgeulstorting naar nabije omliggende gebieden (toegang nevengeul en geulwand bij platen) is relevant als indicator voor de invloed op de ontwikkeling van deze elementen.
- Een indirecte (negatieve) invloed van hoofdgeulstortingen op (de kwaliteitscriteria van) de nevengeul en platen dient gemonitord te worden. Dit is voorzien in de projectmonitoring. Het protocol Flexibel Storten beschrijft de acties die moeten genomen worden indien ongewenste ontwikkelingen optreden (zoals gedefinieerd in het protocol).
- Veranderingen in het systeem waarop wordt gelet zijn bijvoorbeeld: 1) aanzanding in de toegang naar een nevengeul, 2) erosie/sedimentatie op de geulwand naast de platen en 3) de frequentie van zettingsvloeiingen (wat ook een indicator is voor zeer sterke aanzanding op de geulwand). De opvolging van de nevengeulen en laagdynamisch gebied (platen en slikken) die voorzien is in het protocol Flexibel Storten geeft uiting aan het voorzorgsbeginsel; zorgen met betrekking tot ongewenste ontwikkelingen van nevengeulen en plaatranden afgedekt, maar ook zorgen over verspreiding van sediment uit stortzones naar de omgeving. Opvolging is voorzien in de projectmonitoring voor het onderhoud 2022-2028.
- Ook dient er rekening gehouden te worden met een verkorte afstand tot de baggerzone (de drempel) waardoor het onderhoud zou kunnen toenemen. De transportcapaciteit tussen de stortzones en de drempels is bepalend voor het baggerbezwaar. Een toename van sedimentatie op de nabije drempel wordt verwacht en dient te worden opgevolgd. Het Overleg Flexibel Storten heeft de verantwoordelijkheid om in te grijpen als dergelijke toename niet meer opweegt tegen de verkorte vaarafstand.

Lokaal niveau

- Praktisch gezien is het zo dat hoe langer de specie in een stortzone blijft liggen (grotere stabiliteit van de storting), hoe kleiner het onderhoud is. Anderzijds neemt hierdoor de stortruimte in een stortzone af. Aanzanding op de stortlocaties in de hoofdgeul tot boven de streefdiepte is onwenselijk.
- De lokale uitruimcapaciteit én bergende ruimte dienen van tenminste dezelfde grootte te zijn als de voorgenomen storting in desbetreffende hoofdgeul-stortzone zodat de gestorte baggerspecie opgeruimd zal worden. De in het veld gemeten erosiesnelheid van de proefstortingen wordt beschouwd als een onderschatting van de werkelijke lokale uitruimcapaciteit, die hoger zal zijn als na verloop van tijd de geul ondieper wordt en lokaal de stroomsnelheid en het transport toenemen. Immer, het totale volume dat beoogd wordt om te storten als onderhoud zal groter zijn dan de proefstortingen; hierdoor was er bij de proefstorting slechts een beperkte bedekking van de hoofdstortzone en dus een beperkte beïnvloeding van de lokale transportprocessen. Ook treedt er initieel een snelle erosie op (30% tot 50%) die niet in de erosiecapaciteit is meegenomen.
- Het vooraf afstemmen van de stortruimte op de lokale uitruimcapaciteit van de hoofdgeulstortzones maakt het minder waarschijnlijk dat er overmatige lokale aanzanding zal optreden (tot aan de streefdiepte) in een stortzone van de hoofdgeul. Verwacht wordt dat de lokale uitruimcapaciteit en bergingscapaciteit voldoende zijn voor het bergen van het gebaggerde sediment.

2 Onderbouwing vaststelling van alternatieve ruimte voor Flexibel Storten voor de hoofdgeulstortzones

2.1 Aanpak

Als motivatie voor het aanvragen van additionele stortruimte voor Flexibel Storten in de hoofdgeulen wordt de situatie als uitgangspunt genomen waarbij door omstandigheden enkel nog in de hoofdgeul gestort zou kunnen worden. Hierbij is, op basis van de verwachte verdeling van het onderhoudsbaggerwerk, een optimale verdeling (met betrekking tot vaarafstanden) over de hoofdgeulstortzones vooropgesteld, met een totaal volume gelijk aan het benodigde stortvolume van 11.7 Mm³/jaar. Deze verdeling wordt vervolgens getoetst aan de in paragraaf 1.1 beschreven overwegingen, om te komen tot een verantwoording van de aangevraagde volumes.

Er wordt gestart met een inschatting van de optimale verdeling van het gebaggerde materiaal (op basis van vaarafstanden) over enkel de hoofdgeulstortzones (Paragraaf 2.2). Dit is een scenario voor het geval er onverhoopt toch enkel in de hoofdgeul gestort mag worden, of wanneer het toch wenselijker is vanuit effecten of praktische overwegingen om baggerspecie in de hoofdgeul te storten. Voor de huidige vergunning (2015-2021) is een dergelijke inschatting ook gemaakt om de tabel met alternatieve stortruimte flexibel storten in te kunnen vullen. Dit heeft geen invloed op het vergunde volume, maar is enkel alternatieve ruimte die via het beslisproces Flexibel Storten aangevraagd kan worden.

Dit wordt getoetst aan de lokale stortcapaciteit in de hoofdgeulstortzones op basis van bergend volume en uitruimcapaciteit (toelichting in paragraaf 2.3). Voor de motivatie van de stortruimte voor de hoofdgeulstortzones dient niet alleen op macroschaal naar de transportcapaciteit (Deltares, 2021) (paragraaf 2.4) en op regionaal niveau naar de effecten gekeken te worden (zie protocol Flexibel Storten en monitoringsprogramma), maar dient ook lokaal beschouwd te worden wat de beschikbare capaciteit is van de hoofdgeulstortzones.

