

154129



departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

Alternatieve stortstrategie Westerschelde Proefstorting Walsoorden

EINDEVALUATIE PROEFSTORTING 2006

754_03b

WL Rapporten

Alternatieve stortstrategie Westerschelde Proefstorting Walsoorden

Eindevaluatie proefstorting 2006

Vos, G.; Plancke, Y.; Ides, S.; De Mulder, T.; Mostaert, F.

September 2009

WL2009R754_03b_rev5_0

Documentidentificatie

Titel:		Alternatieve stortstrategie Westerschelde Proefstorting Walsoorden: Eindevaluatie proefstorting 2006	
Opdrachtgever:		Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.: WL2009R754_03b_rev5_0
Keywords (3-5):		Westerschelde, plaat van Walsoorden, stortproef, morfologie, ecologie	
Tekst (p.):		52	Tabellen (p.): /
Bijlagen (p.):		11	Figuren (p.): /
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf	
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee		<input type="checkbox"/> Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur Gwendy Vos Msc. ir. Yves Plancke	Revisor ir. Stefaan Ides	Projectleider ir. Stefaan Ides	Afdelingshoofd Dr. Frank Mostaert
---	-----------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	16/05/2008	Concept rapport	Vos, G.
1_1	30/05/2008	Opmerkingen kwaliteitscontrole	Ides, S.; Plancke, Y.
2_0	03/10/2008	Aangevuld conceptrapport	Vos, G.
2_1	15/01/2009	Opmerkingen kwaliteitscontrole	Ides, S.; Plancke, Y.
3_0	31/01/2009	Definitief conceptrapport	Vos, G.; Plancke, Y.
3_1	24/03/2009	Revisie	Ides, S.
4_0	11/05/2009	Concept eindrapport	Vos, G.; Plancke, Y.
4_1	07/07/2009	Opmerkingen opdrachtgever	Roose, F.
5_0	17/09/2009	Definitief eindrapport	Vos, G.; Plancke, Y.

Abstract

In 2001 formuleerde een onafhankelijk expertenteam (PAET), het idee om baggerspecie ook buiten de traditionele stortlocaties terug te storten. Als onderdeel van een morfologisch beheer voor het Schelde-estuarium, zou het terugstorten van baggerspecie een proactieve bijdrage kunnen leveren aan het realiseren van het opgemaakte streefbeeld voor het estuarium. Als pilootproject binnen dit morfologisch beheer werd het aanbrengen van baggerspecie langs de zeewaartse tip van de plaat van Walsoorden voorgesteld.

In 2002-2003 onderzocht het Waterbouwkundig laboratorium de haalbaarheid van het voorgestelde idee. Uit de resultaten van de uitgevoerde terreinmetingen, numerieke en fysische modelproeven, bleek niets de haalbaarheid tegen te spreken. Definitief uitsluitel zou echter pas mogelijk zijn na het uitvoeren van een in situ stortproef. In 2004 werd deze proef uitgevoerd, waarbij 500.000 m³ zand aangebracht werd met behulp van een diffuser. Een uitgebreid morfologisch en ecologisch monitoringprogramma volgde deze proef op. De resultaten van de proef gaven aan dat de proef morfologisch een succes was en dat op ecologisch vlak geen negatieve effecten werden vastgesteld.

In 2006 werd een tweede stortproef (bestaande uit 2 fasen) uitgevoerd waarbij gebruik gemaakt werd van de traditionele manier van storten: het kleppen. In totaal werd 1.400.000 m³ zand gestort langs de zeewaartse punt van de plaat van Walsoorden. Opnieuw werd een zeer intensief morfologisch en ecologisch monitoringprogramma uitgevoerd om de effecten van de stortproef te kunnen opvolgen. Dit rapport beschrijft en analyseert de resultaten van deze monitoring.

Op vlak van morfologie kon worden vastgesteld dat de gestorte specie vrij stabiel is, doch dat in vergelijking met de proef van 2004 – die dicht bij de plaat en alzo in een minder dynamische zone plaatsvond – een groter deel van de specie getransporteerd wordt. Een deel van dit transport vindt plaats in de richting van de plaat, wat wenselijk is om de plaat een nieuwe vorm te geven. Daarnaast wordt echter ook een deel buiten deze zone getransporteerd, doch waar deze specie terecht komt is niet eenduidig vastgesteld. Met betrekking tot de ontwikkeling van de nevengeul Schaar van Waarde/Schaar van Valkenisse, kan geconcludeerd worden dat ten gevolge van de storting de sectie niet significant beïnvloed wordt. Wel is vastgesteld dat de gerichte stortingen in de Schaar van Waarde een lokale reductie van de sectie teweeg hebben gebracht. In welke mate de stortingen de stroompatronen hebben beïnvloed kan niet geëvalueerd worden.

Op vlak van ecologie kon worden vastgesteld dat de trends voor de verschillende parameters (sedimentsamenstelling, benthos, hoogteligging plaat) niet significant beïnvloed werden door de nieuwe stortproeven, zowel voor het subtidale als het intertidale. Mogelijk treedt er vergroving op van het bodemmateriaal ter hoogte van de stortingen, maar door het ontbreken van voldoende gegevens voor aanvang van de storting, kon dit niet beoordeeld worden.

Door het succes van de stortproeven langs de plaat van Walsoorden, zal in de toekomstige stortstrategie van de verruiming van de vaargeul, op 4 locaties langs plaatranden gestort worden. Hiervoor werd bijkomend onderzoek uitgevoerd om de stortstrategie per locatie te optimaliseren, daar niet elke locatie gelijkaardig is. Deze nieuwe stortstrategie combineert het vrijkomen van specie uit baggerwerken met het creëren van ecologische potenties. Op deze manier wordt een win-win-situatie gecreëerd, doch opgemerkt moet worden dat buiten het storten nog andere maatregelen kunnen worden getroffen om door middel van morfologisch beheer pro-actief tegemoet te komen aan de streefbeelden uit de LTV.

Inhoudstafel

Inhoudstafel	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst van de figuren	III
1 Inleiding	1
2 Situering	2
3 Haalbaarheidsonderzoek en proefstorting 2004	3
3.1 Haalbaarheidsonderzoek Walsoorden	3
3.2 Proefstorting 2004	3
4 Proefstorting 2006	5
4.1 Inleiding	5
4.2 Doelstelling van de stortproef	5
4.3 Beoordelingscriteria	6
4.4 Uitvoering van de stortproef	8
5 Monitoring proefstorting 2006	10
5.1 Inleiding	10
5.2 Morfologische monitoring	10
5.2.1 Morfologische evolutie stortzone	11
5.2.2 Stabiliteit gestorte specie	16
5.2.3 Ontwikkeling van bodemvormen	19
5.2.4 Morfologische evolutie Schaar van Waarde / Valkenisse	26
5.2.5 Morfologische analyse op basis van volumeverandering	29
5.3 Ecologische monitoring	38
5.3.1 Subtidale gebied	38
5.3.2 Intertidale gebied	42
5.4 Conclusies Monitoring	48
5.4.1 Morfologische criteria	48
5.4.2 Ecologische criteria	49
6 Doorvertaling beleid en beheer	50
7 Aanbevelingen	51
8 Referenties	52

Bijlage A – Overzicht uitgevoerde peilingen.....	B1
Bijlage B – Evolutie dieptelijnen	B3
Bijlage C – Duinontwikkeling	B4
Bijlage D – Afleiden karakteristieke bodemvormen.....	B5
Bijlage E – Langjarige morfologische evoluties.....	B8

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Beoordelingscriteria van de proefstorting	6
Tabel 2 – Evolutie profiel dwarsraai 1	28
Tabel 3 – Evolutie profiel dwarsraai 2	29
Tabel 4 – Morfologische criteria van de stortproef	48
Tabel 5 – Ecologische criteria van de stortproef	49

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Historische bodemkaarten (links: 1931, rechts: 2003) van de plaat van Walsoorden	2
Figuur 2 – Storting van polystyreen in het schaalmodel	3
Figuur 3 – Ligging proefstortlocatie 2004	4
Figuur 4 – Ligging proefstortlocatie 2006 (wit) t.o.v. proefstortlocatie 2004 (geel)	5
Figuur 5 – Enkele foto's van de sleepopperzuiger Jade River	8
Figuur 6 – Verloop van de proefstorting; gestort volume per week af te lezen op rechteras	9
Figuur 7 – Aanduiding multibeam opnamezone A en B	10
Figuur 8 – Multibeam opname tijdens fase A van de proefstorting W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)	11
Figuur 9 – Verschilpeilingen tijdens fase A van de proefstorting	11
Figuur 10 – Multibeam opname na fase A van de proefstorting W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)	12
Figuur 11 – Verschilpeilingen na fase A van de proefstorting	13
Figuur 12 – Multibeam opname tijdens fase B van de proefstorting W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)	14
Figuur 13 – Verschilpeilingen tijdens fase B van de proefstorting	14
Figuur 14 – Multibeam opname na fase B van de proefstorting W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)	15
Figuur 15 – Verschilpeilingen na fase B van de proefstorting	16
Figuur 16 – Volumeberekening op basis van multibeam echosounder peilingen	17
Figuur 17 – Ligging raaien	19
Figuur 18 – Evolutie profiel langsraai door de stortzone tijdens en na stortfase A	20
Figuur 19 – Evolutie profiel langsraai door de controlezone tijdens en na stortfase A; boven: noordwestelijk deel van de raai, onder: zuidoostelijk deel van de raai	21
Figuur 20 – Evolutie profiel langsraai door de secundaire vloedgeul tijdens en na stortfase A	22
Figuur 21 – Evolutie profiel langsraai door de stortzone tijdens en na stortfase B	23
Figuur 22 – Evolutie profiel langsraai door de controlezone tijdens en na stortfase A	24
Figuur 23 – Evolutie profiel langsraai door de secundaire vloedgeul tijdens en vlak na stortfase B (boven) en na stortfase B (onder)	25
Figuur 24 – Evolutie noord-zuidprofiel Schaar van Waarde bij stortfase A (boven) en stortfase B (onder)	26
Figuur 25 – Evolutie noord-zuidprofiel Schaar van Valkenisse bij stortfase A (boven) en stortfase B (onder)	27
Figuur 26 – Rekenvakken zone stortproef 2006, rekenvakken: rood, zandwinvakken: geel, stortzone: oranje gearceerd	30
Figuur 27 – Gestorte volumes (beun m ³) per stortfase (boven) en in totaal (onder)	31
Figuur 28 – Totaal volume [m ³] aan zandwinning van W1 tot en met W30	32
Figuur 29 – Netto volumeverandering: storting – zandwinning [m ³]	32

Figuur 30 – Gemeten volumeverandering (multibeam echo sounder)[m ³] tijdens en na fase A (boven), tijdens en na fase B (midden) en over de hele monitoringperiode (beneden)	33
Figuur 31: Polygoon voor volumeberekeningen ter inschatting van het sedimentverlies richting Schaar van Waarde	34
Figuur 32 – indeling rekenvakken in rekenzones	35
Figuur 33 – Gemiddelde volumeverandering per oppervlakte-eenheid voor de verschillende rekenzones	36
Figuur 34 – Gemiddelde volumeverandering per oppervlakte-eenheid en per dag voor kolom 3 van het rekenrooster	37
Figuur 35 – Posities van de subtidale stations, met het nieuwe impactgebied (proefstortlocatie 2006, I2), controle/impactgebied (proefstortlocatie 2004, I1) en controlegebied (C1). C2 was een controlegebied voor de proefstorting van 2004. De blauwe bolletjes geven de monsternamepunten weer van mei 2006, en de zwarte kruisjes geven de monsternamepunten weer van augustus 2006.	39
Figuur 36 – Biomassa, dichtheid en diversiteit van het macrobenthos in het subtidaal (G zijn de monsters in de geul) met standaardfout. NJ: najaar, VJ: voorjaar	40
Figuur 37 – Mediane korrelgrootte (boven) en percentage slib (onder) van het sediment in het subtidaal met standaardfout	41
Figuur 38 – Bemonsteringslocaties op de Plaat van Walsoorden. Tevens zijn de drie posities waar frames geplaatst zijn voor hydrodynamische metingen (rode plusjes), en de drie sedimentatie-erosie plotjes (groene sterretjes) aangeduid.....	42
Figuur 39 - Indeling van het intertidale gebied op basis van habitat (links), met een onderverdeling in noordelijke landtong (NLT, in geel), rand van de plaat (RP, in grijs) en centrale plaat (CP, in groen), en een onderverdeling in de raaien A tot en met H (rechts)	43
Figuur 40 - Biomassa, dichtheid en aantal soorten macrobenthos in het intertidale gebied met standaardfout	43
Figuur 41 – Tijdseries van mediane korrelgrootte van de drie intertidale habitats met standaardfout	44
Figuur 42 – Veranderingen in de korrelgrootteverdeling in het intertidale gebied, met standaardfout. Boven: CP; midden: RP; onder: NLT	45
Figuur 43 - Tijdreeksen van mediane korrelgrootte SD50, percentage slib, zeer fijn zand, fijn zand en medium zand voor de verschillende raaien.....	46
Figuur 44 – Sedimentatie-erosiemetingen op station B13, B14 (beide westelijk deel van de plaat) en B18 (centrale deel van de plaat).....	47
Figuur 45 - Hoogteligging van de Plaat van Walsoorden uit laseraltimetrie, gebaseerd op data van Rijkswaterstaat (2001 en 2004) en Eurosense (2005 en 2006). Omtrek is de -1.5 m NAP contour.	47

1 Inleiding

Voorliggend rapport bevat de eindevaluatie van de proefstortingen nabij de plaat van Walsoorden, uitgevoerd in 2006 en 2007 in het kader van het project "Alternatieve stortstrategie voor de Westerschelde - Voortzetting monitoringprogramma proefstorting Walsoorden". Het bevat de analyse van de resultaten van het morfologische en ecologische monitoringprogramma, opgezet om de effecten van de tweede proefstorting te Walsoorden te beoordelen. Bij deze analyse vindt een toetsing plaats aan de criteria die voorafgaandelijk aan de eerste stortproef (2004) door Vlaamse en Nederlandse experts werden opgesteld voor het beoordelen van het al dan niet succesvol zijn van de stortproef.

2 Situering

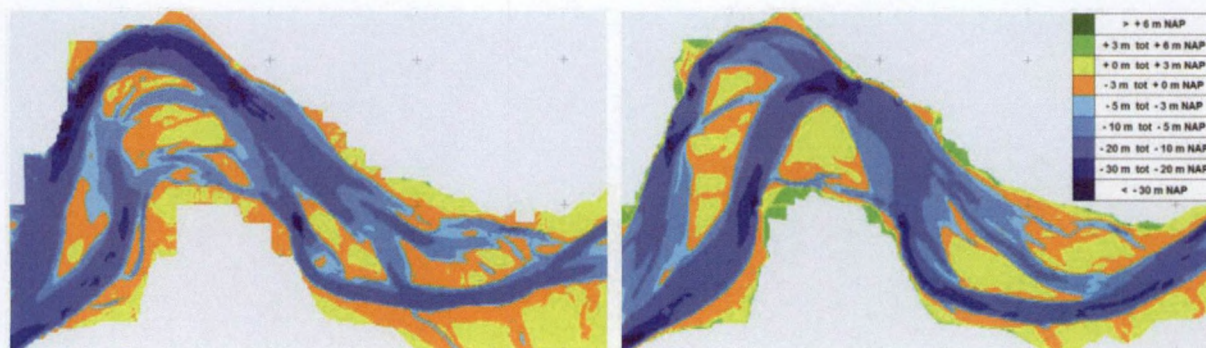
De Westerschelde vormt de levensader van de haven van Antwerpen. Om schepen de toegang tot de haven te kunnen garanderen dienen onderhoudsbaggerwerken in de vaargeul uitgevoerd te worden. Omwille van de beperkte netto sedimentuitwisseling tussen het estuarium en het mondingsgebied, wordt het gebaggerde materiaal binnen het estuarium teruggestort.

Tot voor de 2^e verruiming, uitgevoerd in 1997-1998, werd de onderhoudsbaggerspecie hoofdzakelijk in de nevengeulen in het oostelijk deel van de Westerschelde teruggestort. Doordat werd verondersteld dat het aanhouden van deze strategie het meergeulensysteem in dit deel in gevaar zou kunnen brengen, werd na de verruiming van 1997-1998 de stortstrategie gewijzigd: een groot deel van het gebaggerde materiaal wordt sindsdien teruggestort in de nevengeulen in het middendeel en het westelijke deel van de Westerschelde [1].

Door de schaalvergroting in de scheepvaart, vroeg de haven van Antwerpen om een verdere verruiming van de vaargeul. Daar een verruiming gepaard gaat met een extra hoeveelheid (aanleg)baggerwerk, rees de vraag wat de gevolgen voor het estuarium hiervan zouden zijn, meer bepaald op het meergeulensysteem. Daarop werd door de Vlaamse en Nederlandse overheden een LangeTermijnVisie (LTV) voor het Schelde-estuarium opgesteld, waar een streefbeeld voor de lange (2030) termijn ontwikkeld werd voor het estuarium. Dit streefbeeld dient rekening te houden met 3 pijlers: veiligheid tegen overstromingen, toegankelijkheid van de Scheldehavens en natuurlijkheid van het estuarium.

Parallel aan de studies van de LTV formuleerde een onafhankelijk expertteam, op vraag van het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen (Port of Antwerp Expert Team – PAET), het idee dat baggerspecie ook buiten de traditionele stortlocaties kan worden teruggestort [2]. Als onderdeel van een morfologisch beheer voor het Schelde-estuarium, stelde PAET dat het terugstorten van baggerspecie een proactieve bijdrage zou kunnen leveren aan het opgemaakte streefbeeld voor het estuarium. Als pilootproject binnen dit morfologisch beheer werd het aanbrengen van baggerspecie langs de zeewaartse tip van de plaat van Walsoorden voorgesteld [3].

Op basis van een historische analyse van bodemkaarten werd vastgesteld dat de tip van de plaat van Walsoorden gedurende de laatste eeuw sterk geërodeerd werd (zie Figuur 1). Deze evoluties werden waarschijnlijk teweeggebracht door veranderingen in het geulensysteem tussen Terneuzen en Hansweert, waardoor de stroming naar de plaat wijzigde, alsook de morfologische evolutie van het Zuidergat. PAET stelde voor om baggerspecie aan te brengen bij de tip van de plaat om op die manier de zeewaartse plaattip te reconstrueren.



Figuur 1 – Historische bodemkaarten (links: 1931, rechts: 2003) van de plaat van Walsoorden

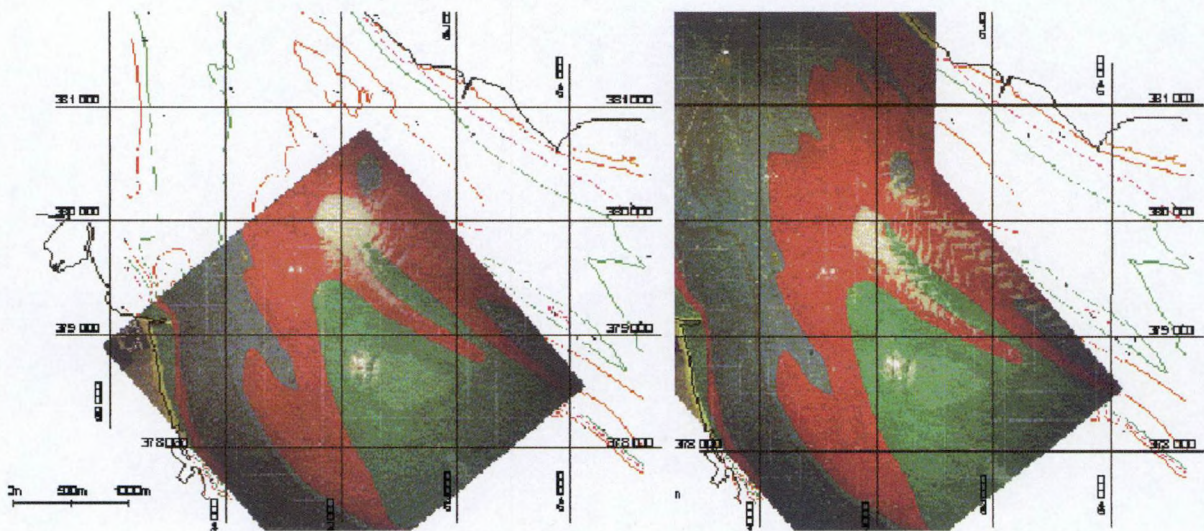
Om de haalbaarheid van dit idee na te gaan, werd in 2002 aan het waterbouwkundig laboratorium de opdracht gegeven een haalbaarheidsstudie uit te voeren.

3 Haalbaarheidsonderzoek en proefstorting 2004

3.1 Haalbaarheidsonderzoek Walsoorden

In 2002 en 2003 onderzocht het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout (WLB), onderzoeksinstantie van de Vlaamse overheid, in opdracht van de Projectdirectie Ontwikkelingschets Schelde-estuarium (ProSes), de haalbaarheid van deze voorgestelde stortstrategie [5]. Dit onderzoek vond plaats in samenwerking met het PAET, dat een voorstel van onderzoeksprogramma voorbereidde en samen met het WLB de resultaten van het onderzoek interpreteerden.

Het onderzoeksprogramma omvatte de analyse van historische gegevens (topo-bathymetrie), terreinmetingen in de Westerschelde en het gebruik van fysische schaal- en numerieke computermodellen. Terreinmetingen van stromingen met behulp van dGPS-vlotten gedurende een volledige doodtij-springtij-cyclus gaven een goed beeld van de stroming nabij de plaat. Deze gegevens werden tevens gebruikt voor de validatie van de modellen (fysisch en numeriek). Ook werd het zandtransport gedurende een volledig getij (13u) op verschillende locaties ter hoogte van de Plaat van Walsoorden gemeten, om zo een idee te krijgen over de grootte en de richting van dit transport. In het computermodel en het bestaande schaalmodel werden – aanvullend aan de vlottermetingen – de stromingen rondom de plaat gevisualiseerd. In het schaalmodel werden eveneens proeven met beweegbaar materiaal (polystyreen) uitgevoerd (zie figuur 2), ten einde de meest optimale stortlocatie te bepalen voor het uitvoeren van een in situ stortproef. Geen van de resultaten uit deze studie spraken de haalbaarheid van de voorgestelde strategie tegen. Een proefstorting in de natuur zou definitief uitsluitsel kunnen geven.