In paragraaf 2.5 wordt een overzicht gegeven van de zo verkregen onderbouwing voor de alternatieve ruimte die aangevraagd kan worden voor de hoofdgeulstortzones.

2.2 Benodigd volume ingeval van enkel hoofdgeulstortingen

Scenario's met enkel hoofdgeulstortingen zijn bekeken om voeling te krijgen met de volumes die nodig zouden zijn in de hoofdgeulzones in geval alle plaatrand- en nevengeulzones niet zouden benut kunnen worden. Een vergelijkbare aanpak werd ook gebruikt in de twee voorgaande vergunningen om de alternatieve volumes voor de hoofdgeulzones te bepalen (tabel 3 in de Waterwetvergunning met ruimte flexibel storten).

Tabel 2-1 geeft de verdeling van de 11.7 Mm³ benodigd stortvolume over de hoofdgeulstortzones voor drie scenario's. De gevolgde aanpak voor het opstellen van deze scenario's staat beschreven in bijlage 1.

Scenario 1 (S1): spreiding enkel op basis van vaarafstanden. De volumes concentreren zich in de stortzones die gunstig gelegen zijn ten opzichte van de locatie waar het sediment wordt gebaggerd, in dit geval SH31 en SH51, andere stortzones worden hierdoor verder niet benut.

Scenario 2 (S2): optimalisatie van de spreiding op basis van vaarafstanden waarbij PvH en SH31 begrensd zijn tot elk 2 Mm³ (voorzichtigheidsprincipe omdat dit nieuwe reguliere stortzones zijn, en de proefstortingen beperkt waren tot 1 Mm³). Dit leidt er toe dat het volume dat volgens Scenario 1 in SH31 zou gestort worden, nu wordt verdeeld over SH31 en SH41 (mits afrondingsverschillen). Het (maximale) volume in SH41 komt nu ongeveer overeen met de huidige vergunning 2015-2021.

Scenario 3 (S3): verdere optimalisatie van de spreiding op basis van vaarafstanden, waarbij SH31 is begrensd tot 2 Mm³, en waarbij tevens het volume voor Put van Hansweert (PvH) is ingesteld op (minimaal) 2 Mm³. Dit is een operationele keuze om de druk op SH51 te verlagen en PvH toch actief in het scenario op te nemen, alhoewel uit scenario 1 en 2 blijkt dat PvH volgens de optimale spreiding niet wordt ingezet vanwege een iets grotere afstand tot baggerlocaties t.o.v. SH41 en SH51. Het gevolg is dat het volume dat anders volledig in SH51 zou gestort worden nu deels in PvH zou worden gestort. Hierdoor nemen de vaarafstanden dus iets toe. Het maximaal volume voor SH51 is aanmerkelijk hoger dan in de huidige vergunning.

Tabel 2-1 : Verdeling van de 11,7 Mm³ te verspreiden onderhoudsspecie voor drie scenario's in enkel hoofdgeulstortzones. In Mm³, jaarlijks gemiddelde, in situ.

MC	Stortzone	Volumes huidige vergunning 2015-2021		Volumes per scenario		
		Tabel 2	Tabel 3	S1	S2	S3
1	SN11	1.1	1.3			
	HPW	1.0	2.74			
3	SN31	1.2	1.6			
	SH31 (INOS)			4.0	2.0	2.0
4	SH41	3.1	3.8	1.5	3.6	3.6
	SN41	0.4	0.5			
	RvB	0.5				
-	PvH			0	0	2.0
5	SH51	0.7	0.9	4.5	4.5	2.5
	SN51	1.4	2.3			
	PvW	0.9	2.7			
6	SH61	0.7	1.1	1.1	1.1	1.1
	SN61	0.3	0.4			
7	SH71	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
	Totaal stortvolume	11.7		11.7	11.7	11.7

2.3 Bepaling lokale stortcapaciteit hoofdgeulstortzones

Bij het storten in de hoofdgeul dient rekening gehouden te worden met eventuele effecten op de lokale morfologie. Voorkomen moet worden dat er (te grote) verondieping zal optreden in de hoofdgeul-stortzone. Een redelijke maximale waarde voor de ruimte voor flexibel storten op lokaal niveau wordt daarom bepaald door een beschouwing te doen van :

- 1) het lokale bergend volume onder de operationele baggerdiepte per hoofdgeulstortzone (paragraaf 2.3.1);
- 2) de uitruimcapaciteit van de hoofdgeul-stortzone (Paragraaf 2.3.2). Hiervoor wordt een schatting gemaakt op basis van een analyse van de erosiesnelheid in beschikbare peilingen van proefstortingen.

Bij het evalueren van het beschikbare volume in een stortzone dienen beide aspecten in samenhang te worden geschouwd.

2.3.1 Bergend volume van hoofdgeulstortzones

Het theoretische volume dat in een hoofdgeulstortzone aanwezig is, als er geen erosie zou zijn, wordt begrenst door de operationele baggerdiepte. Om een inschatting van dit volume te krijgen, is de bathymetrie 2019 vergeleken met de operationele baggerdiepte -15,5 mLAT. De operationele baggerdiepte is de vereiste diepgang van -14,5 m LAT rekening houdend met een kielspeling van 12,5% en een operationele buffer van 1 meter (zijnde 0,7 meter overdiepte en 0,3 meter baggertolerantie). Tevens wordt ook gekeken naar het volume ten opzichte van -16,5 mLAT, zijnde ten minste 1 meter onder de operationele baggerdiepte om te vermijden dat een zone een baggerzone wordt. In Tabel 2-2 wordt een overzicht gegeven van dit berekende volume onder de streefdiepte.