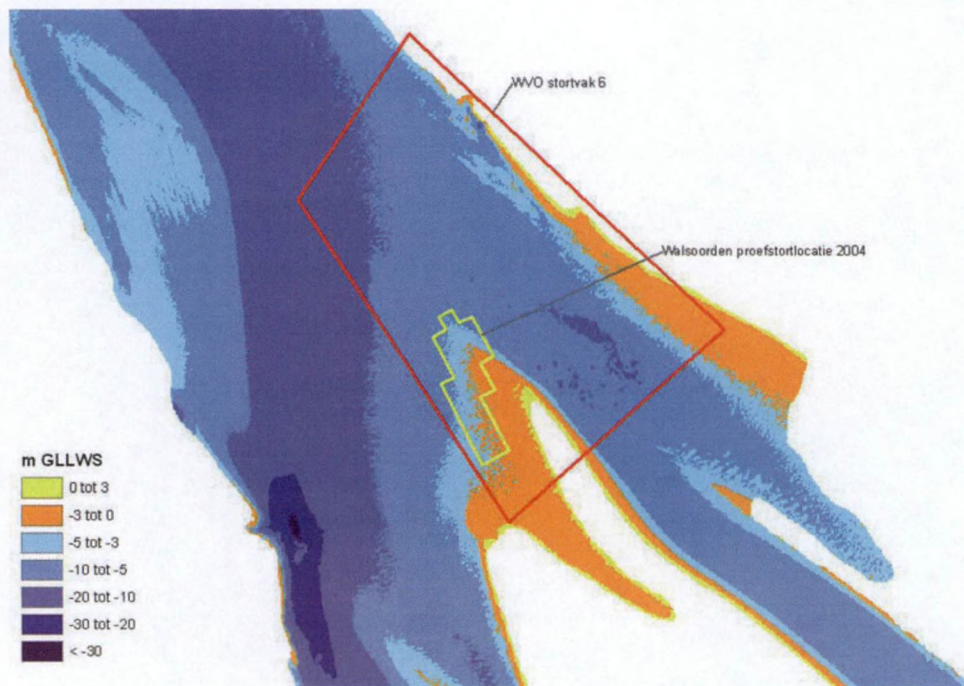


Figuur 2 – Storting van polystyreen in het schaalmodel

Door ProSes werd een groep internationale experts aangesteld om een oordeel te vellen over de door het WLB uitgevoerde studie. De experts onderschreven in deze “second opinion” de conclusies van de haalbaarheidsstudie van het WLB [6]. Echter de finale haalbaarheid van de strategie zou pas aangetoond kunnen worden na opvolging van een in situ proefstorting, wat ook door de expertengroep bevestigd werd.

3.2 Proefstorting 2004

Van 17 november 2004 tot 20 december 2004 werd een in situ proefstorting uitgevoerd nabij de zeewaartse punt van de Plaat van Walsoorden: een hoeveelheid van 500.000 m³ baggerspecie werd gestort op een locatie die op basis van de resultaten van het haalbaarheidsonderzoek werd gekozen. Deze voorgestelde locatie bleek binnen de vergunde stortlocatie Schaar van Waarde te vallen, doch op een plaats waar voorheen nooit werd gestort (zie Figuur 3).



Figuur 3 – Ligging proefstortlocatie 2004

Om deze specie nauwkeurig te kunnen aanbrengen, werd voorgesteld niet gebruik te maken van de traditionele manier van storten, het zogenaamde kleppen – waarbij het beun van het baggerschip geopend wordt zodat de specie naar de bodem kan bezinken – maar werd gekozen voor het gebruik van sproeioponten met een diffuser, een speciale sproeikop om zeer nauwkeurig in ondiep water te storten. Op die manier zou ook de natuurlijke omgeving zo weinig mogelijk verstoord worden. Gezien deze techniek van storten niet in de lopende WVO vergunning is opgenomen, diende hiervoor toestemming te worden gevraagd.

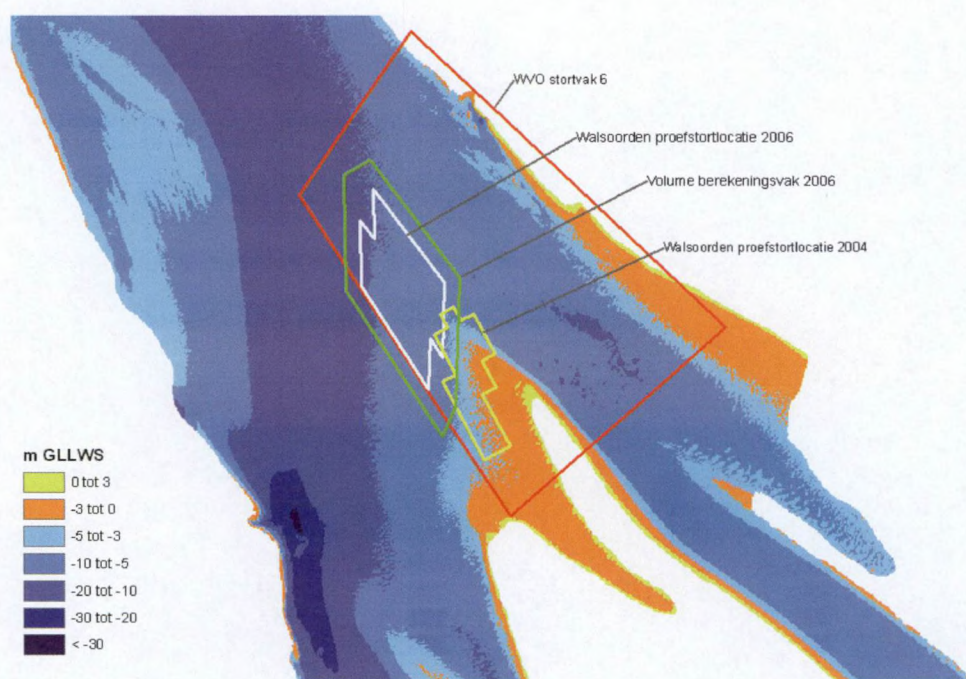
In opdracht van de Technische Schelde Commissie (TSC) werden door een groep van Vlaamse en Nederlandse experts voorafgaand aan de proefstorting morfologische en ecologische criteria opgesteld om het al dan niet slagen van de proefstorting te beoordelen. Hierbij lag de nadruk vooral op het bewijzen van de stabiliteit van de gestorte baggerspecie en het behoud van het ecologische evenwicht op de plaat van Walsoorden.

Via een uitgebreid monitoringprogramma werden de effecten van de proefstorting opgevolgd en getoetst aan de opgelegde criteria [7]. Hieruit bleek dat de proefstorting zowel morfologisch als ecologisch succesvol genoemd kon worden: de gestorte specie bleek zeer stabiel te zijn – 12 maanden na het beëindigen van de stortproef was nog meer dan 80% van de gestorte specie aanwezig binnen de controlepolygoon. De aangebrachte specie verplaatste zich zeer langzaam in de richting van de plaat (vloedgedomineerd transport), wat volgens de verwachting was van het haalbaarheidsonderzoek. Deze verplaatsing naar de plaat toe is gewenst vanuit het objectief van de reconstructie van de zeewaartse plaattip van Walsoorden. De ecologische resultaten toonden ook geen negatieve trends: op het intertidale gebied werden geen significante effecten ten gevolge van de stortproef vastgesteld. De ophoging van de plaat vertoonde geen afwijking ten opzichte van de lange termijn trends, de korrelverdeling van de plaat en het macrobenthos op de plaat vertoonden evenmin een afwijking ten gevolge van de stortproef. Subtidaal werd wel een invloed van de stortproef opgemeten: de sedimentsamenstelling in het impactgebied was licht gewijzigd (daling van de fractie slib en middelgrof zand, stijging van de zand- en fijn zand-fractie). Dit ten gevolge van een verschil in korrelgrootte tussen het gestorte materiaal en het sediment dat initieel aanwezig was op de stortplaats. Deze verandering in sedimentsamenstelling heeft echter niet geleid tot een significante verandering van het subtidale macrobenthos.

4 Proefstorting 2006

4.1 Inleiding

Na het morfologische en ecologische succes van de proefstorting uitgevoerd in 2004, werd voorgesteld een nieuwe proefstorting (opnieuw 500.000 m³) uit te voeren begin 2006. In tegenstelling tot de eerste proef, werd hierbij gebruik gemaakt van de traditionele storttechniek, het “kleppen” van de specie, om na te gaan of deze techniek eveneens toegepast kan worden om het gewenste resultaat te bekomen (i.e. reconstrueren van de plaatpunt). Deze stortproef werd volledig binnen de vigerende WVO vergunning uitgevoerd. De nieuwe stortlocatie werd bepaald op basis van natuurmetingen, numerieke modellen en de ervaring van de eerste proef, rekening houdend met de diepte vereist voor een volgeladen baggerschip [8]. Deze locatie wordt weergegeven in Figuur 4. Gezien de andere storttechniek, waarbij de diepgang van de baggerschepen groter is dan deze van het sproeiopont, is de stortlocatie verder van de plaat gelegen vergeleken met stortlocatie 2004.



Figuur 4 – Ligging proefstortlocatie 2006 (wit) t.o.v. proefstortlocatie 2004 (geel)

4.2 Doelstelling van de stortproef

Met de nieuwe proefstorting wordt de mogelijkheid nagegaan of de traditionele storttechniek kan gebruikt worden om de vooropgestelde doelstellingen van de stortstrategie te bereiken. Hoewel nog steeds een grote stabiliteit vooropgesteld wordt van de aangebrachte specie, mag een deel van specie naar de plaat toe getransporteerd worden door de natuurlijke transporten. Hierbij fungeert de specie als “tracer” om na te gaan of, en met welke snelheid, het gestorte sediment zich in de richting van de plaat verplaatst. Het natuurlijke transport van de specie onder invloed van de vloedstrooming naar de plaat toe is namelijk wenselijk met het oog op de reconstructie van de zeevaartse plaatpunt van de plaat van Walsoorden.

Tenslotte wordt ook de efficiëntie van de storttechniek geëvalueerd. Immers de kleptechniek biedt, veel minder dan de diffusertechniek, de mogelijkheid om de baggerspecie nauwkeurig op de bodem aan te brengen. Tevens is het voorgestelde stortgebied – omwille van noodzakelijke diepgang voor de kleppende baggerschepen – verder van de plaat gelegen alwaar de hydro- en morfodynamiek groter is.

Ondanks het feit dat dit de tweede fase van een in situ stortproef behelst, is de gestorte hoeveelheid van de proef nog steeds beperkt. Het gaat hier immers nog steeds om een proef, weliswaar met een andere storttechniek en -locatie ten opzichte van de eerste proef. De doelstelling blijft daarom beperkt tot het nagaan van volgende aspecten:

- De stabiliteit van de gestorte baggerspecie;
- Het transport van de stortspecie in de richting van de plaat;

De doelstellingen bij de volledige reconstructie van de plaatpunt gaan gepaard met aanzienlijk grotere storthoeveelheden en worden niet beoogd met deze proef. De uiteindelijke doelstellingen zijn:

- Betere spreiding van de vloedstroming tussen de eb- en de vloedgeul;
- De toename van de snelheden in de naastliggende geulen aan de plaat van Walsoorden, in het bijzonder boven de drempel van Hansweert. Op deze manier kan het zelfroderend vermogen toenemen en de baggerinspanning gereduceerd worden;
- Het verrijken van het ondiepwater- en intergetijdegebied met fijnere korrelfracties ten gevolge van een reductie van de stroomsnelheden in deze gebieden;

4.3 Beoordelingscriteria

Voor de stortproef van 2004 werd door de Technische Schelde Commissie (TSC) opgelegd dat voorafgaand aan de proefstorting criteria moesten worden opgesteld waarmee het al of niet behaalde succes van de proefstorting beoordeeld zou worden. Door een groep van Vlaamse en Nederlandse experts, belast met de opvolging van de proefstorting, werden in consensus deze criteria opgesteld.

Aangezien er voor de proefstorting van 2006 geen specifieke criteria werden opgesteld, worden naar analogie met de stortproef 2004 volgende criteria opnieuw gehanteerd:

Tabel 1 – Beoordelingscriteria van de proefstorting

Beschrijving criterium	Kwantitatieve waarde van het criterium
Morfologische criteria	
<p>2 weken na het beëindigen van de stortproef mag slechts een bepaald percentage van de gestorte hoeveelheid zand het stortvak verlaten hebben.</p> <p>Het stortvak wordt in ontwerp vastgelegd door een coördinatenbestand. De exacte coördinaten welke effectief in aanmerking worden genomen voor de bepaling van het verdwenen zand worden vastgelegd eveneens 2 weken na beëindiging van de stortproef.</p> <p>Het zand dat terechtkomt in de secundaire vloedgeul juist ten noorden van de plaat en net ten zuiden van de Schaar van Waarde en welke niet boven +2 m NAP uitkomt, wordt niet meegenomen in de hoeveelheid verdwenen zand gezien transport naar de secundaire vloedgeul een gewenst effect is.</p>	<p>Maximum 20% van de totale gestorte hoeveelheid mag het stortvak verlaten hebben 2 weken na het beëindigen van de stortproef.</p> <p>Tussen 20 en 40% verdwenen materiaal uit het stortvak is aanvaardbaar, indien extreme condities hiervan de oorzaak zijn.</p> <p>Meer dan 40% verlies van materiaal wordt beschouwd als mislukken van de proef.</p>
<p>Verzanding van de Schaar van Valkenisse ten gevolge van geërodeerd sediment uit het stortvak mag niet optreden, in het bijzonder indien hiermee drempelvorming in deze nevengeul gepaard gaat.</p> <p>Hiertoe worden een aantal dwarsraaien genomen over de volledige breedte van de schaar waarvan de dwarssectie zal opgevolgd worden. De multibeam metingen onmiddellijk voorafgaand aan de proefstorting en 2 weken volgend op het einde van de stortproef zullen hiervoor worden gebruikt.</p>	<p>Maximaal 15% van het dwarsprofiel van de Schaar van Valkenisse (ter plaatse van de drempel die nu aan het begin van de schaar ligt) mag 2 weken na het beëindigen van de stortproef worden ingenomen door zand.</p>

Ecologische criteria	
Ophogen van de plaat van Walsoorden is een nadelig ecologisch effect en wordt opgevolgd via sedimentatie-erosieplots. Er mag geen significante afwijking zijn van de langetermijn trend.	Op 25% van de plaat meer dan 4 cm, op 50% van de plaat meer dan 2 cm of op 100% van de plaat meer dan 1 cm wordt als een probleem beschouwd.
De intertidale gebieden ter hoogte van de plaat van Walsoorden zijn vrij slibarm. Nochtans is de beperkte hoeveelheid slib belangrijk voor de ecologie. De ecologie is bovendien gevoelig voor veranderingen in dit slibgehalte. Zowel een te hoge als een te lage slibconcentratie vormen een probleem.	Op 50% van de plaat meer dan 40% wijziging in het slibgehalte of op 100% van de plaat meer dan 20 % wijziging in het slibgehalte wordt als een probleem beschouwd.
De ecologie mag niet negatief beïnvloed worden ten gevolge van de proefstorting. Hiervoor zal de macrobenthos, algemeen beschouwd als een belangrijke variabele bij de monitoring van veranderingen in een marien milieu, gemonitord worden.	De dichtheid, biomassa en diversiteit van de intertidale macrobenthos mag niet afwijken van de langetermijn trends.

4.4 Uitvoering van de stortproef

De stortingen werden uitgevoerd binnen het kader van de continue onderhoudsbaggerwerken op de natuurlijke drempels in de Westerschelde. In tegenstelling tot de proefstorting 2004, waar de te storten specie vanuit de ganse Westerschelde naar de stortlocatie aangevoerd werd om alzo de stortproef zo geconcentreerd mogelijk in tijd te laten doorgaan, vond de nieuwe stortproef plaats binnen de dagdagelijkse uitvoering. Hierdoor was de periode voor het storten van een soortgelijke hoeveelheid aanzienlijk groter (2 maanden vs. 1 maand). Bovendien werd, in tegenstelling tot de proefstorting 2004, waar gekozen werd om gebruik te maken van een diffuser voor het storten in ondiep water, hier voor de traditionele storttechniek, het zogenaamde “kleppen”, geopteerd. Hierbij wordt het beun van het baggerschip geopend boven de stortlocatie, waardoor de specie kan bezinken. Het merendeel van de specie komt onmiddellijk op de bodem terecht, een beperkt deel wordt echter door de stroming getransporteerd en zet zich elders af. Met deze storttechniek kan dus minder nauwkeurig gestort worden dan met een diffuser. De stortlocatie die in 2006 gebruikt werd, is dieper gelegen dan die van 2004 en laat deze storttechniek toe. Gedurende de ganse periode van stortingen in het voorgestelde gebied werden 6 verschillende sleephopperzuigers ingezet.



Linksboven: sleephopperzuiger Jade River

Linksonder: detail van de sleepkop

Rechts: detail van het beun

Figuur 5 – Enkele foto's van de sleephopperzuiger Jade River

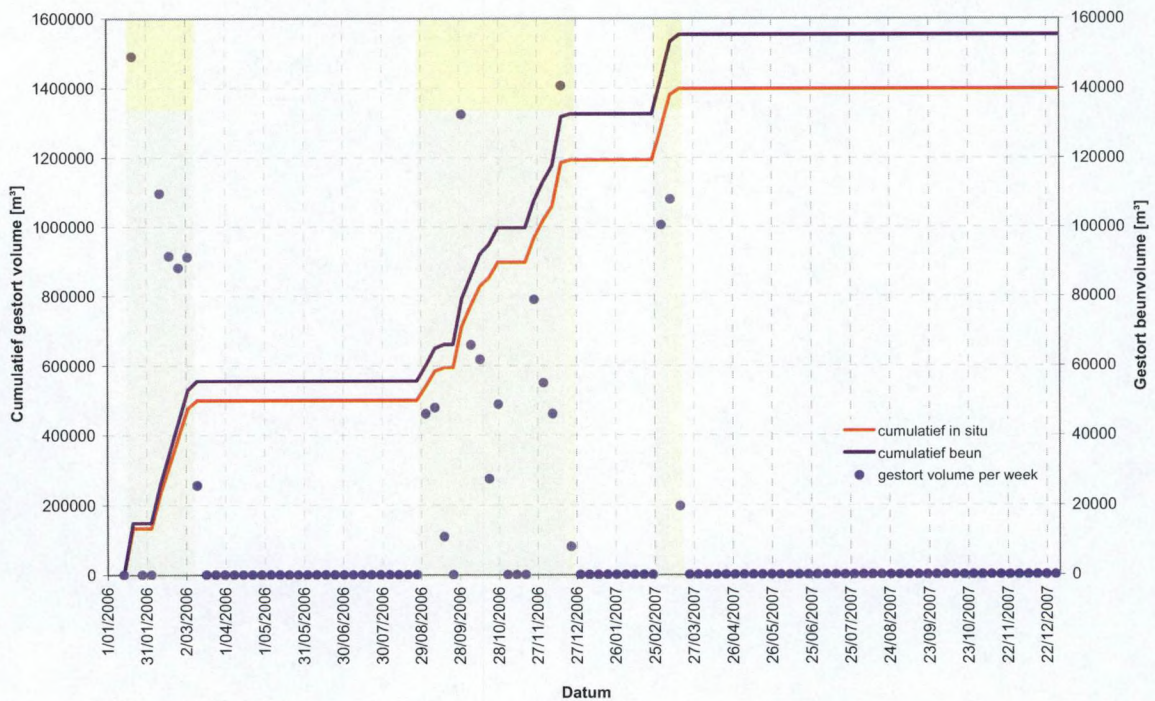
Waar het oorspronkelijk de bedoeling was om slechts één nieuwe stortproef uit te voeren, werden door Maritieme Toegang bijkomende stortingen uitgevoerd in het kader van de reguliere onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Hierdoor zal in de analyse gesproken worden van een eerste fase (fase A) en een tweede fase (fase B).

Tijdens de eerste fase van de stortproef (stortfase A), van 14/01/2006 tot en met 11/03/2006, werd een in situ volume van ca. 500.000 m³ gestort. Het grootste deel hiervan werd tijdens deze fase gestort door de sleephopperzuigers “Vlaanderen I” en “Jade River”, met een beuninhoud van respectievelijk 2000 en 2500 m³.

In het najaar van 2006 werden bijkomende hoeveelheden gestort op deze locatie. Van 02/09/2006 tot en met 17/03/2007 (stortfase B) werd nog eens een in situ volume van 900.000 m³ gestort in het voorgestelde vak, voornamelijk door de sleehopperzuigers "Manzanillo II" en "Jade River", met een beuninhoud van respectievelijk 4000 en 2500 m³.

Het verloop van de stortingen wordt weergegeven in Figuur 6. De blauwe stippen geven het gestort beunvolume per week weer. De blauwe en rode lijn geven beide het cumulatieve volume weer: waar de blauwe lijn betrekking heeft op het beunvolume, is de rode lijn omgerekend naar in situ volume. Het verschil tussen beun- en in situ volume wordt veroorzaakt door een lagere densiteit van de baggerspecie in het beun in vergelijking met in situ. Uit berekeningen [9] is gebleken dat het in situ volume gemiddeld ongeveer 10 % kleiner is dan het beunvolume.

Op deze grafiek zijn de stortfases te onderscheiden (aangeduid door de gele zones), maar valt ook op dat binnen elk van de stortfases niet continu gestort werd, maar er regelmatig periodes voorkwamen zonder stortingen. Vooral bij de tweede stortfase valt een lange periode zonder stortingen op (9 weken). Dit in tegenstelling tot de stortproef van 2004, waar gedurende 4 weken onafgebroken, 7 dagen op 7, gestort werd. Ook de wekelijkse stortvolumes verschillen aanzienlijk. Sinds de laatste storting op 17/03/2007 werd er niet meer gestort op de stortlocatie.



Figuur 6 – Verloop van de proefstorting; gestort volume per week af te lezen op rechteras

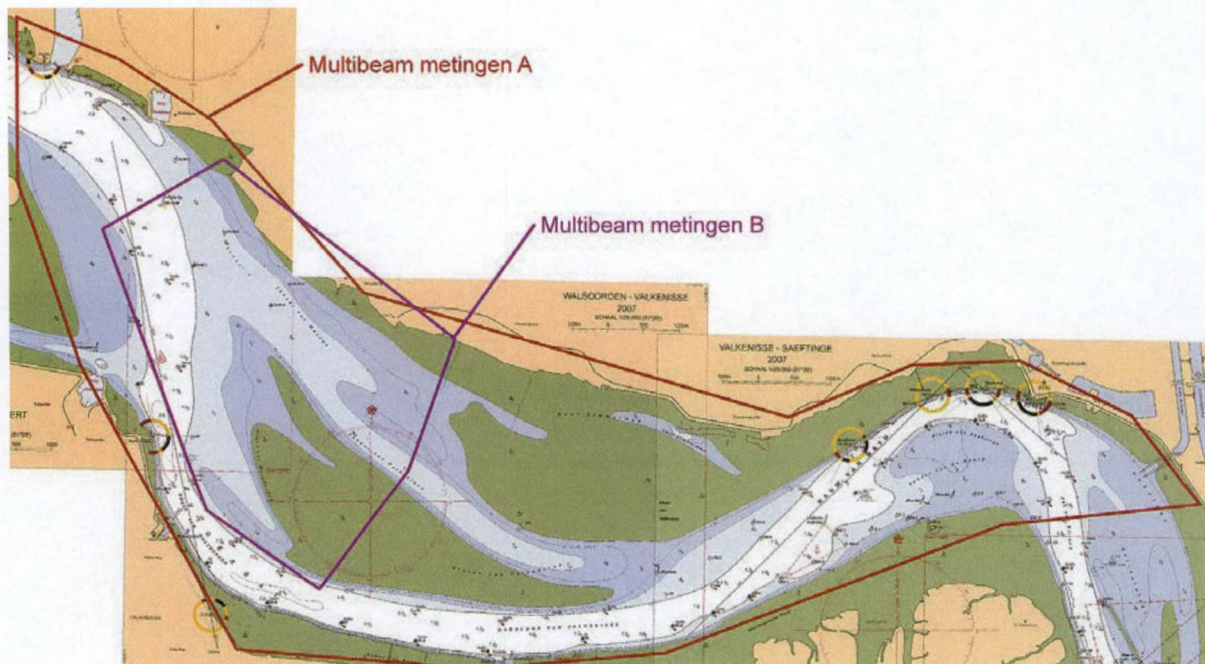
5 Monitoring proefstorting 2006

5.1 Inleiding

Om de effecten van de proefstorting te kunnen bestuderen, is een uitgebreid monitoringprogramma onontbeerlijk. Dit werd uitgevoerd door externe opdrachtnemers. Het monitoringprogramma kan in grote lijnen opgedeeld worden in 2 delen: een morfologisch luik en een ecologisch luik. In dit hoofdstuk wordt de aanpak van beide delen en de bekomen resultaten uitgebreid besproken.

5.2 Morfologische monitoring

Om de topo-bathymetrische veranderingen van het gebied te monitoren, werd gebruik gemaakt van de multibeam echosounder techniek. Door de TV EUROSENSE BELFOTOP NV en EUROSENSE Planning & Engineering werd vanaf december 2005 het studiegebied met een hoge frequentie opgemeten met behulp van een dual-head multibeam. Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen de uitgestrekte zone A en de beperkte zone B (zie Figuur 7). Deze metingen zijn een verderzetting van het morfologisch monitoringprogramma dat in het kader van de eerste proefstorting werd opgestart.



Figuur 7 – Aanduiding multibeam opnamezone A en B

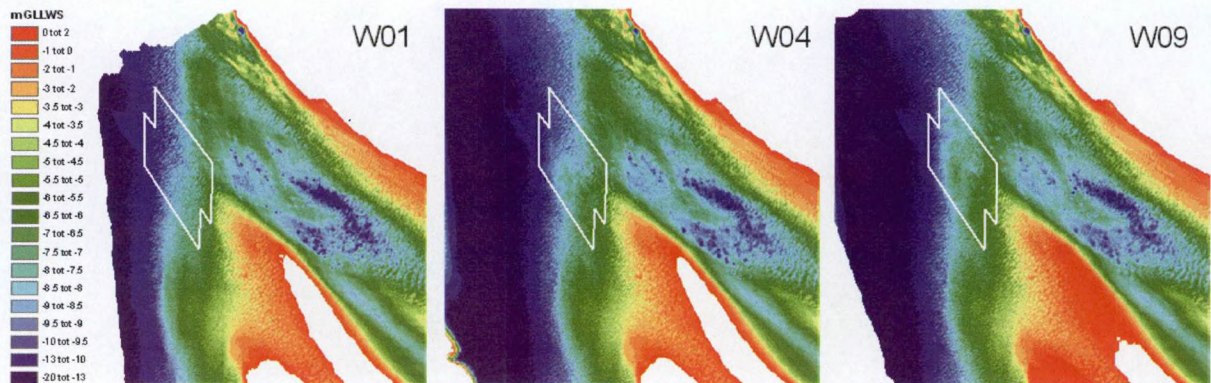
- ZONE A: peilingen met een maandelijkse frequentie in 2006, 2-maandelijks vanaf begin 2007 tot en met september 2007. Deze zone, omvattende het gebied tussen Hansweert en Bath, werd opgemeten tot 3,5 m onder hoogwater.
- ZONE B: wekelijkse peilingen van januari 2006 tot en met maart 2006, peilingen in april en mei 2006, in november 2007 en in januari 2008. Deze zone, omvattende het gebied ter hoogte van de zeewaartse tip van Walsoorden, werd opgemeten tot 1,5 m onder hoogwater.

Een gedetailleerde lijst van de uitgevoerde multibeam opmetingen, met bijhorende datum van opname, wordt gegeven in bijlage A.

5.2.1 Morfologische evolutie stortzone

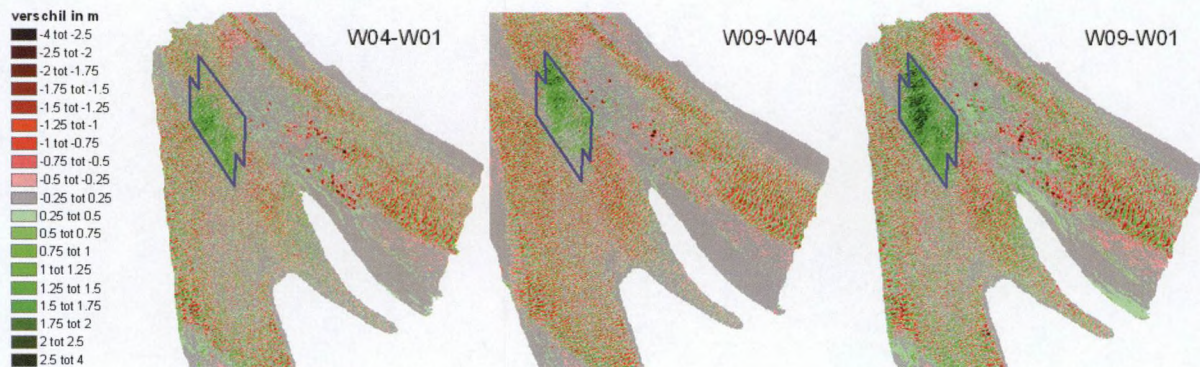
a) Stortfase A (14/01/2006 tot en met 11/03/2006)

Het resultaat van de stortingen uitgevoerd in de eerste fase wordt gevisualiseerd in Figuur 8. Dit zijn resultaten van multibeam echosounder metingen uitgevoerd tijdens fase A van de proefstorting, met een tussenperiode van telkens ongeveer een maand.



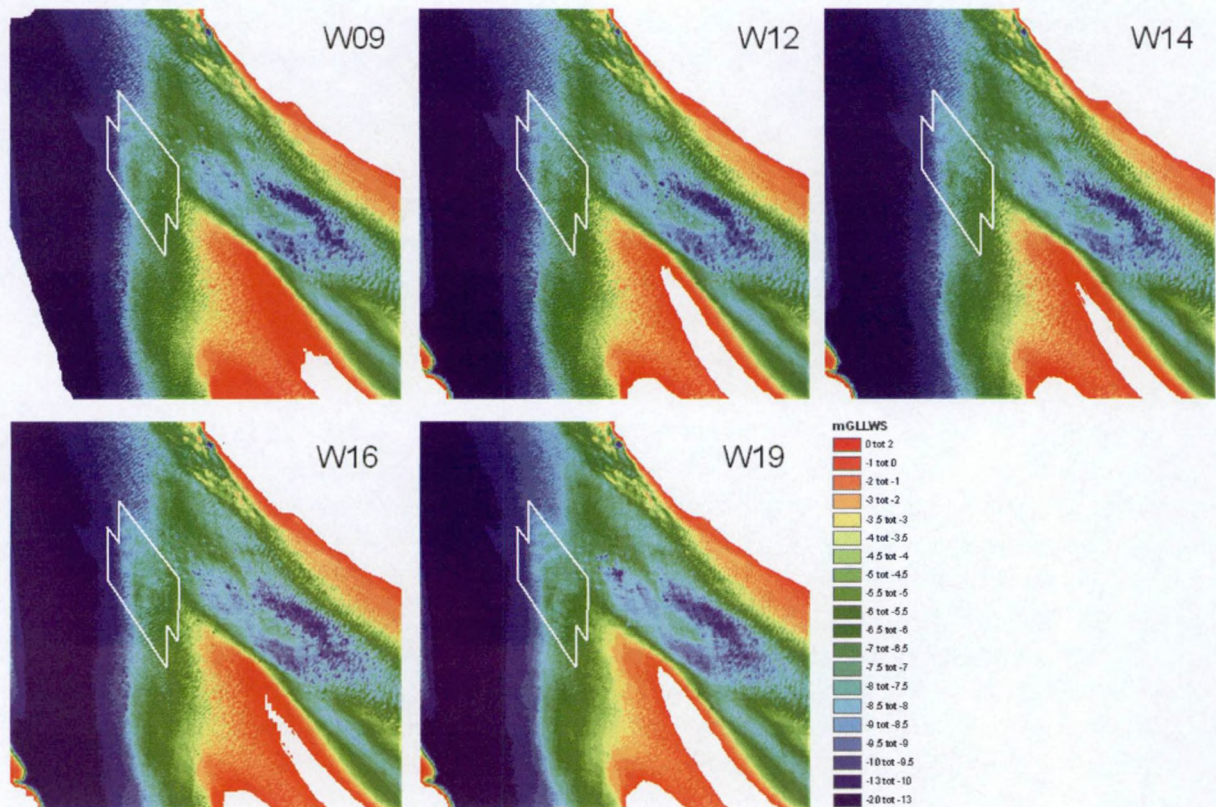
Figuur 8 – Multibeam opname tijdens fase A van de proefstorting
W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)

Daarnaast worden in figuur 9 de verschilpeilingen weergegeven voor de eerste maand, de tweede maand en tenslotte de volledige periode van de storting. Op deze figuren is te zien dat in de eerste maand de stortingen meer aan de zuidwestelijke zijde van het stortvak plaatsvonden, terwijl in de tweede maand het zwaartepunt van de storting zich meer naar het noordoosten verplaatst.



Figuur 9 – Vershilpeilingen tijdens fase A van de proefstorting

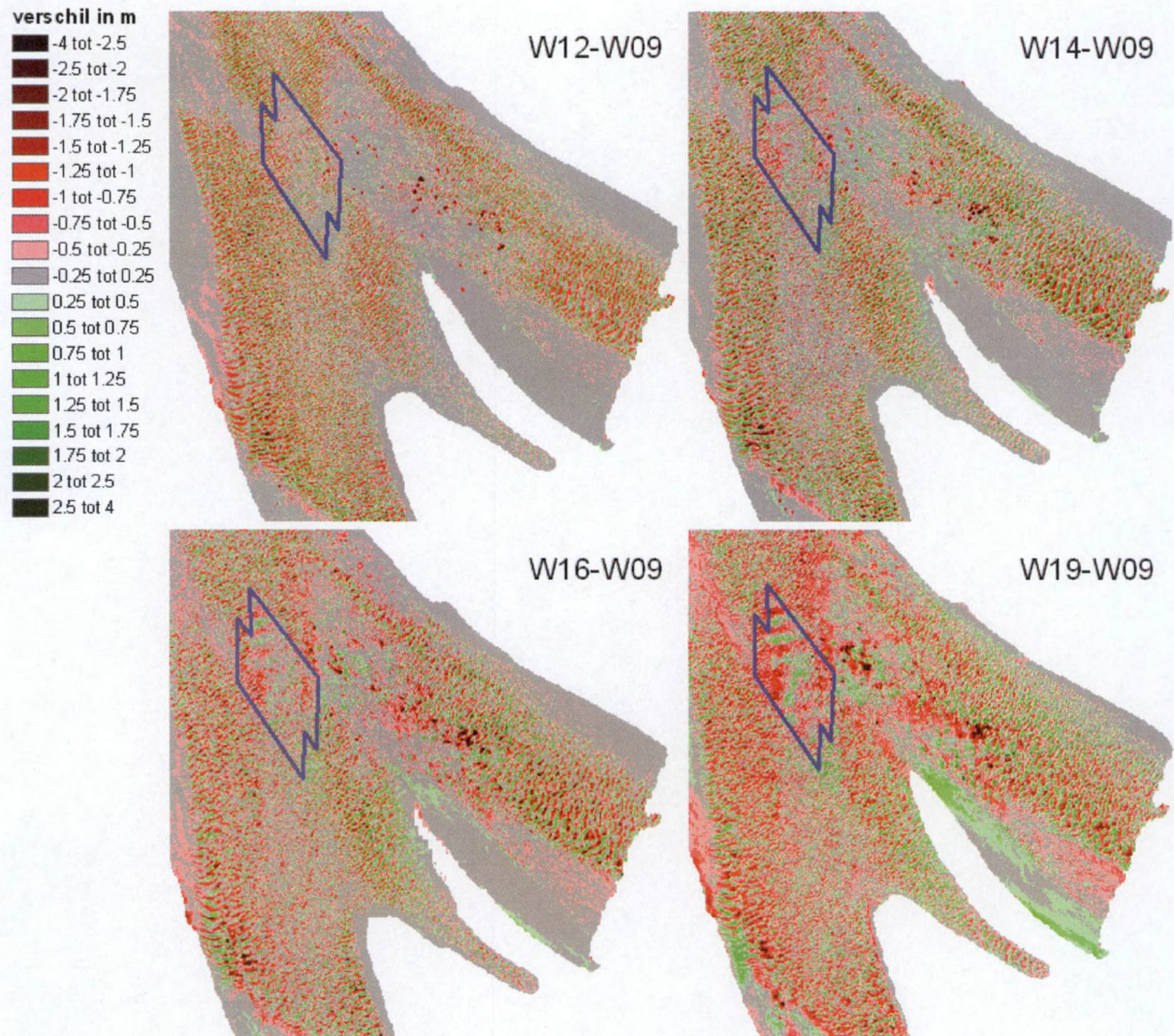
Aan de hand van de frequente multibeam opmetingen kon de morfologische evolutie van de 500.000 m³ baggerspecie die tijdens deze eerste fase gestort werd, gedetailleerd opgevolgd worden. Figuur 10 toont de evolutie van de gestorte specie met een tussenperiode van ongeveer 2 maanden. Op deze figuren is geen duidelijke trend zichtbaar. Dit lijkt te wijzen op een vrij grote stabiliteit van de gestorte baggerspecie.



Figuur 10 – Multibeam opname na fase A van de proefstorting
W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)

Uit de verschilpeilingen 1, 2, 3 en 5 maanden na fase A van de proefstorting (Figuur 11) blijkt echter wel een trend. De gestorte baggerspecie verplaatst zich in de richting van de plaat (afwisselend rode en groene NO-ZW georiënteerde stroken). Het transport van de specie is al vanaf de tweede maand zichtbaar en wordt meer uitgesproken in de tijd.

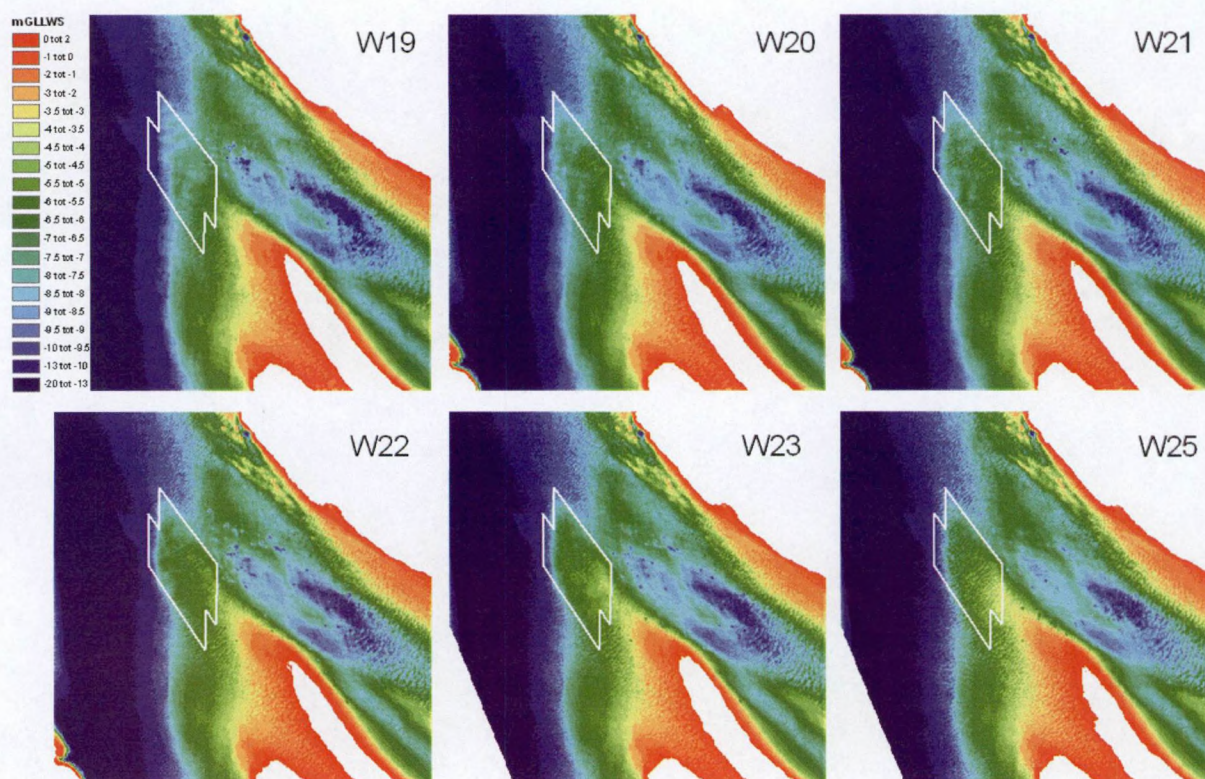
Aan de noordoostelijke rand van het stortvak is het effect van zandwinning te zien (rode putten op de figuur 11). Tegen de noordoostelijke flank van de noordelijke zandtong is eveneens een sedimentatiezone zichtbaar. Analyse van duinvoortplanting van 2000 tot en met 2005 wees uit dat het transport van bodemvormen langs de rand van de noordelijke zandtong ebgedomineerd is [9]. Ter hoogte van de proefstorting is de stroming vloedgedomineerd [10]. Dit houdt in dat ter hoogte van de noordelijke plaat van Walsoorden, waar de eb- en vloeddominante zones elkaar raken, een zone ontstaat zonder residueel transport, hetgeen logischerwijze resulteert in een sedimentatiezone. Het hier gesedimenteerde materiaal kan hier dus deels aangevoerd worden uit de stortzone, maar ook van de meer stroomopwaarts gelegen ebdominante zone. De noordelijke zijde van de plaat van Walsoorden ondergaat echter de laatste jaren belangrijke morfologische veranderingen, ten gevolge van morfologische ontwikkelingen ter hoogte van de aansluiting van de Schaar van Valkenisse op het Zuidergat. Deze morfologische ontwikkelingen planten zich voort naar de Schaar van Waarde en Valkenisse, waarbij er sprake is van het draaien van de noordelijke zandtong en een verandering van richting van de ebstroming. Dit resulteert in een zeer complexe en dynamische situatie in deze zone, wat uitspraken over de ontwikkelingen hier bemoeilijkt.



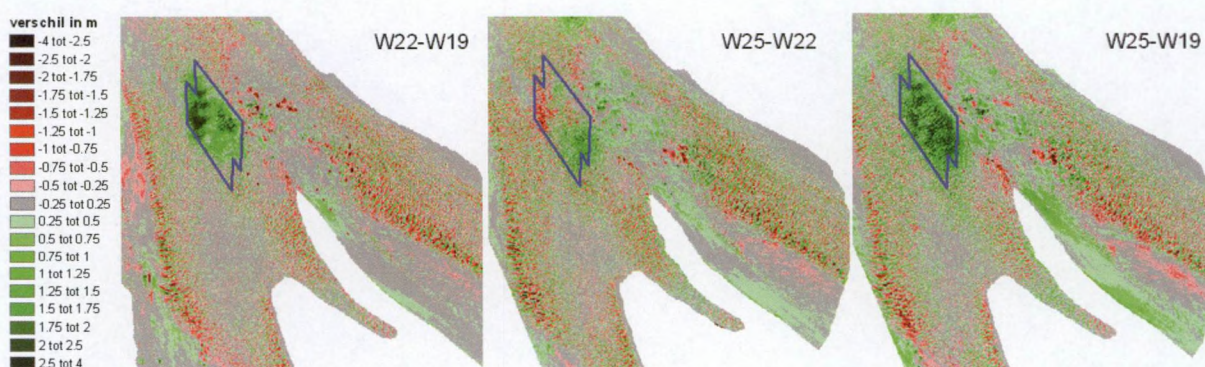
Figuur 11 –Verschilpeilingen na fase A van de proefstorting

b) Stortfase B (02/09/2006 tot en met 17/03/2007)

Het resultaat van de stortingen uitgevoerd in fase B wordt gevisualiseerd in Figuur 12. Dit zijn resultaten van multibeam echosounder metingen uitgevoerd tijdens met een tussenperiode van telkens ongeveer een maand. Bij deze fase werd ca. 900.000 m³ baggerspecie gestort. In figuur 13 worden de verschilpeilingen weergegeven van de eerste 4 maanden na het begin van stortfase B (W22-W19) en de 2 maanden die hierop volgen (W25-W22). De laatste verschilpeiling geeft de evolutie weer over de hele stortperiode. Hier is te zien dat de stortingen eerst aan de noordwestelijke, daarna vooral aan de zuidoostelijke zijde van het stortvak gebeurd zijn. Hierbij wordt het ontstane duinenpatroon uit de eerste stortfase praktisch volledig afgevlakt. Op de verschilpeiling van de laatste 2 maanden is er aan de westelijke zijde van het stortvak al erosie van de gestorte specie te zien.

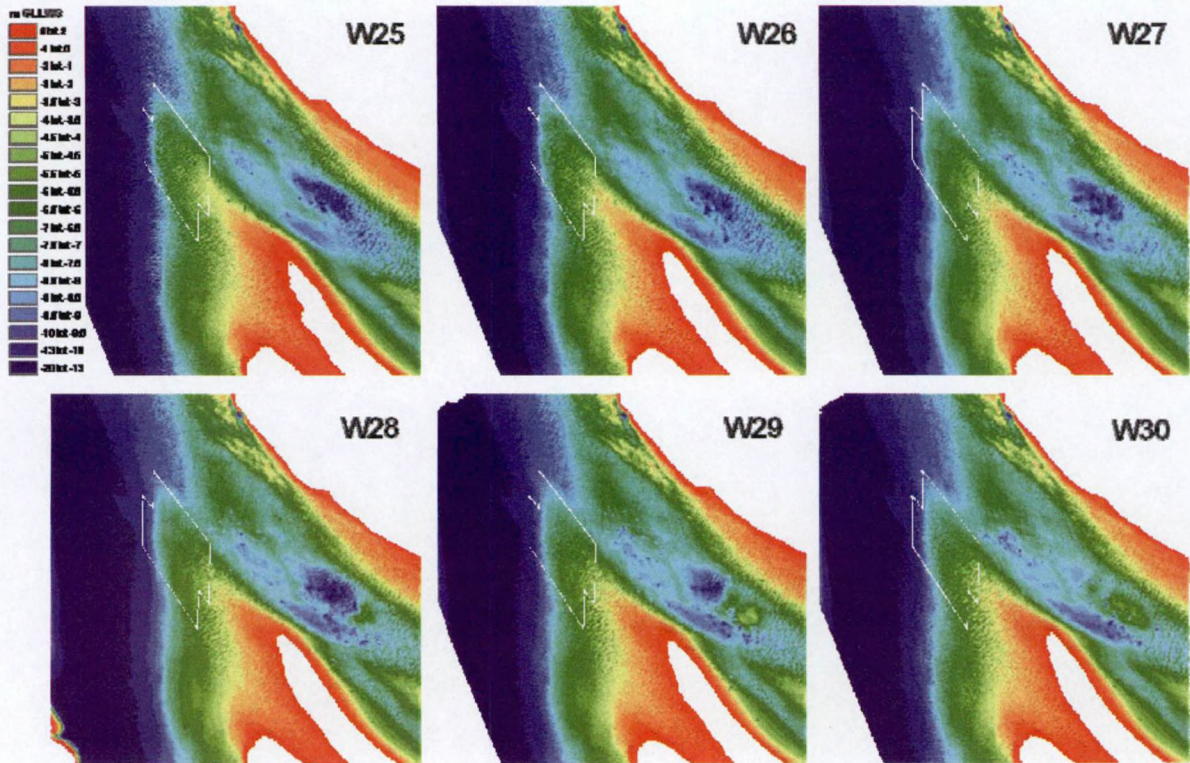


Figuur 12 – Multibeam opname tijdens fase B van de proefstorting
W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)



Figuur 13 – Verschilpeilingen tijdens fase B van de proefstorting

Figuur 14 toont de multibeam echosounder opnames na fase B van de proefstorting: deze figuren geven, net als bij de eerste stortfase geen duidelijke veranderingen weer. In bijlage B, waarop de dieptelijnen voor -4 m GLLWS en -2 m GLLWS worden weergegeven, is een onderscheid vast te stellen tussen de ontwikkelingen in het verlengde van de noordelijke zand tong en het gebied ten zuiden hiervan. In het verlengde van de noordelijke zand tong is een versteiling vast te stellen: de -4 m GLLWS lijn verplaatst zich richting plaat, terwijl de -2 m GLLWS lijn zich verplaatst van de plaat weg met een uitbreiding van het areaal boven -2 m GLLWS. In het gebied ten zuiden van de zand tong, verplaatsen beide dieptelijnen zich van de plaat weg, met een uitbreiding van het areaal boven -4 m GLLWS. Dit wijst op transport van het gestorte materiaal richting plaat, maar echt uitgesproken is deze trend niet.