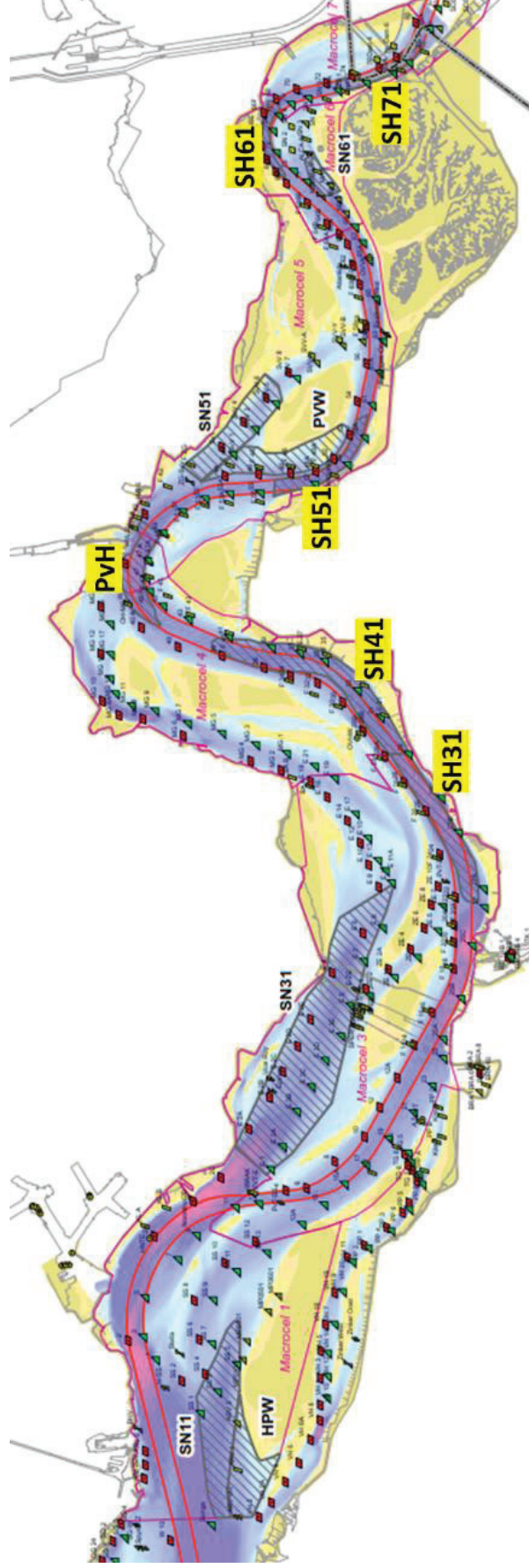
Er wordt geconcludeerd dat de 'beschikbare' ruimte veel groter is dan de benodigde jaarlijkse ruimte op basis van Tabel 2-1, maar niet overal voldoende is voor de volledige vergunningsperiode. Echter er dient rekening gehouden te worden met de uitruimcapaciteit van iedere zone.

Tabel 2-2 : Bergend volume onder de operationele baggerdiepte, in Mm³

Stortzone	Volume onder -15,5 mLAT	Volume onder -16,5 mLAT
SH31	18.1	15.7
SH41	13.3	8.2
PvH	11.9	
SH51	5.9	4.4
SH61	1.9	1.2
SH71	2.1	1.4

2.3.2 Uitruimcapaciteit diepe delen van de hoofdgeul op basis van ervaring met proefstortingen

De lokale stortcapaciteit wordt vooral bepaald door de uitruimsnelheid in een stortgebied, en in mindere mate door het beschikbare bergende volume (zie Paragraaf 2.2). Een schatting van de uitruimcapaciteit kan gemaakt worden op basis van de ervaringen met de proefstortingen. Aan de zuidzijde van de **Put van Hansweert (PvH)** zijn drie proefstortingen uitgevoerd (in April 2016, juli-augustus 2017 en oktober-november 2019) met een volume van ~1 miljoen m³ (Huisman *et al.*, 2018; Antolinez *et al.*, 2020), terwijl in September 2019 een storting is uitgevoerd aan de noordzijde van de Put van Hansweert met een volume van 0.3 miljoen m³. Voor de **Inloop van Ossenis (SH31)** is door Antolinez *et al.* (2020) een analyse gemaakt van twee proefstortingen van elk ~1 miljoen m³ in 2016 en 2017. De verandering van het sedimentvolume in de Put van Hansweert en Inloop van Ossenis konden goed ingeschat worden, omdat de bodem frequent is ingemeten met een multibeam echolood (i.e. voor, tijdens en na de stortcampagnes). Daarnaast is er ook een schatting beschikbaar voor de volumeverandering van het **Gat van Ossenis (SH41)** en **Overloop van Hansweert (SH41)** (Antolinez *et al.*, 2020). Figuur 2-1 toont een kaartje met deze vier verschillende stortzones.



Figuur 2-1 : Hoofdgeulstortzones 2022-2028

Uit de analyses van de sedimentvolumes in de diepe delen (PvH en SH31) blijkt dat het gestorte sedimentvolume snel terugloopt na een storting. De snelheid hiervan is echter aanzienlijk groter voor de PvH dan voor SH31. Bij de **PvH** lag de erosiesnelheid op 1000 tot 3000 m³/dag (0.4 tot 1.1 miljoen m³/jaar). Voor een moment direct na storting in de Put van Hansweert werd zelfs een maximum van 6600 m³/dag gevonden wat overeenkomt met ~3 miljoen m³/jaar. Verondersteld wordt echter dat de gevonden uitruimsnelheden nog een lage schatting zijn van de erosiecapaciteit, omdat 1) de bedekking van het gebied met sediment vrij beperkt was, 2) de erosiecapaciteit zal toenemen indien de put ondieper wordt, en 3) een aanzienlijk deel van het sediment (tot 50% van het volume) al binnen de eerste twee weken na het storten niet meer terug gevonden kon worden. De fijnere fractie van het sediment kan dus relatief snel afgevoerd worden, wat dus in feite betekent er meer uitruimcapaciteit is dan geobserveerd in de bathymetrische metingen (waar alleen de stabiele 50% wordt beschouwd).