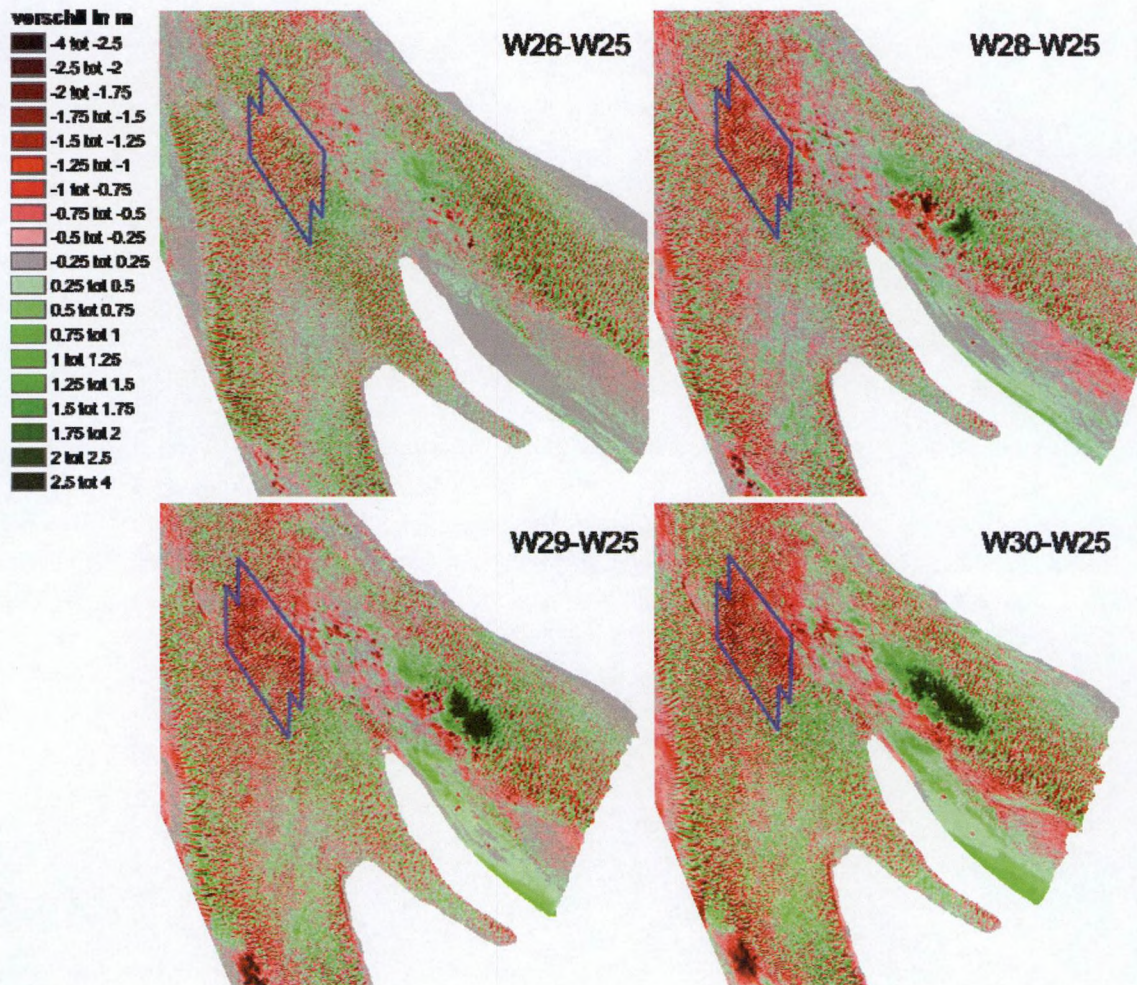


Figuur 14 –Multibeam opname na fase B van de proefstorting
W nummer verwijst naar tijdstip van opname (zie bijlage A)

Figuur 15, de verschilpeilingen 2, 6, 8 en 10 maanden na het beëindigen van de stortingen van fase B, geeft een duidelijker beeld: plaatwaarts van het stortvak (ter hoogte van het stortvak van 2004) is een sedimentatiezone zichtbaar die geleidelijk verder uitbreidt in de richting van de plaat van Walsoorden. Verder is net als na fase A van de proefstorting het effect van zandwinning langs de noordelijke rand van het stortvak, evenals sedimentatie aan de rand van de noordelijke zand tong van de plaat van Walsoorden zichtbaar.

Uit de verschilpeilingen na beide fasen van de proefstorting blijkt dat er telkens erosie optreedt langs de zeewaartse kant van de stortlocatie, terwijl het materiaal zich grotendeels lijkt af te zetten tussen het stortvak en de plaat, wat als een positieve trend beschouwd kan worden. In par. 5.2.5 wordt met een kwantitatieve analyse aan de hand van volumeberekeningen deze trend nauwkeuriger onderzocht.

Op deze verschilkaarten komen ook de stortingen uitgevoerd in de Schaar van Waarde in 2007 duidelijk tot uiting. Hierbij werd geconcentreerd gestort in een deelgebied van het stortvak Schaar van Waarde, dat voorgesteld werd binnen het kader van de proefstorting 2006 om deze zo min mogelijk te beïnvloeden.

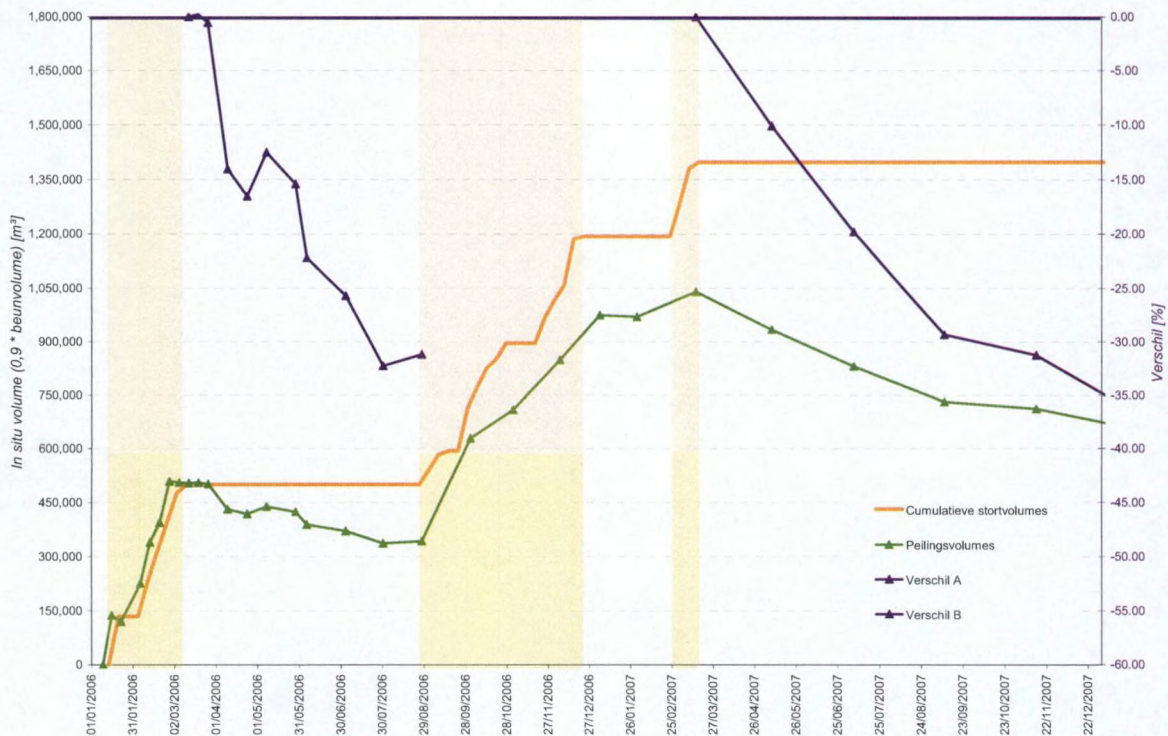


Figuur 15 – Verschilpeilingen na fase B van de proefstorting

5.2.2 Stabiliteit gestorte specie

Om de stabiliteit van de gestorte specie na te gaan, werd een controlepolygoon – omhullende van 100 meter rond het stortvak van de proefstorting – gedefinieerd waarbinnen de zandbalans bestudeerd wordt. Deze controlepolygoon is aangeduid in Figuur 4 (groene contour).

De resultaten van de volumeberekeningen zijn gegeven in Figuur 16. Op deze grafiek worden 3 lijnen getoond: de cumulatieve (in situ) storthoeveelheden (oranje), het zandvolume binnen de controlepolygoon ten opzichte van het initiële zandvolume (groen) en de procentuele volumeverandering binnen de controlepolygoon na uitvoering van de proefstortingen (blauw). Hierbij dient opgemerkt te worden dat de volumehoeveelheden worden uitgedrukt in “in situ m³”. De periodes van storten worden aangeduid met een gele achtergrond.



Figuur 16 – Volumeberekening op basis van multibeam echosounder peilingen

Uit deze grafiek volgt dat de hoeveelheid zand binnen de controlepolygoon de eerste maand na stortfase A vrij constant blijft. Vanaf begin april 2006 – 1 maand na beëindiging van stortfase A – is echter een afname zichtbaar, die tussen eind april en eind mei gevolgd wordt door een meer constante fase. Daarna neemt het zandvolume terug af, tot de start van stortfase B. Ongeveer een half jaar na de storting is ca. 30% van het gestorte volume uit de controlepolygoon verdwenen.

Bij de proefstorting van 2004 werd vlak na de storting ook niet dadelijk een afname van de zandhoeveelheid waargenomen, maar wel een lichte stijging. Dit fenomeen werd toegeschreven aan veranderingen van de lokale dynamiek: onder invloed van de lokaal gewijzigde hydrodynamica kon getransporteerd materiaal zich afzetten ter hoogte van de stortzone. Aangezien bij deze proefstorting echter gestort werd in een dieper gelegen zone, die een grotere morfo- en hydrodynamiek vertoont, is een dergelijke verstoring van de hydrodynamica door een eerder beperkte storting, minder waarschijnlijk. Bovendien lijkt het voorkomen van een tweede constante fase, niet gelinkt aan het storten van bijkomend materiaal, eerder te wijzen op een natuurlijke variatie in het zandtransport, met afwisselend erosieve en minder erosieve fases.

Stortfase B wordt onmiddellijk gevolgd door een afname van de zandvolumes binnen de controlepolygoon. Er valt hier geen afwisseling tussen dalende en meer stabiele fases op. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat de frequentie van opname na de fase B lager is dan bij de eerdere stortproeven. Hierdoor zullen de ontwikkelingen in de zandvolumes op de kortere termijn niet worden waargenomen. De afname zet zich verder tot eind 2007, maar lijkt na verloop van tijd minder snel te verlopen. Bijna 10 maanden na het einde van stortfase B is ongeveer 35% van de gestorte hoeveelheid uit de controlepolygoon verdwenen.

Een goede kwantitatieve vergelijking maken met de stortproef in 2004 is echter in dit geval moeilijk, aangezien bij de stortproef 2006 rekening gehouden moet worden met de twee afzonderlijke stortfases, waarbij binnen stortfase B ook nog een vrij lange periode niet gestort werd. Bij het begin van stortfase B is de erosie volgend op stortfase A nog volop gaande, wat betekent dat de natuurlijke dynamiek ter hoogte van de stortzone nog steeds verstoord is. Tijdens stortfase B gaat het transport van het materiaal, gestort in stortfase A nog steeds verder. Gelet op de langere duur van stortfase B, met enkele perioden waarin niet gestort werd, wordt reeds een deel van de gestorte specie getransporteerd tijdens de stortfase. Stort- en transportfase kunnen bij deze proefstorting dus niet afzonderlijk bekeken worden. Hoewel er ca. 900.000 m³ gestort werd, kan op het einde van stortfase B slechts een volumetoename van ongeveer ca. 700.000 m³ vastgesteld worden. Hierbij blijkt dus dat reeds van deel van de specie door de stroming getransporteerd is tijdens de stortfase.

Een vergelijking van de totale gestorte hoeveelheid tijdens de volledige stortproef (fase A + fase B, ca. 1.400.000 m³) en de volumetoename in de controlepolygoon tussen het begin van stortfase A en einde van stortfase B, leert dat slechts ca. 1.041.000 m³ van het gestorte volume aan het einde van de stortproef nog in binnen de polygoon aanwezig is. Tijdens de stortproef (stortfase A + stortfase B) zelf wordt dus al ca. 25 % van het gestorte materiaal buiten de controlepolygoon getransporteerd.

Tegen het einde van 2007 is nog slechts 50% of ca. 700.000 m³ aanwezig in de controlepolygoon. Verdere analyse van de peilingsgegevens van 2008 leert dat tegen september 2008 (anderhalf jaar na het eind van de stortproef) 60% van het gestorte materiaal verdwenen is.

Naast transport buiten de controlepolygoon, kan het verschil tussen gestorte specie en waargenomen volumetoename binnen de controlepolygoon mogelijk ook verklaard worden door een lagere stortefficiëntie. Bij de eerste stortproef in 2004, waarbij gebruikt gemaakt werd van een diffuser met een sproeikop, werd een efficiëntie bekomen van ca. 85% [9]. Op basis van stortingen in 2005 in de Schaar van Waarde werd een gemiddelde stortefficiëntie van ongeveer 69% berekend voor de traditionele kleptechniek [9].

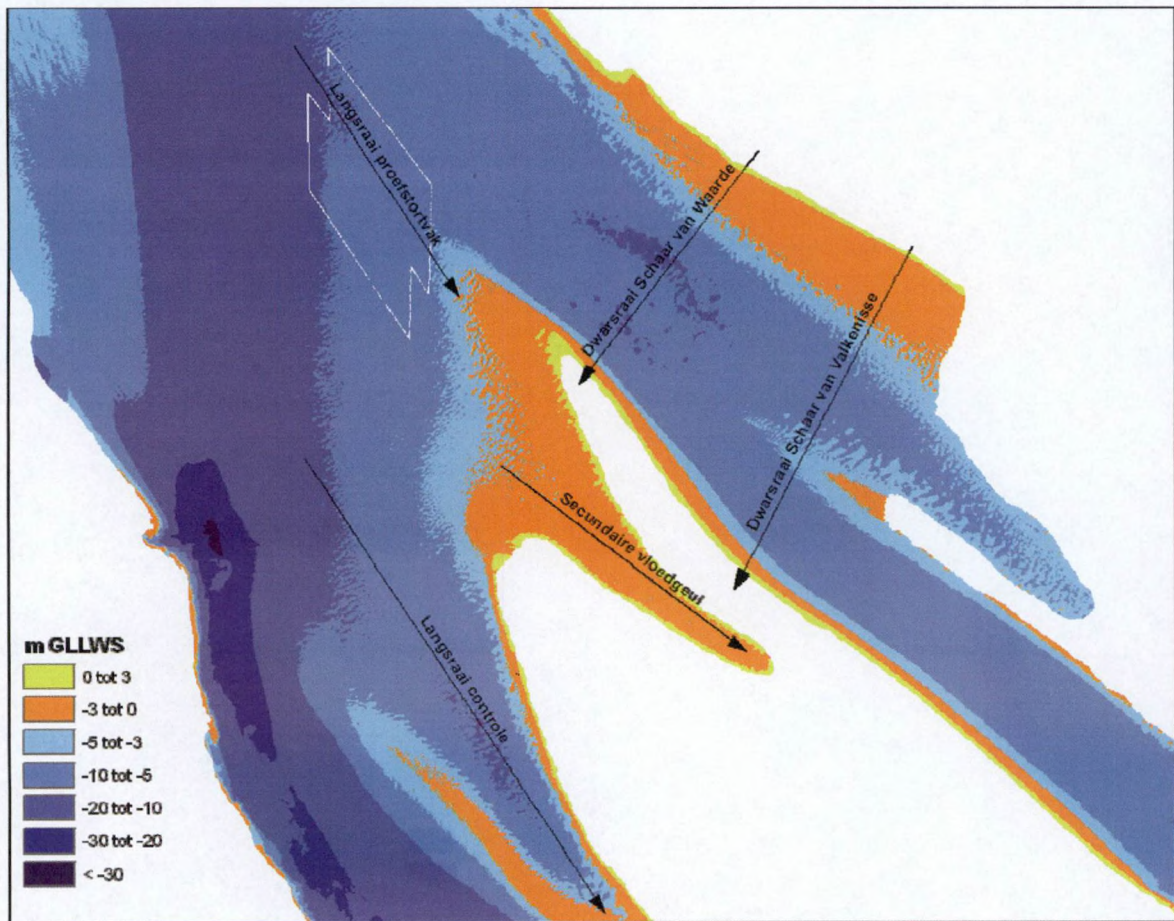
De stortefficiëntie werd ook voor de stortproeven in 2006 berekend. Gelet op de grotere spreiding in tijd, werden 2 periodes binnen de verschillende stortfasen geselecteerd voor het berekenen van de stortefficiëntie. Hierbij werd getracht een periode te kiezen waarbij multibeam metingen beschikbaar waren die kort aansloten bij de stortperiode en waarbinnen geen al te lange periodes zonder stortingen voorkwamen, om zoveel mogelijk invloeden van transport van materiaal uit te sluiten. Voor stortfase A werd gekozen voor de periode tussen W01 en W09, dus over de hele stortperiode. Hier bedroeg de stortefficiëntie 84%. Voor stortfase B werd gekozen voor de periode tussen W19 en W21, waarbinnen wel enkele korte periodes zonder storten voorkwamen. Hier bedroeg de stortefficiëntie 73%. Het is mogelijk dat deze lagere waarde in stortfase B veroorzaakt wordt door de periodes zonder storting, waarbinnen erosie kan optreden. Verder dient vermeld te worden dat bij de berekening van de stortefficiëntie geen correctie uitgevoerd werd om de verschillen tussen dichtheid van de baggerspecie in het beun en in situ te compenseren. Aangenomen wordt dat het in situ volume 90% bedraagt van het beunvolume, tengevolge van dichtheidsverschillen. Indien deze factor wel in rekening gebracht zou worden zouden hogere waarden voor stortefficiëntie bekomen worden.

Een deel van de vastgestelde afname in zandvolumes binnen de controlepolygoon kan ook te wijten zijn aan de zandwinnings aan de rand van het stortvak, die binnen de controlepolygoon voorkomen. Het gaat hier echter om vrij beperkte volumes.

De controlepolygoon werd gedefinieerd als een omhullende van het stortvak, met aan elke zijde een even grote afstand (100 m) tot het stortvak. Aangezien echter een transport van materiaal in de richting van de plaat beoogd wordt, kan een verdwijnen van stortspecie uit de controlepolygoon in de richting van de plaat niet als een negatief effect beschouwd worden. In de gedetailleerde analyse van de storting (zie par. 5.2.5) zullen de volumewijzigingen in de richting van de plaat en de invloed van de zandwinnings verder bekeken worden.

5.2.3 Ontwikkeling van bodemvormen

Via een langsraai (Figuur 17) doorheen de stortzone en in de secundaire vloedgeul (tussen de noordelijke landtong en de plaatpunt) wordt de ontwikkeling van bodemvormen op de storting en plaatafwaarts ervan bekeken. Er werd eveneens een controle langsraai gedefinieerd buiten de invloedszone van de proefstortingen.

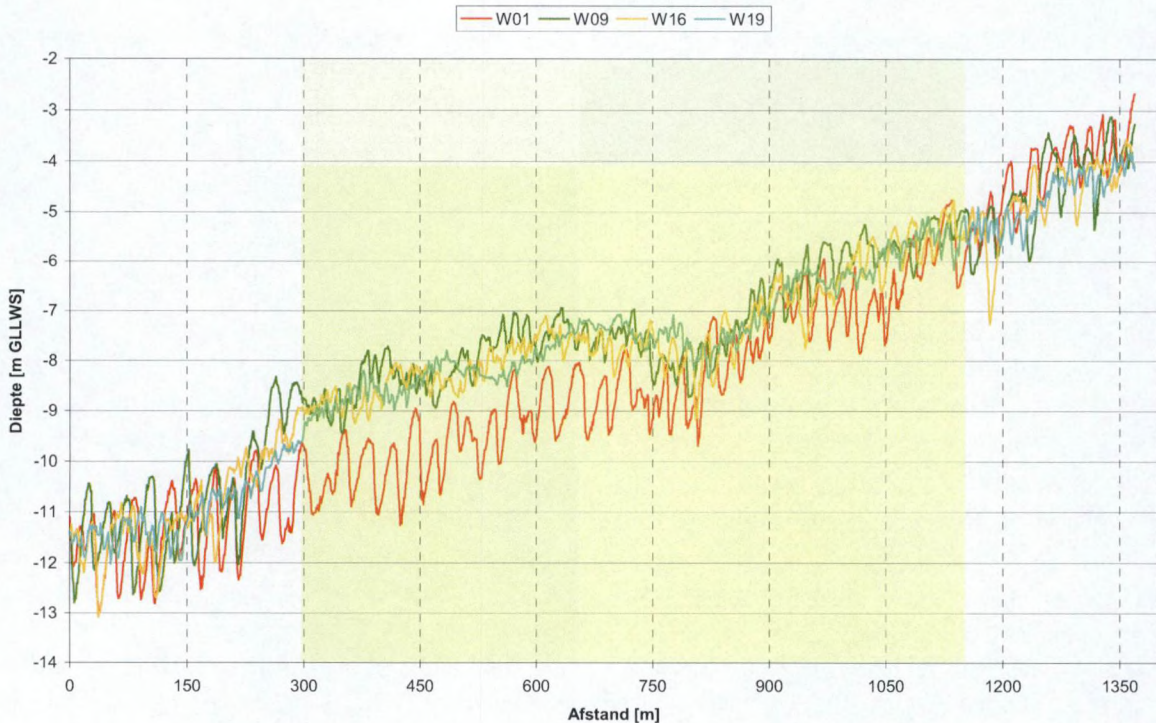


Figuur 17 – Ligging raaien

a) Stortfase A (14/01/2006 tot en met 11/03/2006)

Op Figuur 18 is een profiel van de langsraai door het stortvak bij stortfase A (afbeelding met grote distorsie) gevisualiseerd. De richting van het profiel valt samen met de richting van de stroming, bepaald door middel van fysieke en numerieke modellen. De positie van het stortvak in dit profiel wordt aangeduid met een gele rechthoek.

De rode lijn (W01) toont de situatie voor de proefstorting, waarbij individuele bodemvormen van gemiddeld 1,5 m hoog en 30 m lang zichtbaar zijn. Na het einde van de stortproef (W09 – groene lijn) is de storting in het zeewaartse deel van het stortvak duidelijk zichtbaar. De bodem is ongeveer met 1 à 1,5 m opgehoogd in dit gebied. Op de storting hebben zich reeds bodemvormen ontwikkeld van gemiddeld 0,5 m hoog en 15 m lang. In de daarop volgende maanden migreert het gestorte materiaal in plaatwaartse richting met een snelheid van ongeveer 25 m per maand. De individuele bodemvormen nemen in de tijd af in hoogte en evolueren een half jaar na de storting naar een gemiddelde hoogte van naar schatting 20 à 30 cm, en een gemiddelde lengte van 10 m. Normaal zou men het omgekeerde effect verwachten, namelijk dat na de storting de bodemvormen eerder afgevlakt zijn en zich nadien opnieuw ontwikkelen. Vermoedelijk is hier echter sprake van een seizoenaal effect, wat bevestigd wordt door Figuur 19, waar het profiel door de controle langsraai weergegeven wordt. Ook hier zijn de individuele bodemvormen voor W19, gemeten op 28/08/2006, dus in de zomer, veel kleiner dan de bodemvormen in de winter, bijvoorbeeld W01 (12/01/2006).



Figuur 18 – Evolutie profiel langsraai door de stortzone tijdens en na stortfase A

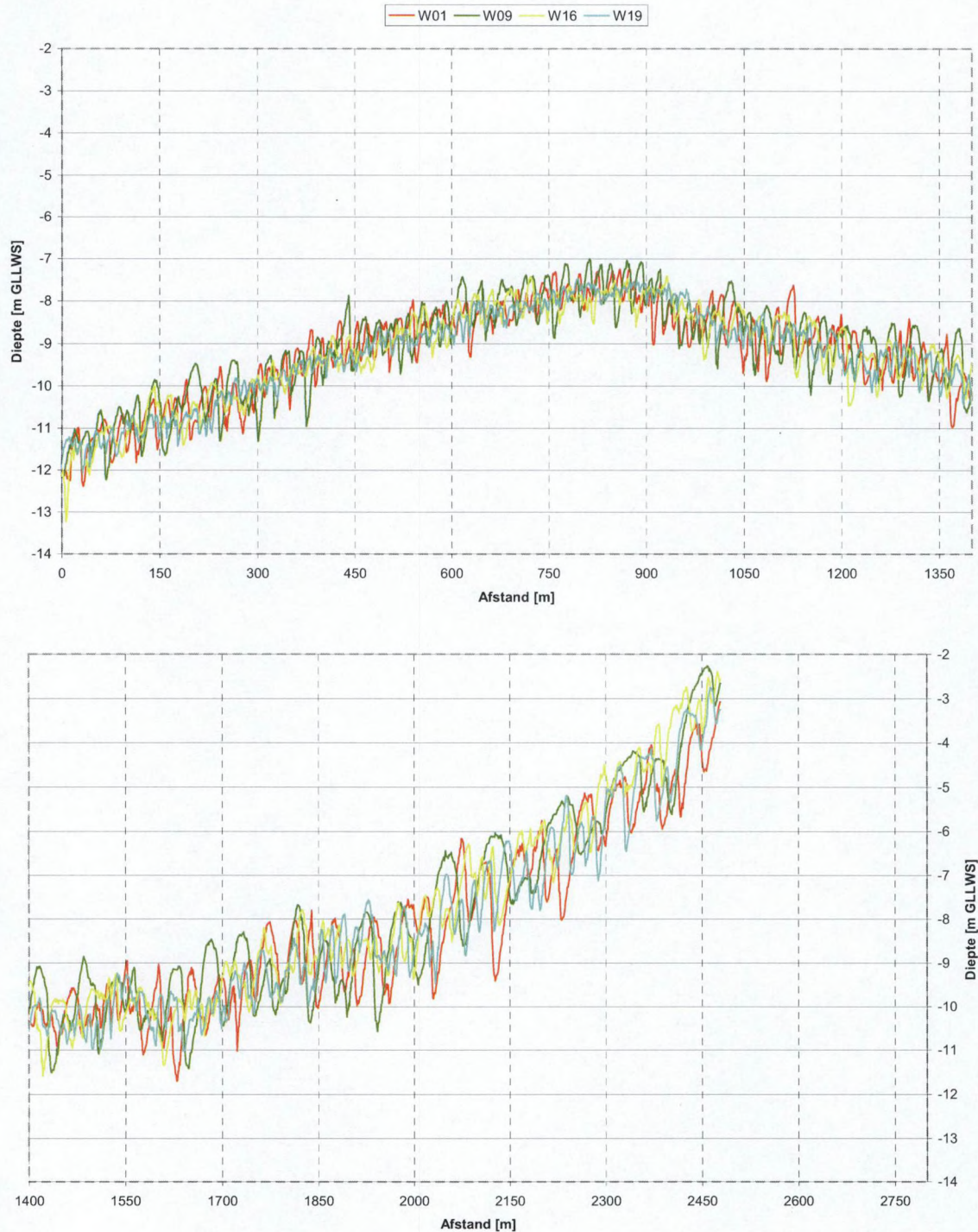
Een kwantitatief beeld van deze verkleining kunnen we bekomen aan de hand van een routine binnen Matlab, die in het kader van het project rond habitatmapping in ondiep water [10] werd geprogrammeerd.

Deze analyse werd toegepast op de situatie W01 en W19 voor zowel de langsraai door het stortvak als de controleraai, waarna de outliers (alles wat meer dan 75 % van de gemiddelde waarde afwijkt) verwijderd werden. Hieruit blijkt dat voor de langsraai door het stortvak, de gemiddelde lengte in de winter (W01) 24 m is, de gemiddelde hoogte is 1,3 m. In de zomer (W19) nemen deze waarden af naar resp. 12 m en 0,3 m, zoals hoger reeds ingeschat werd.

Dezelfde analyse voor de controleraai levert in de winter (W01) een gemiddelde lengte van 21 m en gemiddelde hoogte van 1 m op, ten opzichte van een lengte van 13 m en hoogte van 0,5 m.

Aan de hand van shaded view beelden van de stortzone voor (W01), tijdens (W04), vlak na (W09) en 5 maanden na (W19) de storting (zie Bijlage C) werden de morfologische ontwikkelingen binnen de stortzone verder onderzocht. Vóór de proefstorting is er een gelijkmatig patroon van ribbels zichtbaar binnen de zone. Na uitvoering van de eerste helft van de storting (W04) is een ophoging in het zuidwestelijke deel van het stortvak en het uitvlakken van de bodemvormen in deze zone zichtbaar. Vlak na de proefstorting (W09) zijn ook in het noordoosten van het stortvak resultaten van de stortingen te zien. Hierbij vallen twee dingen op: enerzijds het feit dat de storting in het noordoostelijk deel gebeurt is in 3 afzonderlijke 'storthopen', anderzijds de ontwikkeling van kleine ribbels op de stortingen (zowel in het noordoosten als het zuidwesten van het stortvak). W19 toont dat 5 maanden na de storting de storthopen nog steeds zichtbaar zijn, maar een stuk richting plaat gemigreerd zijn en zich dus gedragen als duinen die via migratie in de richting van de plaat bewegen. In het hele gebied zijn de bodemvormen verkleind tengevolge van seizoensale verschillen, de bodemvormen op de stortingen blijven echter kleiner dan in de omliggende zones.

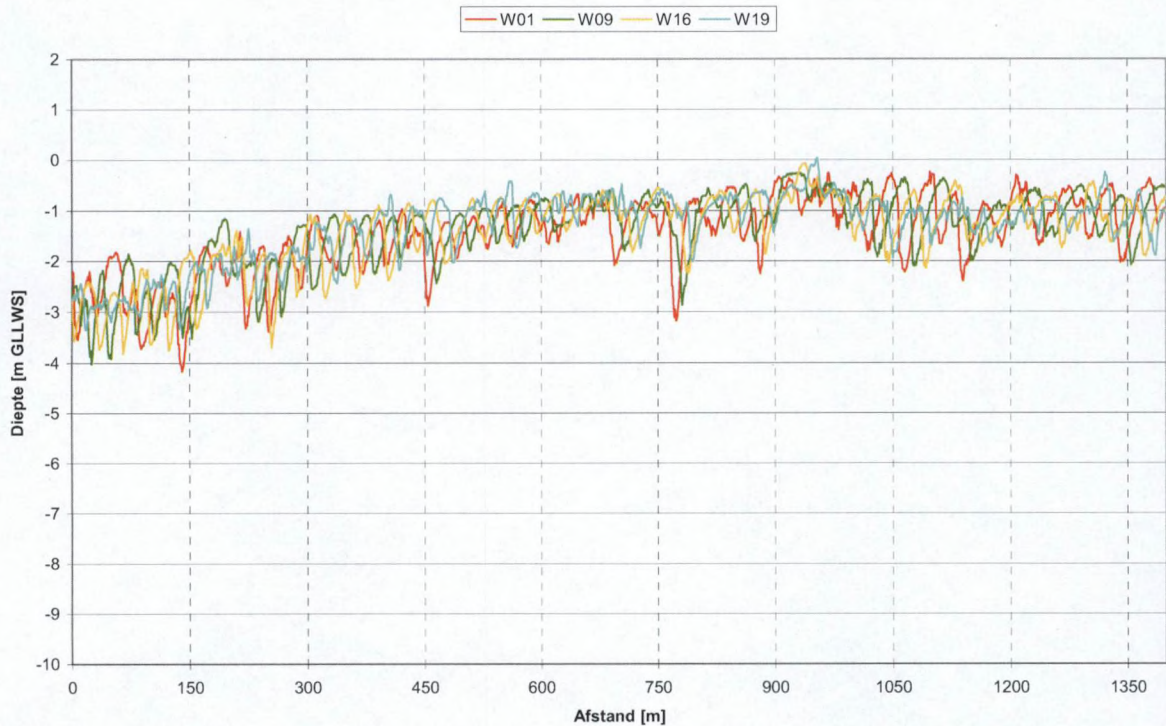
Een beter beeld van de storthopen is te zien op de figuren in bijlage D, waar profielen voor W01, W09 en W19 samen met hun floating average (cf. hoger genoemde matlab routine) afgebeeld zijn, telkens voor een raai in de noordelijke en de zuidelijke helft van het proefstortvak (ligging raaien is in rood aangeduid in figuur D1). Aangezien het floating average gebruikt wordt voor 'detrending', dus om onderliggende topografie en grootschalige bodemvormen te scheiden van de individuele, kleinere bodemvormen, geeft het floating average een goed beeld van de onderliggende topografie.



Figuur 19 – Evolutie profiel langsraai door de controlezone tijdens en na stortfase A;
 boven: noordwestelijk deel van de raai, onder: zuidoostelijk deel van de raai

We merken hier bij W01 (figuur D1) zowel voor het noordelijke als voor het zuidelijke profiel een stijgend verloop. Na de storting, bij de profielen van W09 (figuur D2), is er wel een duidelijk onderscheid tussen het profiel in het noorden ten opzichte van het profiel in het zuiden. In het noorden zijn de stortingen geconcentreerd verder van de plaat (tussen 200 en 800 m), terwijl bij de zuidelijke raai dit dichterbij de plaat is (tussen 300 en 1100 m). De stortingen migreren langzaam in de richting van de plaat: ten opzichte van de toestand W09 zijn ze een 100-tal meter plaatwaarts gemigreerd in W19. De verkleining van de secundaire bodemvormen t.o.v. de winterconditie is in beide profielen zichtbaar.

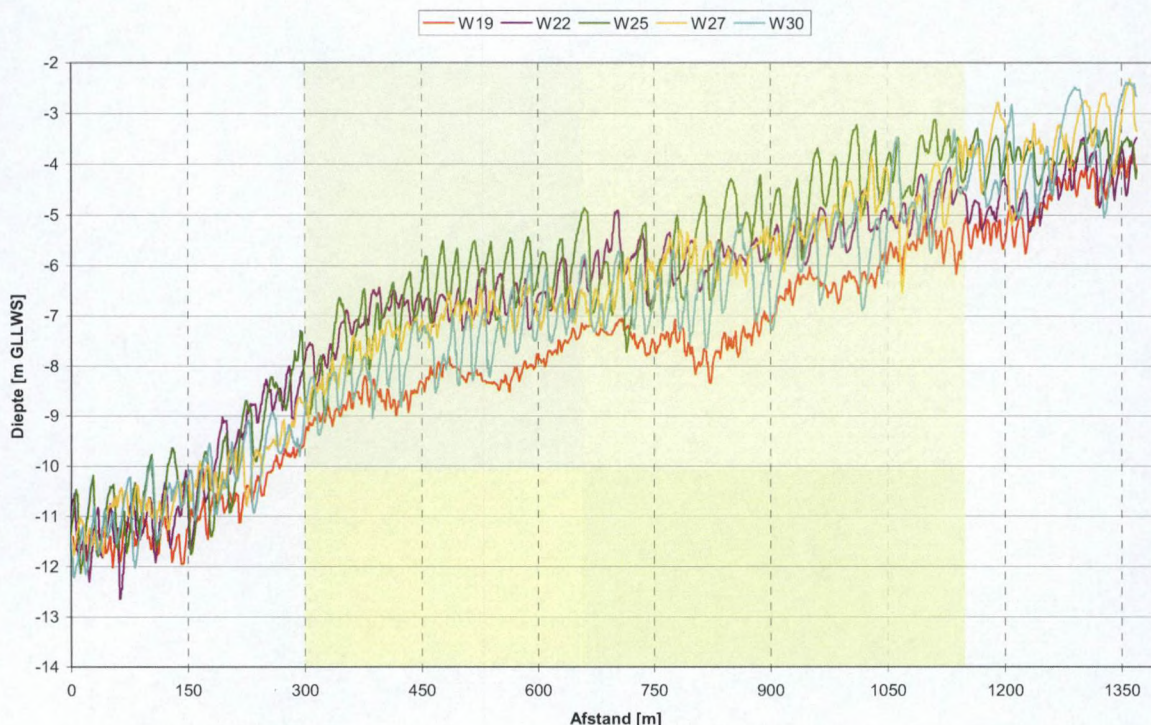
Figuur 20 geeft de evolutie van de langsraai door de secundaire vloedgeul, tussen de punt van de plaat en de noordelijke landtong. Er is hier geen ophoging zichtbaar, wat er op duidt dat de baggerspecie die geërodeerd is uit de stortzone (nog) niet tot in de secundaire vloedgeul verplaatst is.



Figuur 20 – Evolutie profiel langsraai door de secundaire vloedgeul tijdens en na stortfase A

b) Stortfase B (02/09/2006 tot en met 17/03/2007)

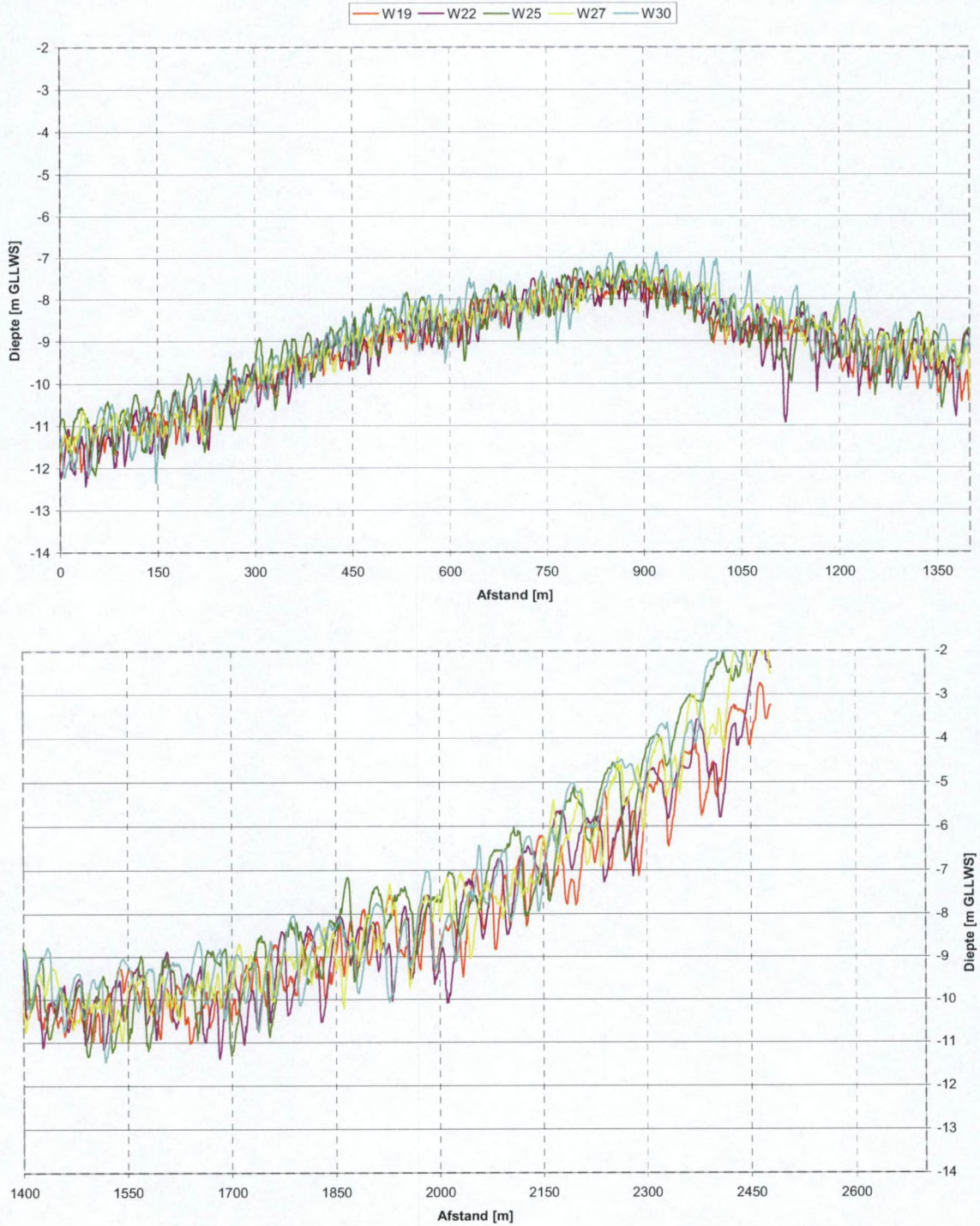
Bij stortfase B is in de stortzone hetzelfde effect zichtbaar als bij stortfase A (zie Figuur 21): de profielen van W19 (28/08/2006) en W27 (07/07/2007) vertonen kleinere bodemvormen dan die van W25 (15/03/2007) en W30 (07/01/2008), zowel binnen het proefstortvak als bij de controleraai. Uitzondering is de curve van januari 2007, W22: hier zijn de bodemvormen vrij vlak in het stortvak, hoewel deze meting toch in de winter gebeurde. Bij de controleraai (zie Figuur 22) zijn enkel W19 en W27 afgevlakt. W22 werd echter tijdens de proefstorting opgemeten (de tweede stortfase liep van W19 tot W25). Hier speelt dus wel een afvlakking tengevolge van het storten een rol.



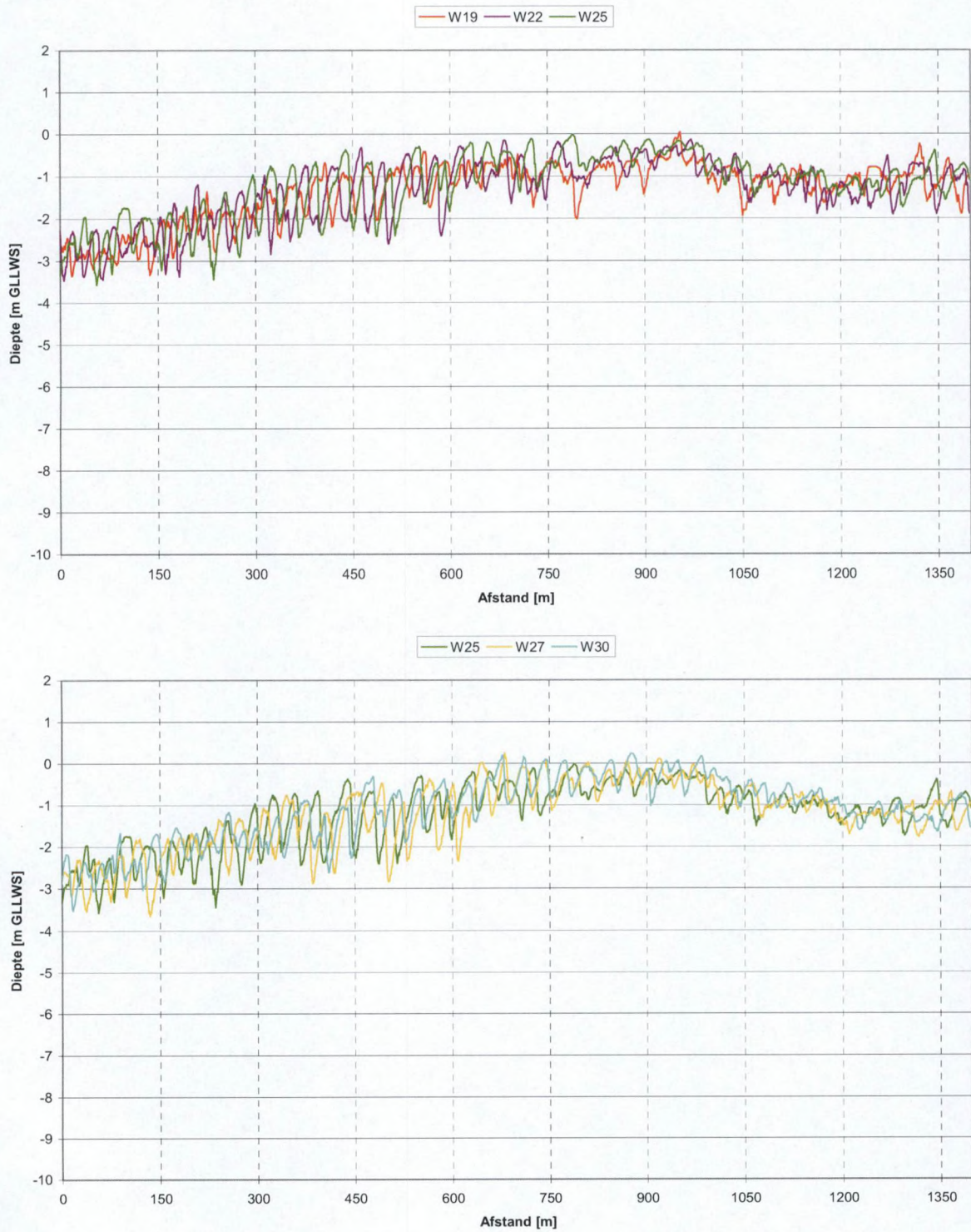
Figuur 21 – Evolutie profiel langsraai door de stortzone tijdens en na stortfase B

Figuur 23 toont de evolutie van de langsraai door de secundaire vloedgeul tijdens en na stortfase B. Net als bij stortfase A is hier geen trend zichtbaar, ook seizoenale verschillen kunnen niet onderscheiden worden.