De erosiesnelheden in de **SH31** waren respectievelijk 1100 en 1400 m³/dag voor de twee beschouwde proefstortingen (~500,000 m³/jaar). Bij de stortingen in de Inloop van Ossensisse kon ~20% van het gestorte sediment niet meer terug gevonden worden in de eerste survey. Deze 2 stortingen vonden plaats in de noordoostelijke diepe put van de Inloop van Ossensisse, waarbij het sediment over een redelijk groot deel van deze diepe put verspreid was (ruwweg binnen de NAP -30 m contour). Verondersteld wordt dat de zuidoostelijke put een vergelijkbare uitruimcapaciteit heeft. Als gevolg wordt een schatting gegeven van tenminste 1 miljoen m³/jaar (i.e. 2x 500,000 m³/jaar) als uitruimcapaciteit van de Inloop van Ossensisse. Voor de Inloop van Ossensisse geldt dezelfde veronderstelling als voor de Put van Hansweert dat de gevonden uitruimsnelheden nog een lage schatting zijn van de werkelijke erosiecapaciteit.

Voor het **Gat van Ossensisse** werd door Antolinez et al. (2020) vastgesteld dat de volumeafname over 2 jaar (2016 én 2017) ongeveer 700,000 m³ was, terwijl er ongeveer 4 miljoen m³ was gestort. Op basis hiervan wordt de uitruimcapaciteit geschat op ~1.6 miljoen m³/jaar (i.e. ongeveer 4500 m³/dag). Dit is een hogere uitruimcapaciteit dan voor de Inloop van Ossensisse. Verondersteld wordt dat dit komt omdat het Gat van Ossensisse een eroderend gebied is.

Voor de **Overloop van Hansweert** (i.e. recente SH41 stortingen) is vastgesteld dat er ~7 miljoen m³ is gestort in de jaren 2016 tot en met 2019, terwijl er een aanzanding van ~1 miljoen m³ werd gemeten na deze periode. Als gevolg wordt hier een uitruimsnelheid van ~1.5 miljoen m³/jaar geschat (ruim 4000 m³/dag). In sommige jaren ging het echter om aanzienlijk grotere volumes van ~2.5 miljoen m³/jaar die ook werden uitgeruimd uit de stortlocatie (ruim 7000 m³/dag). De ervaring met het storten op deze locatie bevestigt dat een groot deel van het gestorte sediment vanuit SH41 langs Platen van Ossensisse naar het noorden wordt getransporteerd richting de binnenbocht van de Put van Hansweert en daar vandaan verder naar het oosten. Voor het geheel van Gat van Ossensisse en de Overloop van Hansweert wordt daarom uitgegaan van een uitruimcapaciteit van minstens ~4 miljoen m³/jaar.

Voor de diepe delen van Macrocel 5 en 6 is geen analyse gedaan. Echter, hier is wel ervaring met het storten. In SH51, SH61 en SH71 wordt in de huidige vergunning respectievelijk 0.7, 0.7 en 0.4 miljoen m³ per jaar gestort. Er wordt verondersteld dat de voorgestelde verhoging van de storting in SH51, SH61 en SH71 naar 0.9, 1.1 en 0.5 miljoen m³ de uitruimcapaciteit niet overschrijden. Dit zou door middel van monitoring opgevolgd moeten worden.

Tabel 2-3 : Geobserveerde uitruimcapaciteit van proefstortingen in hoofdgeulstortlocaties, in Mm³ per jaar

Naam	Uitruimsnelheid hoofdgeulstortzones Geobserveerd (proefstortingen)
SH31	≥ 1 Mm ³ /jr
SH41*	≥ 4 Mm ³ /jr
PvH	1 tot 3 Mm ³ /jr
SH51	Geen observatie
SH61	Geen observatie
SH71	Geen observatie

* SH41 wordt hier gedefinieerd als de combinatie van het Gat van Ossensisse, waar in 2016 en 2017 is gestort, én de Overloop van Hansweert, waar de recente stortingen plaatsvonden.

2.4 Stabiliteitstoets meergeulenstelsel (praktische richtlijn)

Tabel 2-4 toont de uitkomsten van toepassing van de praktische richtlijn voor de hoofdgeulstortzones. In het resultaat is ook een analyse van de ontwikkeling morfologie besloten (Deltares, 2021). Hierin is de ontwikkeling van de geulvolumes van de hoofd- en de nevengeul geëvalueerd in relatie tot de lokale transportcapaciteit en het baggervolume. Voor de nevengeulen geldt dat, indien de stortingen langdurig een bepaald maximum overschrijden, deze een bedreiging vormen voor het (dynamisch) evenwicht en de instandhouding van het tweegeulenstelsel. Bij de hoofdgeul geldt dit niet. Immers, stortingen in de hoofdgeul hebben eerder een positieve effect op de stabiliteit van het tweegeulensysteem (zie ook paragraaf 1.1). Het gebruik van de praktische richtlijn geeft dan een inschatting van het stortvolume dat door de hoofdgeul verwerkt kan worden.

Noot: Dit omvat niet Put van Hansweert, aangezien die buiten macrocel 4 en 5 valt.

Noot: De uitkomsten van toepassing van de praktische richtlijn voor de hoofdgeulen zijn aldus niet sturend (geven geen randvoorwaarde). Dit in tegenstelling met de toepassing voor de nevengeulen. Het beleidsdoel (gewenst toekomstbeeld voor de geul) en de ervaring is richtinggevend.