Zowel na stortfase A als na stortfase B herstelt de natuurlijke dynamiek van het systeem zich snel na het storten, in tegenstelling tot wat na de proefstorting van 2004 werd waargenomen. Hier duurde het enkele maanden voor de bodemvormen zich terug ontwikkeld hadden. Dit is vermoedelijk een gevolg van het verschil in storttechniek. Bij het kleppen is de laagdikte waarin de baggerspecie wordt afgezet kleiner dan bij een diffuser. Bovendien moet bij kleppen op grotere diepte gestort worden, wat tot gevolg heeft dat de dynamiek in de stortzone groter is. Vooral deze laatste factor zal het herstel van bodemvormen na de storting positief beïnvloeden. Mogelijk heeft ook de periode van storting invloed op de snelheid van herstel, aangezien er een duidelijk verschil is in dynamiek van het systeem tussen zomer en winter.



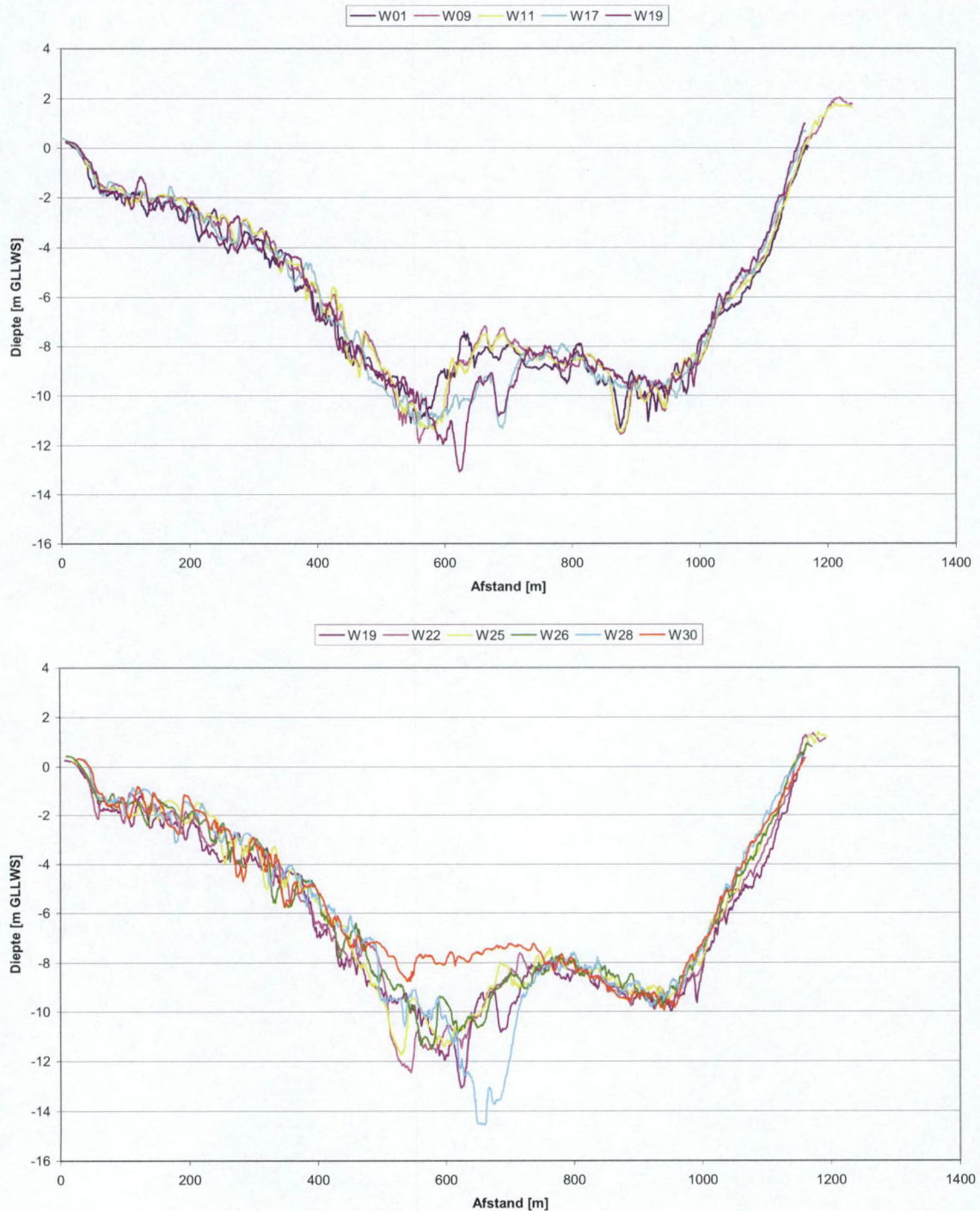
Figuur 22 – Evolutie profiel langsraai door de controlezone tijdens en na stortfase A



Figuur 23 - Evolutie profiel langsraai door de secundaire vloedgeul tijdens en vlak na stortfase B (boven) en na stortfase B (onder)

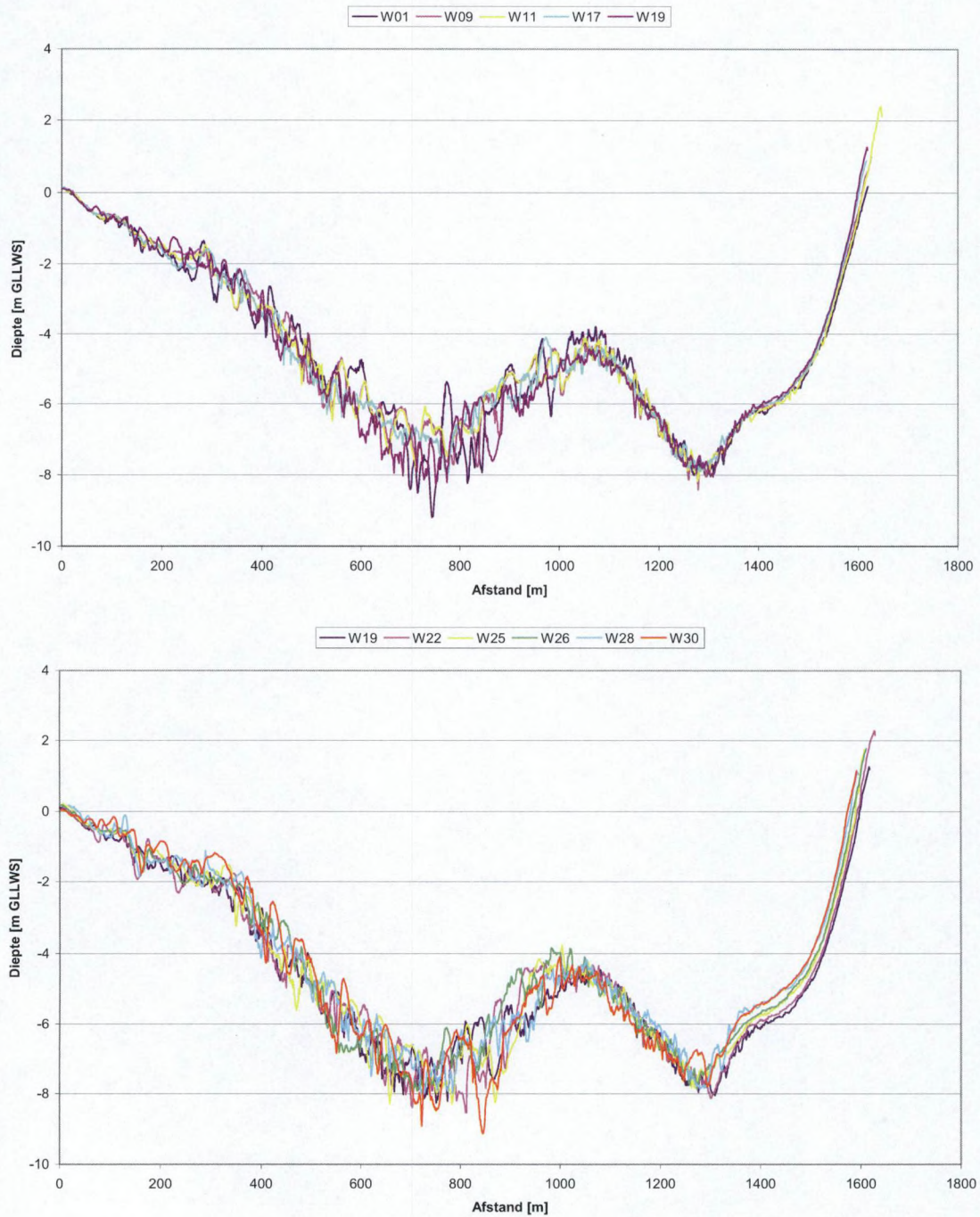
5.2.4 Morfologische evolutie Schaar van Waarde / Valkenisse

Een te groot transport van het gestorte materiaal naar de Schaar van Waarde en/of Schaar van Valkenisse zou aanleiding kunnen geven tot de verzanding van deze vloedschaar en wordt bijgevolg als nadelig beschouwd. Om de invloed van de proefstorting op deze locatie te bestuderen, werd de evolutie van het profiel van 2 dwarsraaien (dwarsraai 1: Schaar van Waarde, dwarsraai 2: Schaar van Valkenisse, ligging zie figuur 17) opgevolgd. Op Figuur 24 wordt het profiel van dwarsraai 1 grafisch voorgesteld voor de twee fasen van de proefstorting.



Figuur 24 – Evolutie noord-zuidprofiel Schaar van Waarde bij stortfase A (boven) en stortfase B (onder)

Tussen stortfase A en B is een verdieping van dwarsraai 1 zichtbaar, veroorzaakt door onder andere de zandwinningen, wat af te leiden is uit de steil oplopende putten die in het profiel kunnen waargenomen worden. Ook na proefstortfase B kunnen dergelijke putten in het profiel onderscheiden worden, wat bijzonder goed zichtbaar is bij W28. Waarschijnlijk gebeurde deze opmeting zeer kort na de zandextractie. Bij W30 wordt de geul in het profiel volledig opgevuld, tengevolge van de gerichte stortingen in het stortvak Schaar van Waarde die ook duidelijk zichtbaar zijn op Figuur 15.



Figuur 25 – Evolutie noord-zuidprofiel Schaar van Valkenisse bij stortfase A (boven) en stortfase B (onder)

Figuur 25 toont geen duidelijke wijzigingen wat het profiel betreft, met uitzondering van de zuidzijde, tegen de plaat van Walsoorden, waar duidelijk sedimentatie optreedt, wat ook al af te leiden was uit de multibeam echo sonder metingen.

Tabel 2 – Evolutie profiel dwarsraai 1

Multibeam opname	Opp. onder 0m GLLWS	Vershil t.o.v. W01
W01	7337,8 m ²	0,0 %
W09	7160,2 m ²	-2,4 %
W11	7129,8 m ²	-2,8 %
W17	7328,2 m ²	-0,1 %
W19	7332,8 m ²	-0,1 %

Multibeam opname	Opp. onder 0m GLLWS	Vershil t.o.v. W19
W19	7332,8 m ²	0,0 %
W22	7128,3 m ²	-2,8 %
W25	6850,0 m ²	-6,6 %
W26	6815,0 m ²	-7,1 %
W28	6963,9 m ²	-5,0 %
W30	6283,9 m ²	-14,3 %

In tabel 2 en 3 wordt de berekende oppervlakteverandering (onder 0 m GLLWS Walsoorden) van de beide natte dwarssecties gegeven. Hieruit blijkt dat de oppervlakte onder de laagwaterlijn in beide dwarsprofielen zeer gering afneemt, met uitzondering van een kleine toename in dwarsraai 2 vlak voor de tweede fase van de proefstorting. Bij W30 zien we een grote afname in dwarsraai 1, te wijten aan de bovengenoemde storting.

De multibeam echo sonder opmetingen tonen aan dat het een vrij dynamisch gebied betreft. De morfologische ontwikkeling in dit gebied, de voortplanting van de duinen, de zandwinning en de gerichte stortingen zorgen ervoor dat de sectie niet constant is, maar voortdurend wijzigt. Uit metingen volgt dat het debiet dat door de Schaar van Valkenisse stroomt de laatste jaren geleidelijk toenam, dit ten koste van het debiet door het Zuidergat [13]. Bij de opvolging van de proefstorting in 2004, werd een uitdiepende trend van de sectie vastgesteld, die toegeschreven werd aan de evolutie van de vloedgeul Schaar van Valkenisse, die in 1990 door de platen van Valkenisse stak en zich de afgelopen 15 jaar verder ontwikkelde.

Tabel 3 – Evolutie profiel dwarsraai 2

Multibeam opname	Opp. onder 0m GLLWS	Vershil t.o.v. W01
W01	7402,7 m ²	0,0 %
W09	7337,7 m ²	-0,9 %
W11	7322,0 m ²	-1,1 %
W17	7373,4 m ²	-0,4 %
W19	7509,2 m ²	+1,4 %

Multibeam opname	Opp. onder 0m GLLWS	Vershil t.o.v. W19
W19	7509,2 m ²	0,0 %
W22	7373,9 m ²	-1,8 %
W25	7218,7 m ²	-3,9 %
W26	7122,2 m ²	-5,2 %
W28	7050,5 m ²	-6,1 %
W30	7129,2 m ²	-5,1 %

Nu echter wordt een geleidelijke afname van de sectie waargenomen. Er dient nagegaan te worden of deze afname ook in de debietmetingen wordt waargenomen. Naast de proefstortingen werd ook buiten het proefstortvak, in het stortvak van de Schaar van Waarde, gestort. Deze stortspecie wordt eveneens getransporteerd richting Schaar van Valkenisse. Daarnaast is mogelijk ook een deel van de specie van de stortproef uit het controlevak getransporteerd. Aangezien echter een groot deel van het transport vanuit de stortzone richting plaat van Walsoorden gebeurt, en transport richting Zuidergat eveneens mogelijk is, zal de hoeveelheid aangevoerde specie uit de stortzone klein zijn in verhouding tot de aangevoerde specie uit het stortvak van de Schaar van Waarde. Daarnaast kunnen ook natuurlijke morfologische ontwikkelingen aan de basis liggen van de waargenomen verkleining van de dwarssectie.

Niettemin blijkt uit deze cijfers dat een echte verzanding van de Schaar van Valkenisse tengevolge van de proefstorting uitgebleven is: twee weken na elk van de proefstortfases (bij W11 en W22) is de afname bij beide dwarsraaien immers kleiner dan 15%, zodat ook aan het tweede morfologisch criterium voldaan is.

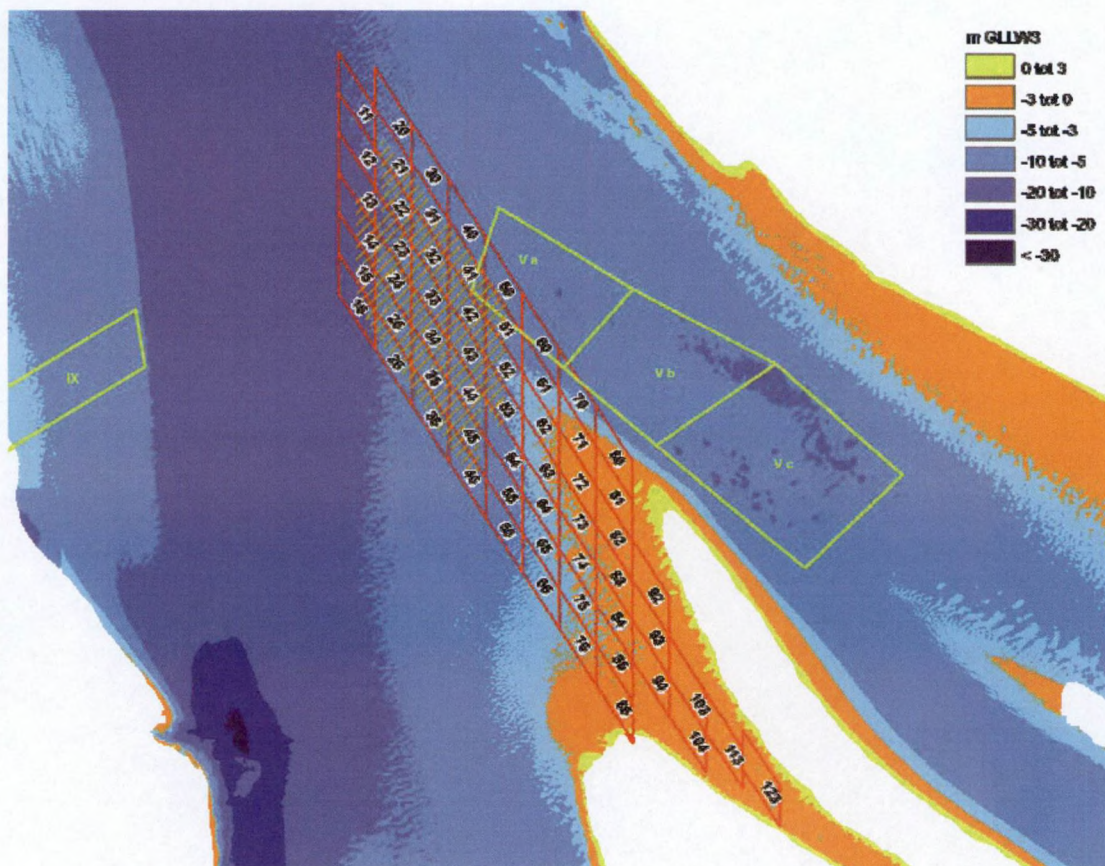
5.2.5 Morfologische analyse op basis van volumeverandering

Om het transport van het gestorte materiaal te bepalen, wordt het stortgebied (samen met het omliggende invloedsgebied) ingedeeld in vakken van een rekenrooster. Om de interpretatie van de volumeberekeningen van dit rooster te vergemakkelijken, is het belangrijk dat het rooster wordt georiënteerd volgens de richting van het sedimenttransport. Op die manier zal de uitwisseling van sediment tussen roostercellen gereduceerd worden tot een ééndimensionaal fenomeen (enkel uitwisseling tussen de roostercellen volgens de langsrichting, niet volgens de dwarsrichting). Dit is een belangrijke hypothese waarop de morfologische analyse (door middel van zandbalansen) zal steunen.

5.2.5.1 Oriëntatie rekenrooster

Als oriëntatie voor het rooster werd een richting gekozen die samenvalt met de richting van de stroming – bepaald door middel van fysische en numerieke modellen [5] – in het gebied. Deze is tevens evenwijdig met enerzijds de zuidoostelijke en anderzijds de oostelijke randen van het stortvak (zie Figuur 26). Het interessegebied werd opgedeeld in cellen met een lengte van 250 m en een breedte van 150 m. Op deze manier ontstaan cellen die aansluiten bij de gehanteerde stortvakken tijdens de uitvoering van de proefstorting. Bij de analyse kan zo gemakkelijk een onderscheid gemaakt worden tussen cellen die binnen en buiten de stortzone liggen.

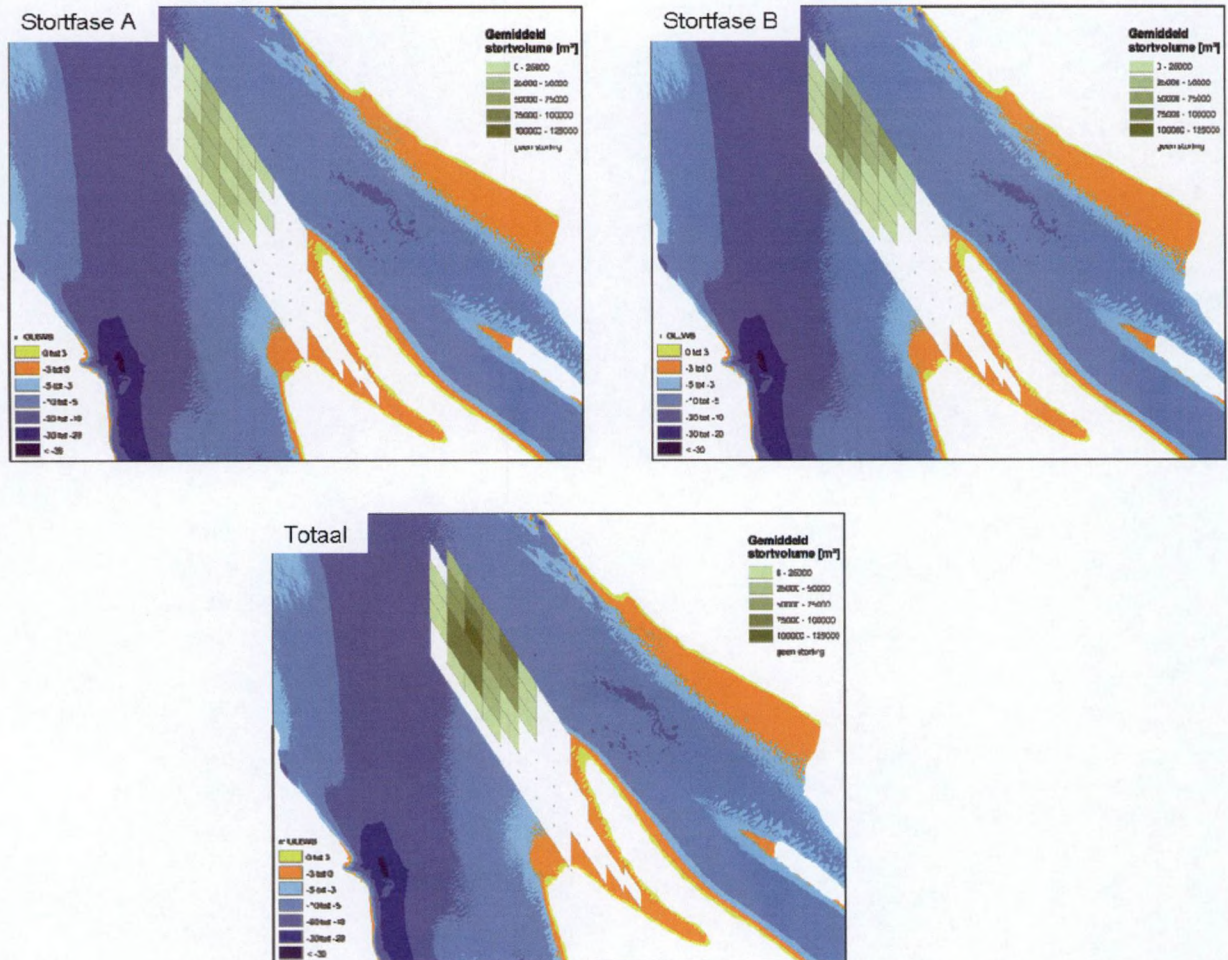
In het rooster werd gewerkt met 12 rijen (van noordwest naar zuidoost, volgens de stroming) en 6 kolommen (van noord naar zuid, dwars op de stroming). Er werd in de richting van de plaat van Walsoorden en in de secundaire vloedgeul een bredere invloedzone afgebakend rond de stortzone, omdat sedimenttransport in deze richting het meest waarschijnlijk is.



Figuur 26 – Rekenvakken zone stortproef 2006, rekenvakken: rood, zandwinvakken: geel, stortzone: oranje gearceerd

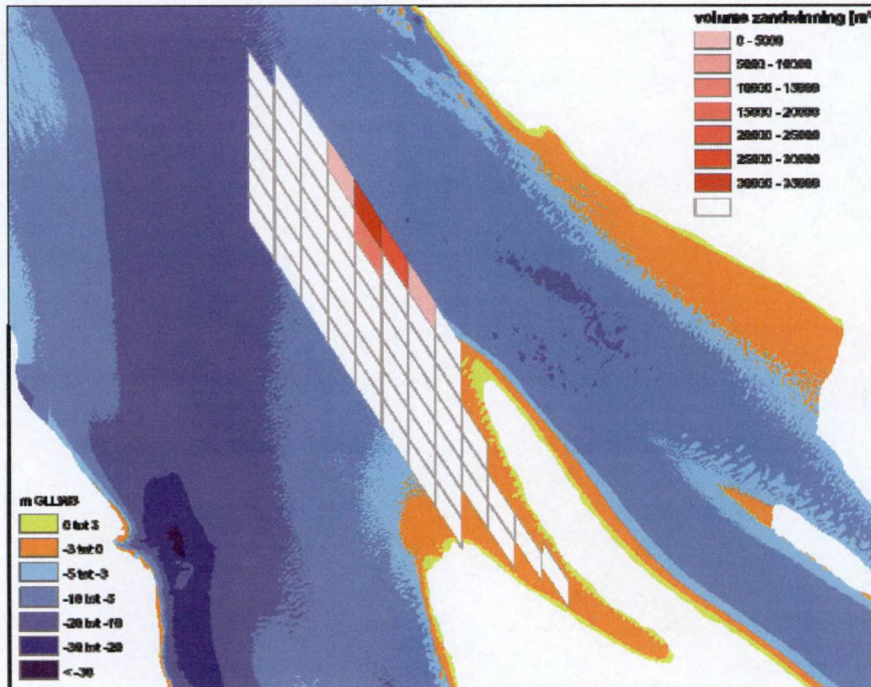
5.2.5.2 Ruimtelijke verdeling ingrepen

Van 14 januari 2006 tot en met 11 maart 2006 werd in totaal 499.467 m³ (in situ volume) baggerspecie gestort ter hoogte van de zeewaartse tip van de plaat van Walsoorden. Van 2 september 2006 tot en met 17 maart 2007 werd nog eens 898.392 m³ (in situ volume) gestort. Figuur 27 toont de ruimtelijke verdeling van de storthoeveelheden over het rekenrooster voor de twee stortfases afzonderlijk (bovenste figuren) en in totaal (onderste figuur). Hieruit blijkt dat verspreid in het stortvak gestort werd, maar dat er toch een voorkeur was voor het noordwestelijke deel van het stortvak. Dit is toe te schrijven aan de grotere diepte die eenvoudiger toelaat daar te storten en tevens toelaat grotere hoeveelheden te storten.



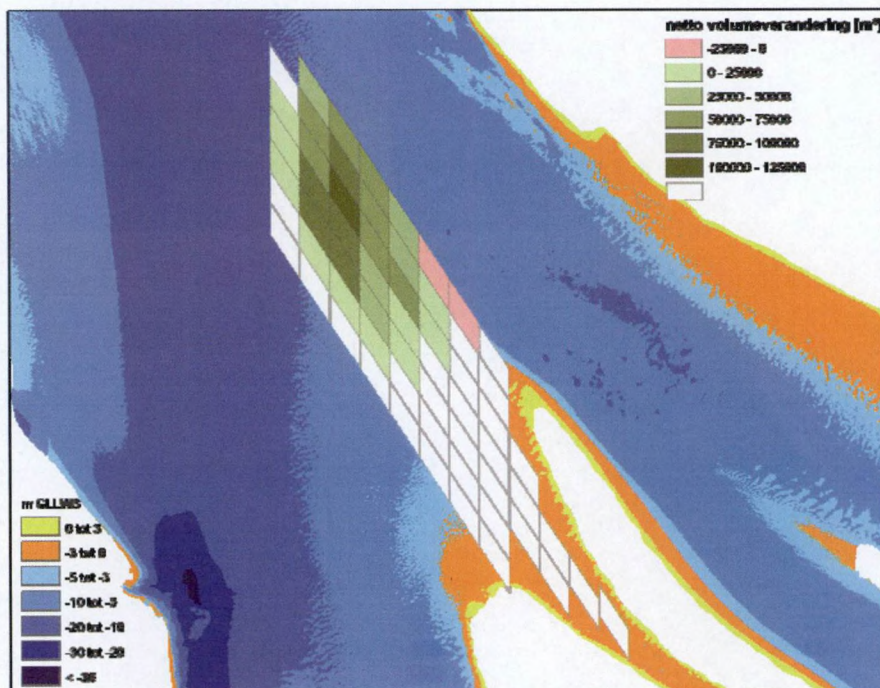
Figuur 27 – Gestorte volumes (beun m³) per stortfase (boven) en in totaal (onder)

In de stortzone “Schaar van Waarde” wordt, naast de reguliere stortingen van onderhoudsbaggerwerken (in 2005 en 2007) eveneens zand uit het estuarium onttrokken door middel van zandwinning. Binnen de stortzone “Schaar van Waarde” zijn 3 zandwinvakken gesitueerd zoals bepaald in de zandwinvergunning voor het Schelde-estuarium (zie Figuur 26). Een deel van zandwinvak Va overlapt met het proefstortvak 2006. De rekenvakken, die een bredere invloedszone rondom het proefstortvak bedekken, overlappen nog meer met zandwinvak Va. Om de invloed van zandwinning binnen de rekenvakken te kwantificeren, werden de zandwinhoeveelheden uniform verdeeld over de betreffende zandwinvakken en naargelang de grootte van de overlappende oppervlakte, toegekend aan de rekenvakken.



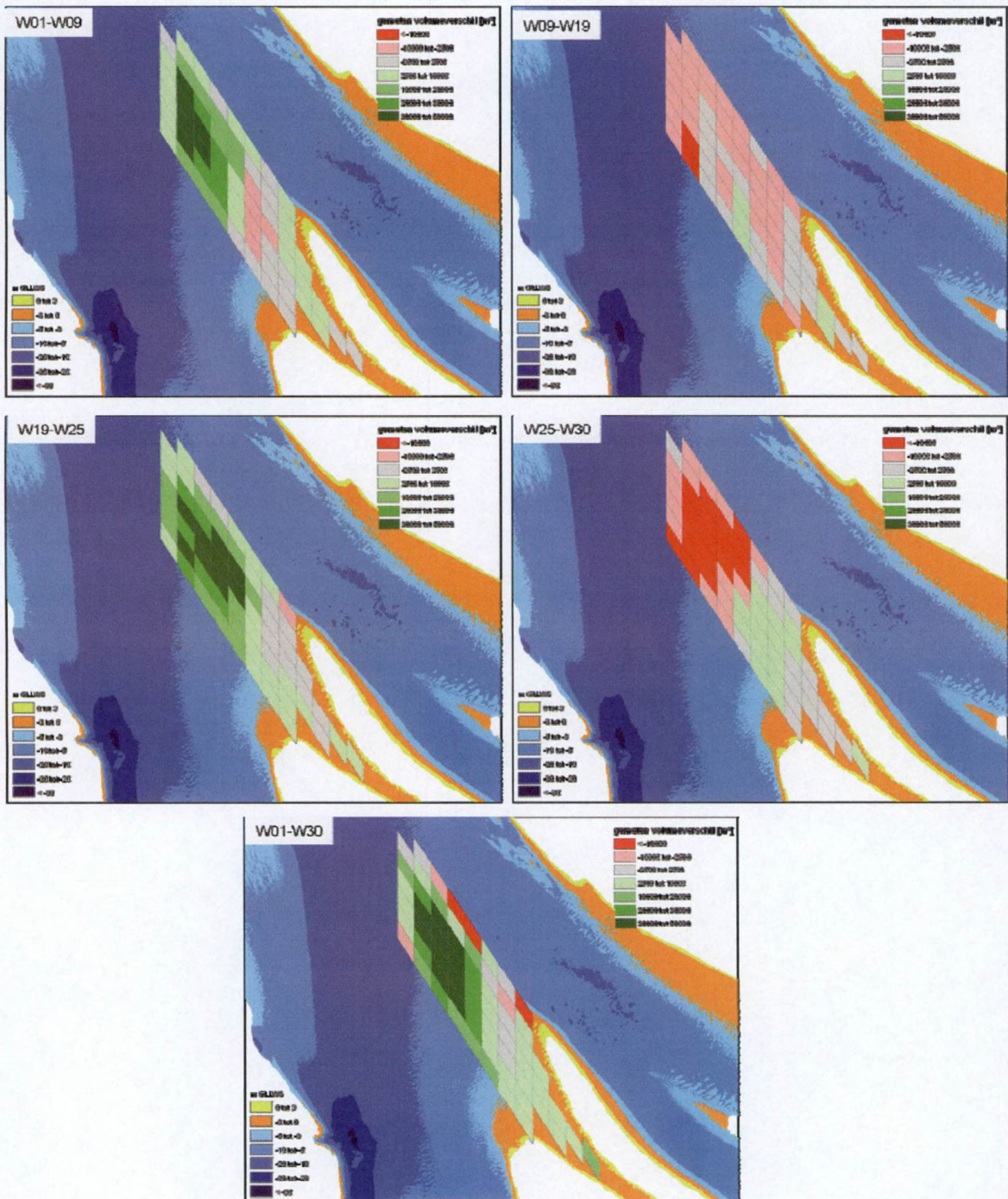
Figuur 28 – Totaal volume [m³] aan zandwinning van W1 tot en met W30

De onttrokken volumes (ca. 300.000 m³), weergegeven in Figuur 28, voor de totale periode van monitoring, blijken in vergelijking met de gestorte hoeveelheden vrij beperkt te zijn. Aangezien deze volumes echter een gemiddelde geven over de hele oppervlakte van het zandwinvak, en zandwinningen zeer lokale verstoringen inhouden, kunnen individuele zandwinningen op de rand van het stortvak tijdelijk toch belangrijke afwijkingen in de hydrodynamica en zandbalans veroorzaken. De netto volumeveranderingen, aan de noordoostelijke rand beïnvloed door de zandwinningen (in vergelijking met de totale volumeverandering in figuur 27), worden weergegeven in figuur 29.



Figuur 29 – Netto volumeverandering: storting – zandwinning [m³]

Figuur 30 geeft per rekenvak de gemeten volumeverandering weer voor de opeenvolgende perioden van de proefstorting. Deze manier van visualiseren middelt de gevolgen van de proefstorting uit per rekenvak en laat in tegenstelling tot de verschilpeilingen, waar de migratiepatronen van individuele bodemvormen het algemene beeld verstoren, beter toe algemene tendensen te onderscheiden.



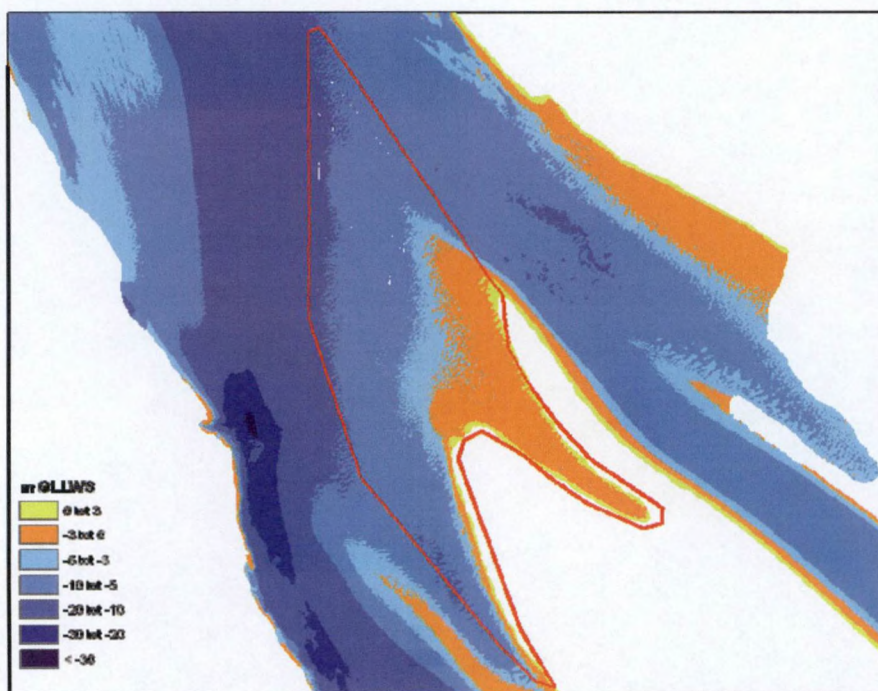
Figuur 30 – Gemeten volumeverandering (multibeam echo sounder)[m³] tijdens en na fase A (boven), tijdens en na fase B (midden) en over de hele monitoringperiode (beneden)

Tijdens fase A (W01-W09) is de volumetoename in de stortzone duidelijk te zien en is tevens de stortzone 2004 als aan erosie onderhevige zone te herkennen. In de secundaire vloedgeul is beperkte sedimentatie zichtbaar. Na stortfase A (W09-W19) is een volumeafname waarneembaar in bijna het hele studiegebied, te wijten aan de erosie van de recent gestorte specie en de verdergaande erosie van stortzone 2004.

Op de overgang tussen stortzone 2006 en stortzone 2004 is wel een lichte toename zichtbaar, wat wijst op een transport in de richting van de plaat. Vermoedelijk wordt de erosie van stortzone 2004 dus wel vertraagd ten gevolge van invoer van materiaal uit stortzone 2006 maar volstaat dit niet om de sedimentbalans hier positief om te buigen. In de secundaire vloedgeul is ook lichte sedimentatie zichtbaar, maar de sedimentatie binnen het studiegebied is niet in verhouding met de erosie. In totaal wordt ca. 200.000 m³ van de geërodeerde baggerspecie buiten het studiegebied getransporteerd, vermoedelijk deels richting Schaar van Waarde, deels richting Zuidergat.

Tijdens stortfase B (W19-W25) is de storting opnieuw duidelijk zichtbaar, maar blijkt de afname in stortzone 2004 om te slaan. Het deel van deze zone dat tegen stortzone 2006 aanleunt, vertoont nu volumetoename, de rest blijft ongeveer constant. Aan de noordelijke zandtong vindt lokaal erosie plaats, waarbij vermoedelijk opnieuw volumeverlies richting Schaar van Waarde optreedt. In de secundaire vloedgeul is opnieuw een lichte volumetoename zichtbaar. Na stortfase B (W25-W30) erodeert stortzone 2006, waarbij het geërodeerde materiaal terecht komt in stortzone 2004, die nu een lichte aangroei vertoont. De synthesefiguur van W01 tot W30 toont een ophoging ter hoogte van het proefstortvak, ongeveer een status quo in proefstortvak 2004, duidelijk sedimentverlies aan de noordzijde van stortzone 2006, en een ophoging in de secundaire vloedgeul. Na deze stortfase wordt ca. 290.000 m³ buiten het studiegebied getransporteerd.

Om het sedimentverlies richting Schaar van Waarde in te schatten werden volumeberekeningen uitgevoerd op de controlepolygoon (rode lijn) weergegeven in Figuur 31. Aangezien het transport ter hoogte van de stortzone vloedgedomineerd is, wordt verwacht dat het materiaal dat niet binnen deze polygoon terecht komt, getransporteerd wordt naar de Schaar van Waarde. Echter, uit de volumeberekeningen bleek dat zowel na stortfase A als na stortfase B het volumeverlies uit de polygoon groter is dan het volumeverlies uit het studiegebied. Na stortfase A verdwijnt 230.000 m³ extra uit de polygoon (boven de 200.000 m³ uit het studiegebied), na stortfase B verdwijnt bovenop de 290.000 m³ uit het studiegebied, ongeveer 190.000 m³ extra uit de polygoon. Buiten de erosie van de storting blijkt er dus eveneens op grotere schaal erosie plaats te vinden in deze zone.

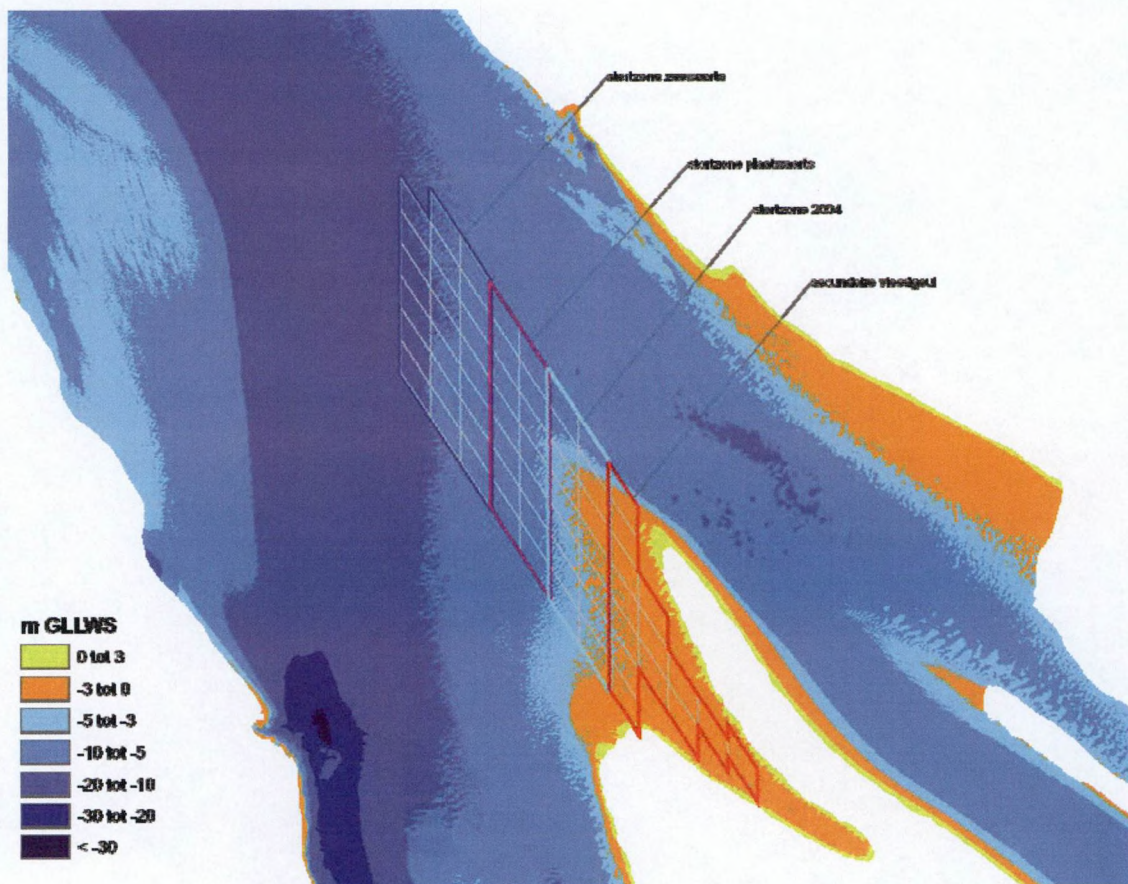


Figuur 31: Polygoon voor volumeberekeningen ter inschatting van het sedimentverlies richting Schaar van Waarde

Op basis van een analyse van de langere termijn volumeberekeningen (voor gedetailleerde bespreking, zie Bijlage E), blijkt dat er sprake is van een langjarige erosieve trend, die echter na elk van de stortingen iets versterkt. Hierbij is dus duidelijk dat de erosie, die verantwoordelijk was voor de erosie van de zeewaartse punt van de Plaat van Walsoorden, nog steeds aanwezig is. Een deel van het sedimentverlies in de stortzone is dus aan deze trend te wijten. Daarnaast wordt bevestigd dat het storten van specie hier slechts een curatieve oplossing, dat ook onderzoek dient uitgevoerd te worden om de oorzaak van deze erosie tegen te gaan.

5.2.5.3 Volumeberekeningen

Per rekenvak werden de volumeveranderingen berekend op basis van de opgemeten multibeamdata. Om de resultaten overzichtelijk weer te geven werden de rekenvakken gecombineerd tot 4 zones: zeewaartse stortzone 2006 (rij 1 tot 3), plaatwaartse stortzone 2006 (rij 4 en 5), stortzone 2004 (rij 6 en 7) en secundaire vloedgeul (rij 8 tot 12). De verwachting is dat elk van deze zones een eigen, verschillende, morfologische evolutie zullen doormaken (zie Figuur 32).

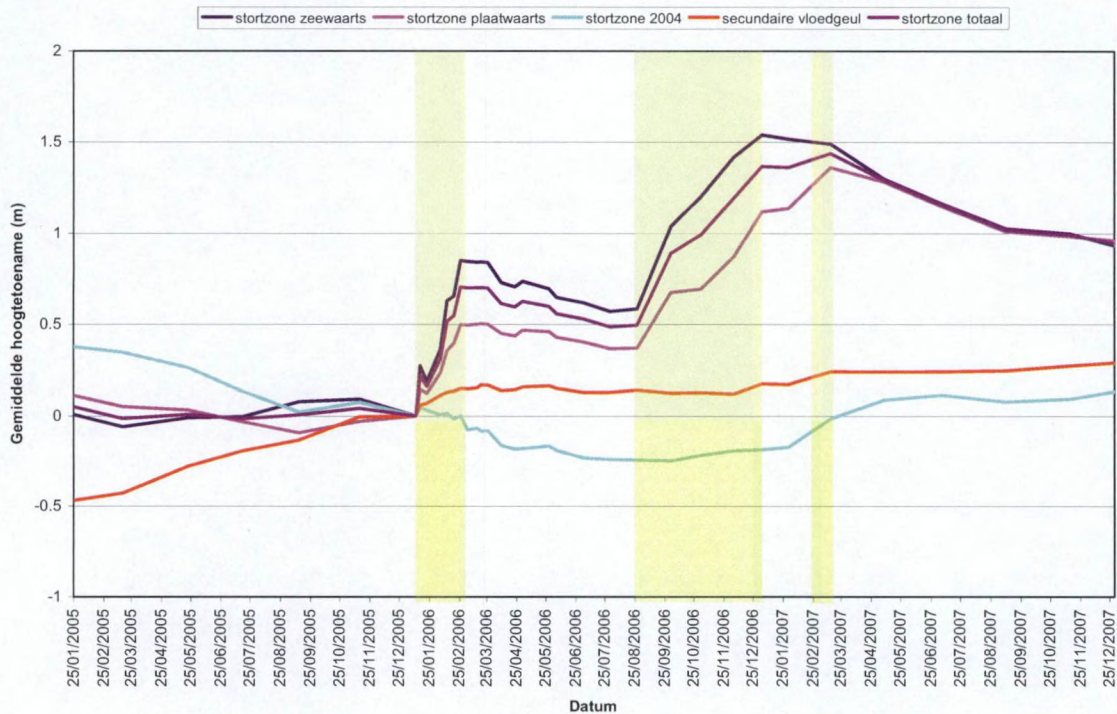


Figuur 32 – indeling rekenvakken in rekenzones

Figuur 33 toont de gemiddelde volumeverandering per oppervlakte-eenheid voor de vier zones, en de combinatie van de zeewaartse stortzone 2006 en de landwaartse stortzone 2006 (kortom de stortzone 2006). Om eventueel langdurige trends te onderscheiden werd ook een periode van een jaar vóór de stortingen mee opgenomen in de grafiek. De twee delen van de stortzone blijken zich na stortfase A op eenzelfde manier te ontwikkelen, alleen is in het zeewaartse deel meer gestort. Tijdens de stortperiode (aangeduid door de gele achtergrond) wordt het vak systematisch opgehoogd, na de storting erodeert de stortzone telkens terug. Opvallend is dat na de tweede stortfase de zeewaartse zone eerst sneller erodeert dan de landwaartse om dan met gelijke snelheid verder te dalen.

Bij de proefstorting van 2004 werd reeds vastgesteld dat na de storting de lokaal gewijzigde hydrodynamica in de stortzone ervoor zorgt dat getransporteerd materiaal zich afzet ter hoogte van de stortzone [6]. Dit veroorzaakt een vertraging in het op gang komen van de erosie ter hoogte van de storting, soms zelfs een tijdelijke toename van de hoeveelheid zand vlak na de storting.