Tabel 2-4 : Uitkomsten van toepassing van de praktische richtlijn, prognose van het baggervolume en de som van beiden voor de hoofdgeulen (uit Deltares 2021)

Hoofdgeul van macrocel	0.1T + dV _{tot} (in miljoen m ³ /j)	Prognose baggervolume (in miljoen m ³ /j)	Totaal (in miljoen m ³ /j)
1	1,6	1,2	2,8
3	1,4	2,5	3,9
4	1,0	1,2	2,2
5	1,1	3,8	4,9
6	0,9	0,8	1,7
7	0,8	0,5	1,3

2.5 Conclusies onderbouwing voor vaststelling alternatieve stortruimte voor de hoofdgeulzones

De resultaten uit bovenstaande overwegingen worden samengevat in de onderstaande Tabel 2-5. Hieruit is een verdeling van alternatieve stortruimte vastgesteld voor de hoofdgeulzones die zinvol en verantwoord is (laatste kolom). Het totaal volume gelijk aan het benodigde stortvolume van 11.7 Mm³/jaar, voor het geval dat door omstandigheden enkel nog in de hoofdgeul gestort zou kunnen worden. Op basis van de verwachte verdeling van het onderhoudsbaggerwerk, is een optimale verdeling (met betrekking tot vaarafstanden) over de hoofdgeulstortzones vooropgesteld

Deze volumes zijn gebruikt om de additionele Ruimte voor Flexibel Storten vast te stellen voor de vergunningsaanvraag; dit zijn de volumes die ter vervanging of compensatie kunnen aangevraagd worden in hoofdgeulzones mits het volgen van het beslisproces Flexibel Storten. Conclusies:

- **SH31:** Uit de proefstortingen volgt dat storten van circa 1.0 Mm³/jr in de Inloop van Ossensisse (SH31) haalbaar is. Deze waarde komt ongeveer overeen met de verwachte uitruimcapaciteit die op basis van de proefstorting werd bepaald. Echter, naar verwachting is deze uitruimcapaciteit een onderschatting en zal de werkelijke uitruimcapaciteit hoger liggen dan de 1 Mm³/jr. De stabiliteitstoets (Deltares, 2021) laat zien dat een groter volume tot 3,9 Mm³/jr

door het systeem zou kunnen worden verwerkt. Er is voldoende bergende capaciteit om een aanzienlijk volume te bergen mocht de uitruimcapaciteit niet voldoende blijken. Het wordt daarom verantwoord geacht de maximale stortruimte te bepalen op 2 Mm³/jr, wat overeenkomt met 2x het volume van de verschillende proefstortingen. Opvolging is voorzien in het protocol met kwaliteitsparameters en het monitoringsprogramma.

- **SH41:** Uit de praktijk van de voorgaande jaren volgt dat storten van gemiddeld ca. 3,4 Mm³/jr (in de periode 2011-2019, maximaal ca. 4,3 Mm³) in de hoofdgeul van macrocel 4 haalbaar is, wat ook volgt uit de bepaalde uitruimcapaciteit van meer dan 4 Mm³/jr. Dit is hoger dan de praktische richtlijn die volgt uit de Deltares studie (Deltares, 2021) voor hoofdgeul in macrocel 4. Dit is echter geen bezwaar omdat deze richtlijn voor de hoofdgeulen niet moet beschouwd worden als randvoorwaarde, maar enkel als extra toets. Er is eerder een positieve bijdrage aan de stabiliteit van het meergeulensysteem ter plaatse, omdat het storten hier mogelijk zorgt voor iets meer debiet in het Middelgat. Een maximale stortruimte van 3.6 Mm³/jr, gelijk aan het voorgestelde volume op basis van enkel hoofdgeulstortingen, wordt daarom verantwoord geacht. Er wordt opgemerkt dat de 3.6 Mm³/jr iets lager is dan de vastgelegde ruimte in Tabel 3 van de huidige vergunning 2015-2021 (3.8 Mm³/jr).
- **PvH:** Uit de proefstortingen volgt dat storten van circa 1.0 Mm³/jr in de Put van Hansweert haalbaar is. Deze waarde ligt ruim binnen de range van de verwachte uitruimcapaciteit van de put. Deze range is naar verwachting een onderschatting en de werkelijke uitruimcapaciteit zal nog hoger liggen. Er is voldoende bergende capaciteit om een aanzienlijk volume te bergen mocht, tegen de verwachting in, de uitruimcapaciteit niet voldoende blijken. Het wordt daarom verantwoord geacht de maximale stortruimte te bepalen op 2 Mm³/jr, wat overeenkomt met 2x het jaarlijks volume van de proefstortingen. Specifieke zorg is er met betrekking tot de verspreiding van de sedimenten uit de put. Opvolging is daarom voorzien in het protocol met kwaliteitsparameters en het monitoringsprogramma.
- **SH51:** Uit de praktijk van de voorgaande jaren volgt dat storten van gemiddeld 0.7 Mm³/jr (in de periode 2011-2019, maximaal ca. 1 Mm³) in de hoofdgeul van macrocel 5 haalbaar is; de uitruimcapaciteit van deze geul werd niet bepaald. De stabiliteitstoets (Deltares, 2021) laat echter zien dat een groter volume tot 4.9 Mm³/jr, van dezelfde orde grootte als het bergend volume, door het systeem zou kunnen worden verwerkt. Het wordt daarom verantwoord geacht de maximale stortruimte te verhogen tot 2.1 Mm³/jr, rekening houdend met de optimale verdeling in het geval van enkel hoofdgeulstortingen.
- **SH61:** Uit de praktijk van de voorgaande jaren volgt dat storten van gemiddeld 0.35 Mm³/jr (in de periode 2011-2019, maximaal ca. 0.6 Mm³) in de hoofdgeul van macrocel 6 haalbaar is; een deel van de vergunde capaciteit kon om praktische redenen niet worden benut. De stabiliteitstoets (Deltares, 2021) laat echter zien dat een groter volume tot 1.7 Mm³/jr, van dezelfde orde grootte als het bergend volume, door het systeem zou kunnen worden verwerkt. Ook praktisch is de ruimte beschikbaar. Het wordt daarom verantwoord geacht de maximale stortruimte te verhogen tot 1.2 Mm³/jr, rekening houdend met de optimale verdeling in het geval van enkel hoofdgeulstortingen.
- **SH71:** Uit de praktijk van de voorgaande jaren volgt dat circa 0.15 Mm³/jr in de hoofdgeul van macrocel 7 werd gestort; ook hier kon een deel van de capaciteit om praktische redenen niet worden benut. De stabiliteitstoets (Deltares, 2021) laat zien dat een groter volume tot 1.3 Mm³/jr, van dezelfde orde grootte als het bergend volume, door het systeem kan worden verwerkt. Ook praktisch is de ruimte beschikbaar. Het wordt daarom verantwoord geacht de maximale stortruimte te bepalen op 0.8 Mm³/jr, rekening houdend met de optimale verdeling in het geval van enkel hoofdgeulstortingen.

Tabel 2-5 : Vaststelling van alternatieve stortruimte voor de hoofdgeulzones, in Mm³ of Mm³ /jaar, in situ

Naam	Verdeling volume scenario met enkel hoofdgeulzones (S3)	Lokale stortcapaciteit		Stabiliteitstoets meergeulenstelsel (praktische richtlijn)	Vaststelling alternatieve ruimte voor Flexibel Storten
		Bergend volume onder -16.5mLAT en -15.5m LAT	Uitruimsnelheid hoofdgeulstortzones (oa. proefstortingen)		
Unit	[Mm ³ /jaar]	[Mm ³]	[Mm ³ /jaar]	[Mm ³ /jaar]	[Mm ³ /jaar]
Onderbouwing	Paragraaf 2.2	Paragraaf 2.3.1	Paragraaf 2.3.2	Paragraaf	
SH31	Tot 2.0 begrensd	15.7 - 18.1	≥ 1 Mm ³ /jr	3.9	2.0
SH41	3.6	8.2 - 13.3	≥ 4 Mm ³ /jr	2.2	3.6
PvH	Tot 2.0 begrensd	11.9	1 tot 3 Mm ³ /jr	<i>Niet bepaald</i>	2.0
SH51	2.5	4.4 - 5.9	<i>Geen observatie</i>	4.9	2.1
SH61	1.1	1.2 - 1.9	<i>Geen observatie</i>	1.7	1.2
SH71	0.5	1.4 - 2.1	<i>Geen observatie</i>	1.3	0.8

3 Referenties

Antolinez J., Huisman B. & Ymkje H. (2020). Mesoscale morphology of the Inloop van Ossensisse.

Deltares (2021). Analyse ontwikkeling morfologie en richtlijn stortcapaciteit.

Huisman B., Schrijvershof R., Lanckriet T. & van der Werf J. (2018). Baggerdepositie in diepe geulen. Strategie voor het plaatsen van gebaggerd materiaal in de diepere getijdegeulen van de Westerschelde. Deltares-rapport 1210301-000-ZKS-0026, IMDC rapport I/RA/12161/18.013/THL.

4 BIJLAGE 1: Opstellen scenario's

In deze bijlage wordt uitgelegd hoe de scenario's opgesteld zijn. Dit omvat:

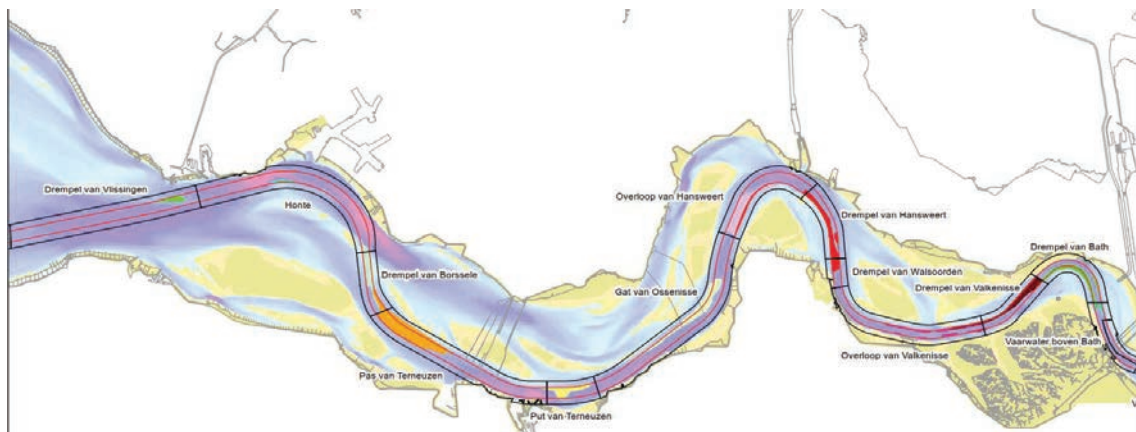
1. Bepalen van vaarafstanden (tussen bagger- en stortlocaties)
2. Bepaling van de optimale bagger-stortrelaties met minimale vaarafstand

1. Bepalen van vaarafstanden

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd op welke wijze de totale vaarafstand per drempel wordt bepaald. Daartoe zullen eerst de baggerlocaties in de vaargeul geschat worden aan de hand van de vakloding uit 2017. Vervolgens wordt per stortpolygoon berekend op welke locatie het meest gestort is in de afgelopen jaren. Dat punt geldt als stortlocatie voor het beschouwde stortpolygoon. In een volgende stap wordt de afstand berekend voor elke bagger-stort relatie. Uiteindelijk wordt de rekenmethode behandeld waarmee de totale vaarafstand per drempel kan worden bepaald.

Baggerlocaties

In Figuur 4-1 wordt de bathymetrie van de vaargeul weergegeven, gebaseerd op de vakloding uit 2017. Op basis van deze bathymetrie zijn de drempellocaties van de bepaald. Bij elk ondiep deel (aangegeven in rood) is een locatie van een drempel gesitueerd.

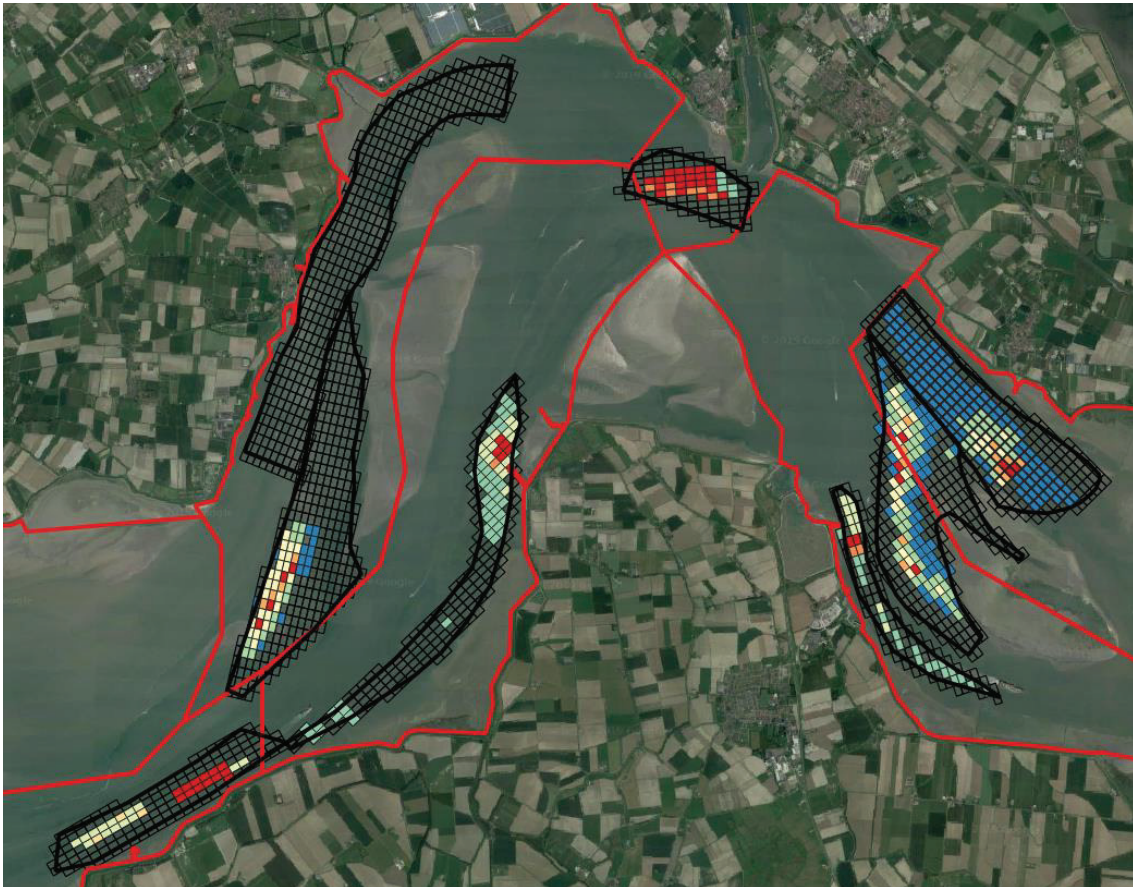


Figuur 4-1: Bathymetrie van de gehele Westerschelde inclusief drempellocaties (regio's binnen elke baggerzone waar werkelijk gebaggerd is in de periode 2018-2020).

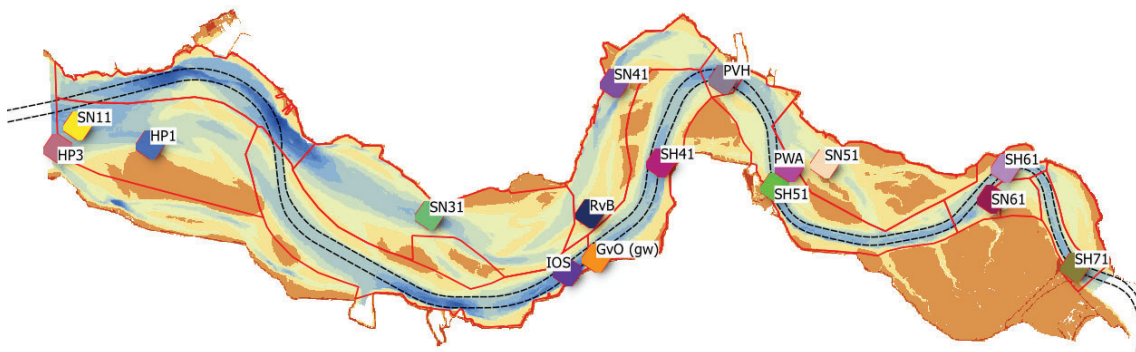
Stortlocaties

De stortlocaties zijn bepaald door te berekenen waar in de afgelopen jaren (2010-2019) het meeste is gestort binnen het polygoon. Elk stortpolygoon (bijv. PvH) is opgedeeld in een aantal stortvakken (zwarte rasters in Figuur 4-2). Bij iedere storting in dit stortpolygoon wordt aangegeven in welk stortvak wordt gestort. Met behulp van deze data kan er een 'heatmap' gemaakt worden, welke door middel van een kleur aangeeft hoe vaak er in een bepaald stortvak is gestort. In Figuur 4-2 worden de stortvakken waarin het meeste (minste) is gestort, aangegeven in rood (blauw). Als in de afgelopen jaren niet is gestort in het betreffende stortvak, is er geen kleur toegewezen. Merk verder op dat een 'heatmap' op zichzelf staand is; er is geen rekening gehouden met onderlinge variaties tussen de stortpolygoonen. Het stortvak in elk polygoon waarin het meeste gestort is geldt als de stortlocatie van de beschouwde polygoon (Figuur 4-3).

Voor de opmaak van de drie scenario's zoals besproken in hoofdstuk 2.2 wordt enkel uitgegaan van het inzetten van de hoofdgeulstortzones. Er wordt hypothetisch van uitgegaan dat de nevengeulstortzones en hoofdgeulstortzones niet te benutten zijn.



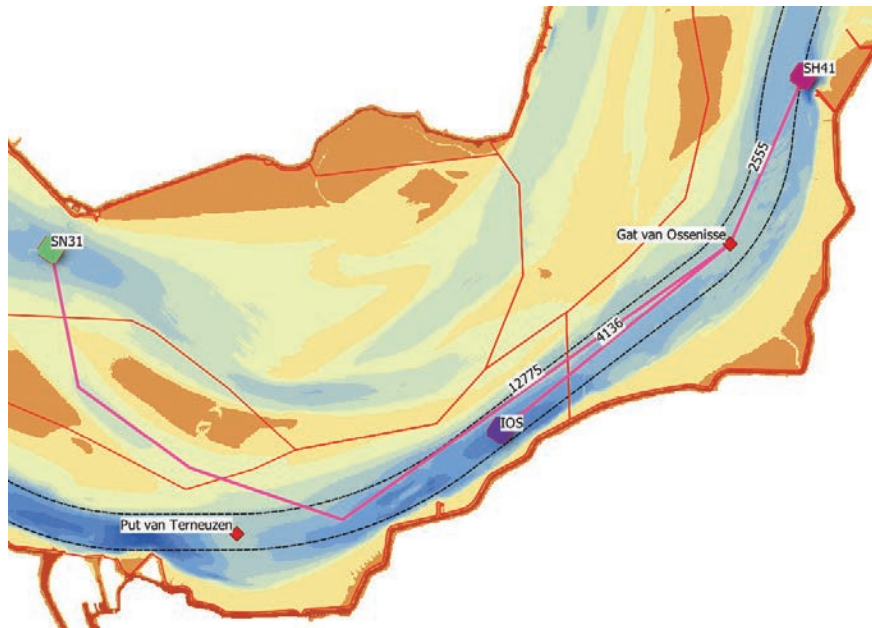
Figuur 4-2: 'Heatmaps' van de stortpolygoenen in de Westerschelde. De kleur geeft de intensiteit van storten aan; rood correspondeert met een hoge intensiteit en blauw met een lage.



Figuur 4-3: Punten per stortlocatie waar de afgelopen jaren het meeste gestort is.

Individuele afstanden

Nu de bagger- en stortlocaties bekend zijn, kan de afstand worden berekend tussen elke bagger- en stortlocatie. Daartoe is gebruik gemaakt van een GIS-programma. Figuur 4-4 laat bijvoorbeeld zien waar het sediment, dat is gebaggerd bij het Gat van Ossensisse, naar toe wordt gebracht. Bovendien is de afstand tussen elke bagger-stort locatie weergegeven. Dit voorbeeld laat duidelijk zien dat het sediment wat gebaggerd is bij het Gat van Ossensisse het beste in SH41 gestort kan worden als louter de vaarafstand in rekening wordt gebracht.



Figuur 4-4: Overzicht van de vaarroutes vanaf het Gat van Ossenisse. Het gebaggerde sediment wordt naar SN31, SH31 en SH41 gebracht. Afstand worden in meters weergegeven.

Rekenmethode

Nu de bagger- en stortlocaties bekend zijn evenals de afstand tussen elke bagger- en stortlocatie, kan er voor elke drempel een berekening worden gemaakt wat de totale vaarafstand zou zijn om het gebaggerde materiaal naar verschillende stortzones te vervoeren. Dit wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$\text{Totale afstand baggerlocatie} = \sum \frac{\text{Volume baggerlocatie}}{\text{Volume schip}} * 2 * \text{afstand } (b \rightarrow s(j))$$

Hierin geeft de term 'afstand $b \rightarrow s_j$ ' aan dat niet al het sediment naar dezelfde stortpolygoon wordt vervoerd waardoor elke vaarbeweging niet dezelfde afstand heeft.

In het volgende hoofdstuk worden verschillende scenario's geïntroduceerd, welke aangeven per baggerlocatie waar en hoeveel sediment er naar een bepaald stortpolygoon moet worden vervoerd.

2. Bepaling van de optimale bagger-stortrelaties met minimale vaarafstand (gebruikt om scenario's uit te werken)

Er is gebruik gemaakt van een 'linear least-squares solver' om de optimale bagger-stortrelaties te bepalen met minimale vaarafstand. Voor de scenario's bespreken in hoofdstuk 2.2 worden enkel de hoofdgeulstortzones meegenomen. De solver berekend een bepaalde distributie van de bagger-stortrelaties, uitgaande het totaal gebaggerd volume van 11,7Mm³/j volgens de gemiddelde verdeling per baggerlocatie (baggerdata 2015-2020), zodat de totale vaarafstand geminimaliseerd wordt. De storthoeveelheid is gelijk aan de baggerhoeveelheid. Op basis van de minimale vaarafstand berekening wordt afgeleid hoeveel er in elke hoofdgeulstortzone moet gestort worden.