Aangezien de laatste stortingen in stortfase B in de landwaartse stortzone plaats vonden, kan de vertraagde erosie hier mogelijk door dergelijke verstoring van de lokale hydrodynamica verklaard worden. Echter, door de grotere diepte waarop bij deze tweede proefstorting gestort wordt t.o.v. proefstorting 2004, lijkt een dergelijke grote invloed van de storting op de lokale hydrodynamica echter eerder onwaarschijnlijk. Vermoedelijk speelt de natuurlijke variabiliteit binnen het systeem hier minstens een even grote rol. Na twee maanden is het verschil in erosiesnelheid tussen landwaartse en zeewaartse stortzone weggewerkt.



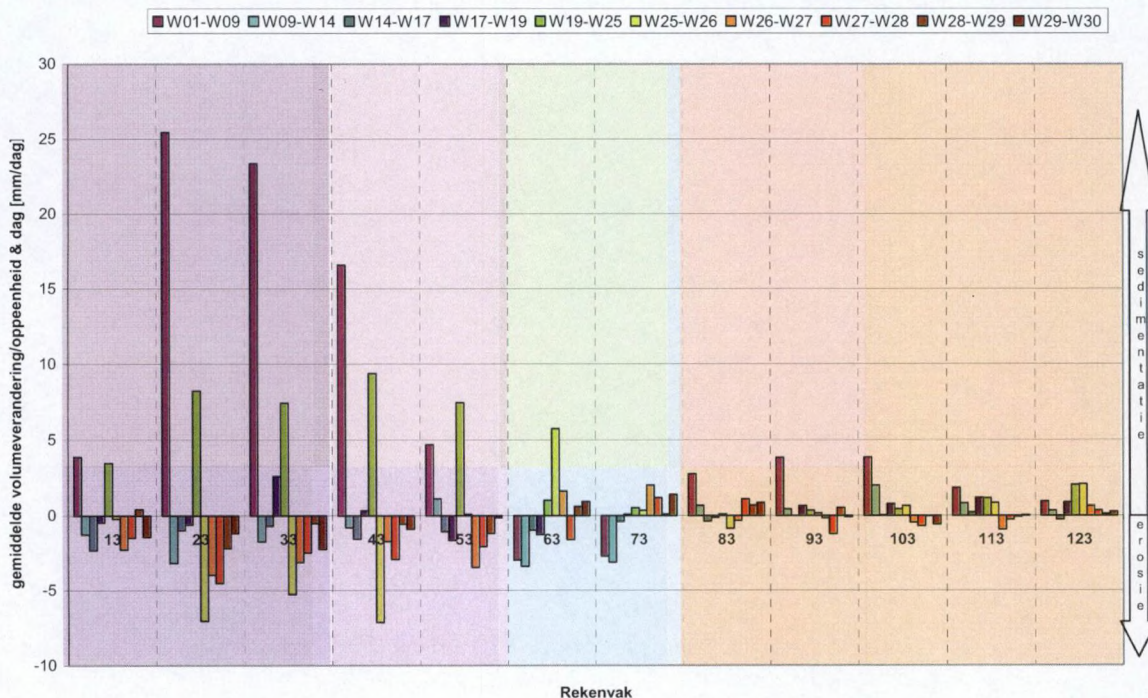
Figuur 33 – Gemiddelde volumeverandering per oppervlakte-eenheid voor de verschillende rekenzones

Verwacht wordt dat het geërodeerde materiaal uit de stortzone terecht komt in de zones die meer in de richting van de plaat gelegen zijn, allereerst in de stortzone van 2004, in een later stadium in de secundaire vloedgeul. Stortzone 2004 vertoont na stortfase A echter niet direct een stijging, maar blijft verder dalen, net als in de periode voor de storting van 2006. In de secundaire vloedgeul is wel een constante stijging merkbaar. De stortzone van 2004 is mogelijk nog steeds in een erosieve fase na de proefstorting van 2004, waarbij het materiaal van deze zone wordt getransporteerd naar de secundaire vloedgeul. Dit wordt bevestigd door de constante aangroei die hier terug te vinden is. Ten gevolge van stortfase A wordt de dalende trend in stortzone 2004 echter geleidelijk aan omgebogen zodat in het begin van stortfase B een status quo bereikt is.

Na de tweede fase van de proefstorting is wel aangroei te zien in zowel de stortzone van 2004 (vanaf begin 2007) als de secundaire vloedgeul (vanaf september 2007). Waar de stortzone 2004 rechtstreeks grenst aan de stortzone 2006, is dit voor de secundaire vloedgeul niet het geval, wat verklaart dat de toename in deze laatste zone zich later in de tijd manifesteert en waarschijnlijk ook langer zal aanhouden dan in stortzone 2004.

Op Figuur 34 is voor kolom 3 uit het rekenrooster, voor elk rekenvak de gemiddelde hoogteverandering per dag weergegeven voor de opeenvolgende periodes van de stortproef van 2006. Kolom 3 loopt van de stortzone 2006 tot in de secundaire vloedgeul. Aangezien de rekenvakken ongeveer evenwijdig met de stroomrichting georiënteerd zijn, kan aangenomen worden dat het sediment zich grotendeels binnen dezelfde kolom zal verplaatsen. De keuze van kolom 3 laat dus toe het sedimenttransport richting plaat doorheen de tijd te analyseren. Aangezien deze strook zich bovendien centraal binnen de stortzone bevindt, dient er tevens geen rekening gehouden te worden met beïnvloeding door zandwinningen. De kleurcode in de achtergrond verwijst naar de kleurcode van de rekenzones in Figuur 31.

Tijdens stortfase A (weergegeven in paars) wordt duidelijk met grote intensiteit gestort in vakken 23 tot 43, en iets minder in de vakken 13 en 53. In stortzone 2004 is erosie zichtbaar, en in de secundaire vloedgeul sedimentatie van het geërodeerde materiaal uit stortzone 2004. Stortfase B (groene balkjes), waarbij een grotere hoeveelheid specie gestort werd in stortzone 2006 dan tijdens stortfase A, vertoont een duidelijk lagere intensiteit omdat over een veel langere periode, met name 5,5 maand, gestort werd (ten opzichte van 2 maanden bij stortfase A). In Stortzone 2004 is tijdens deze stortfase geen erosie meer zichtbaar, maar wel sedimentatie, zoals ook al bleek uit de analyse van figuur 31. In de secundaire vloedgeul is veel minder sedimentatie zichtbaar dan tijdens de eerste stortfase.



Figuur 34 – Gemiddelde volumeverandering per oppervlakte-eenheid en per dag voor kolom 3 van het rekenrooster

Voor de periodes na de stortfases zijn de in de stortzone gelegen vakken (13 tot en met 53) duidelijk te onderscheiden: zij vertonen bijna over de hele lijn erosie. De voortplanting van de stortingen, die bleek uit de verschilpeilingen en profielen na stortfase A (blauwe balkjes), is ook hier waar te nemen: voor W09-W14 neemt van de zeewaartse naar de plaatwaartse zijde van de stortzone de erosie eerst toe, om dan terug af te nemen en over te gaan naar sedimentatie in vak 53. In de volgende perioden (W14-W17 en W17-W19), is een gelijkaardig golvend verloop zichtbaar doorheen de stortzone, maar zijn de maxima en minima van sedimentatie en erosie telkens verschoven t.o.v. de voorgaande periode, ten gevolge van de zich in landwaartse richting verplaatsende duinen. Na stortfase B (rood-gele balkjes) vindt er in de stortzone erosie plaats die afneemt in de tijd.

Vakken 63 en 73, gelegen in het proefstortvak van 2004 vertonen na stortfase A erosie, na stortfase B treedt hier sedimentatie op. Dit bevestigt wat ook reeds uit figuur 32 werd afgeleid: de erosie van de proefstorting van 2004 is nog niet volledig afgelopen bij fase A van de proefstorting van 2006. Na stortfase B wordt het geërodeerde sediment uit stortzone 2006 afgezet in stortzone 2004, de graduele afname in erosie doorheen de tijd die vastgesteld werd in stortzone 2006 wordt hier weerspiegeld in een afname van de sedimentatie in de tijd. Opvallend is ook dat in vak 73 de sedimentatiepiek iets later valt en lager is dan in vak 63, wat gezien de richting van de sedimentverplaatsing logisch is.

In de secundaire vloedgeul is na stortfase A vooral sedimentatie zichtbaar, een gevolg van de erosie in stortzone 2004. Na stortfase B is de verplaatsing van materiaal richting plaat verder te volgen. Waar in stortzone 2004 een sedimentatiepiek waargenomen werd in W26-W27, komt deze in vak 83 pas in W27-W28 voor, in vak 93 pas in W28-W29, waarbij de grootte steeds afneemt. Verder van de stortzone is nog geen toename zichtbaar volgend op de proefstorting 2006, of is de invloed op deze afstand van de stortzone te klein om zichtbaar te zijn. Mogelijk spelen hier wel nog invloeden mee van de proefstorting 2004, bijvoorbeeld bij de toename in vak 123.

5.3 Ecologische monitoring

De ecologie van het studiegebied werd gemonitord door de werkgroep Ruimtelijke Ecologie van het Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie (CEME) van het Nederlands Instituut voor Ecologisch Onderzoek (NIOO-KNAW). In het monitoringprogramma werd een onderscheid gemaakt tussen het subtidale en het intertidale gebied. Het intertidale gebied wordt gevormd door de platen die droogvallen bij laagwater en overstroomd zijn bij hoogwater; het subtidale gebied grenst aan het intertidale gebied en ligt bijgevolg steeds onder water. Het monitoringprogramma werd voor het subtidale gebied beperkt tot het ondiepwatergebied, gezien vooral dit gebied ecologisch waardevol is.

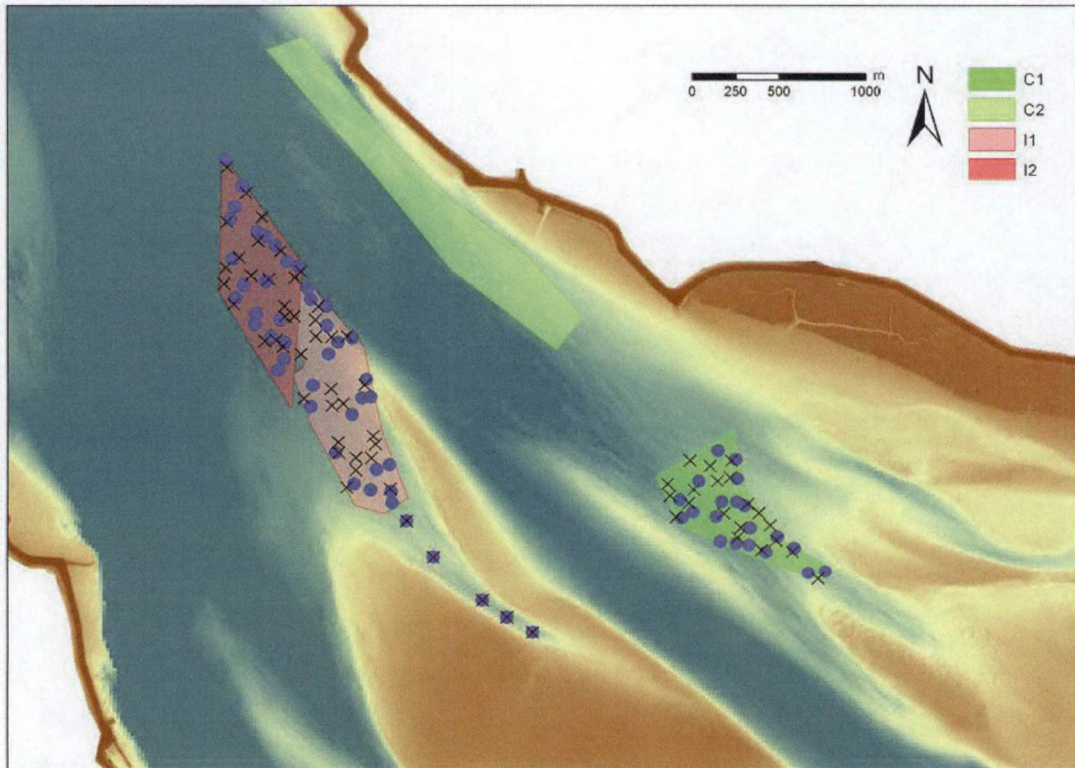
De waarnemingen werden vergeleken met historische metingen uit het MOVE (MOnitoring VErruiming Westerschelde) programma, alsook met de uitgebreide dataset die in het kader van proefstorting 2004 werd opgemeten [11]. Deze vergelijking moet toelaten na te gaan of er een ecologische trendbreuk kan worden vastgesteld ten gevolge van de proefstorting 2006

Initieel was enkel stortfase A van de proefstorting gepland. Door de afdeling Maritieme Toegang werd begin september 2006 beslist om eveneens over te gaan tot stortfase B. Het ecologische monitoringprogramma echter werd enkel toegespitst op stortfase A. Er werden bij aanvang van stortfase B geen specifieke maatregelen getroffen om de ecologische effecten van deze fase te monitoren. Wel werd het ecologische monitoringprogramma verder gezet tot en met 2008.

Hieronder wordt een samenvatting gegeven van de conclusies van de ecologische monitoring. Een uitgebreide beschrijving van de resultaten en de analyses kan teruggevonden worden in [12].

5.3.1 Subtidale gebied

De invloed van de proefstorting op het subtidale gebied werd onderzocht aan de hand van 3 gebieden: het verwachte impactgebied van de proefstorting (zone I2, Figuur 35), het impactgebied van de stortproef 2004 (zone I1, Figuur 35) en een controlegebied met vergelijkbare diepte en stroomkarakteristieken als de proefstortlocatie 2006 (zone C1, Figuur 35). Aangezien er vóór de proefstorting geen monitoringcampagne werd uitgevoerd, is een before-after-control-impact analyse niet mogelijk. Echter op basis van de beschikbare metingen werden verschillende andere analyses uitgevoerd om een uitspraak te kunnen doen over het al dan niet significant zijn van een bepaalde waargenomen trend.



Figuur 35 – Posities van de subtidale stations, met het nieuwe impactgebied (proefstortlocatie 2006, I2), controle/impactgebied (proefstortlocatie 2004, I1) en controlegebied (C1). C2 was een controlegebied voor de proefstorting van 2004. De blauwe bolletjes geven de monsternamepunten weer van mei 2006, en de zwarte kruisjes geven de monsternamepunten weer van augustus 2006.

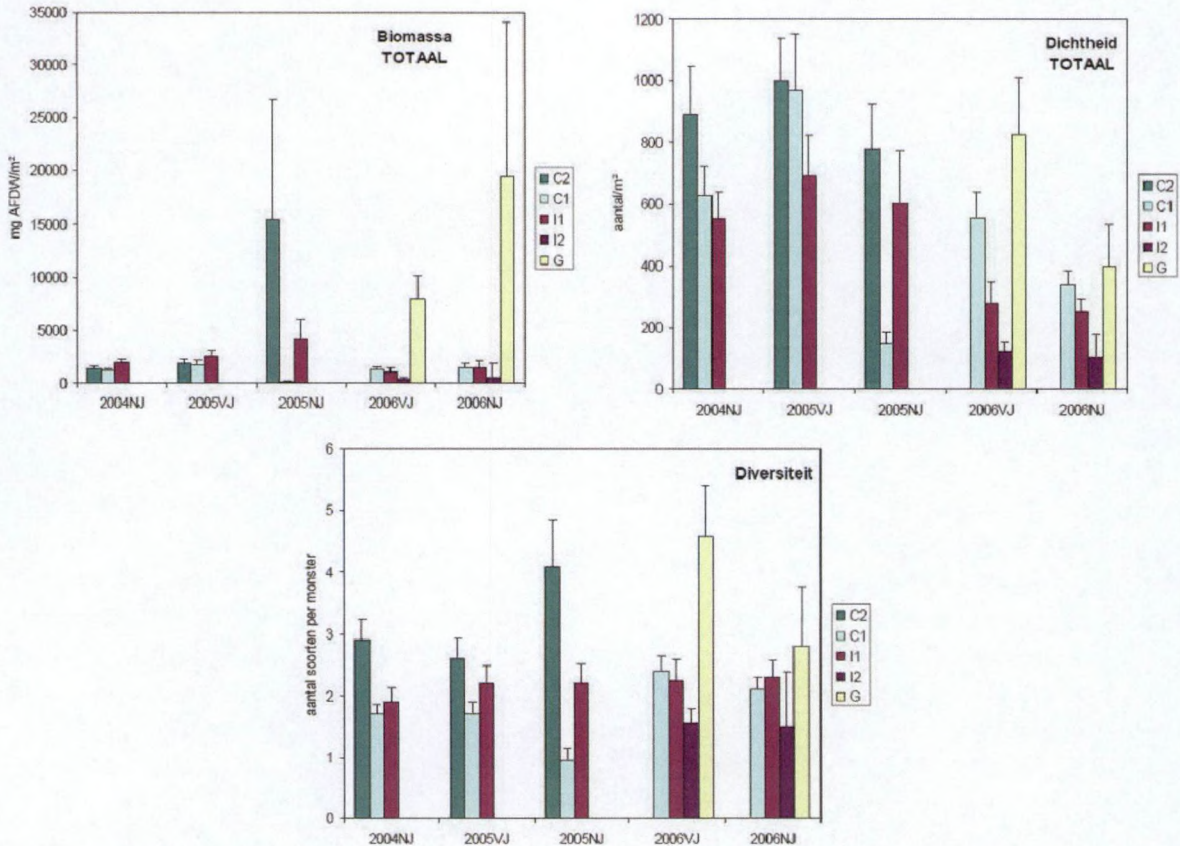
5.3.1.1 Macrobenthos

Het macrobenthos (dit zijn de bodemdieren groter dan 1 mm) wordt algemeen beschouwd als een belangrijke indicator bij de monitoring van veranderingen in het estuariene milieu. Dit is enerzijds te wijten aan het belang van het macrobenthos in het ecosysteem, als belangrijk onderdeel in de estuariene voedselketen, anderzijds aan de gevoeligheid van het macrobenthos voor veranderingen in het milieu. Binnen elk van de drie gebieden werden 20 bemonsteringslocaties willekeurig gekozen. Additioneel werden vijf vaste stations geselecteerd in de secundaire vloedgeul. De bemonstering is tweemaal uitgevoerd in 2006: op 16-17 mei 2006 en op 28-31 augustus 2006.

De monsters werden geanalyseerd op biomassa (het totale drooggewicht aan organismen per eenheid van oppervlakte), soortendichtheid (het aantal individuen dat van een soort wordt gevonden per eenheid van oppervlakte) en diversiteit (het aantal soorten per monster).

In 2004 werd via een BACI (Before-After-Control-Impact) analyse getoetst naar significante gevolgen van de proefstorting. In 2006 was deze aanpak niet mogelijk, aangezien al gestort was voor de voortzetting van het monitoringprogramma werd gestart. De veranderingen in het macrobenthos en de korrelgrootteverdeling werden echter wel in de tijd gevolgd en met behulp van statistische analyses in kaart gebracht.

Analyse van de meetdata heeft uitgewezen dat er in gebied I1 een significante verandering in biomassa is opgetreden. Figuur 36 geeft aan dat het hier gaat om een daling. Ook controlegebied C1 vertoont echter ook een significante daling, zowel wat betreft biomassa als dichtheid en diversiteit. Dit wijst erop dat deze evolutie een algemene evolutie is, en dus niet te wijten aan het uitvoeren van de proefstorting.

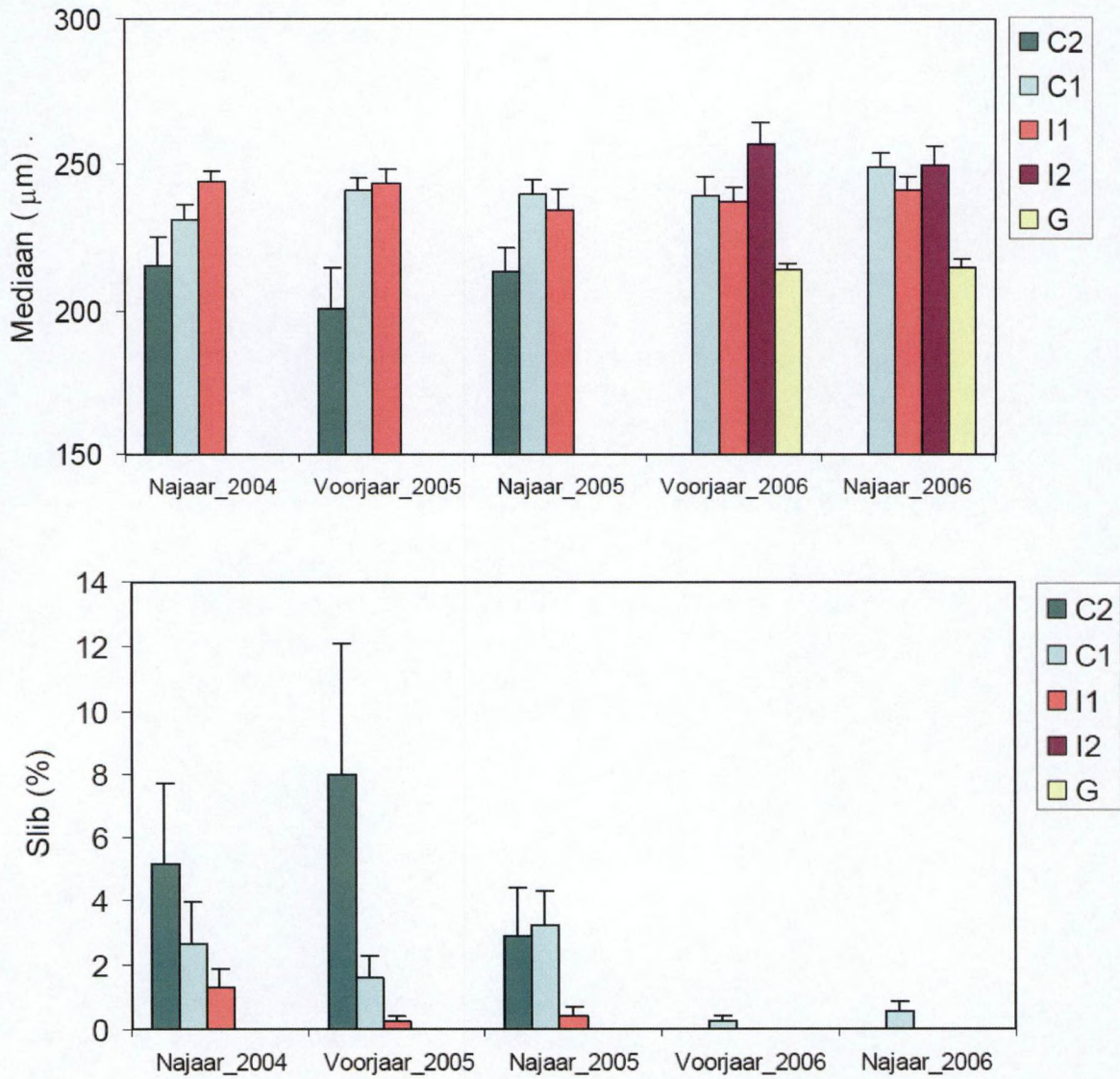


Figuur 36 – Biomassa, dichtheid en diversiteit van het macrobenthos in het subtidaal (G zijn de monsters in de geul) met standaardfout. NJ: najaar, VJ: voorjaar

5.3.1.2 Korrelgrootteverdeling van het sediment

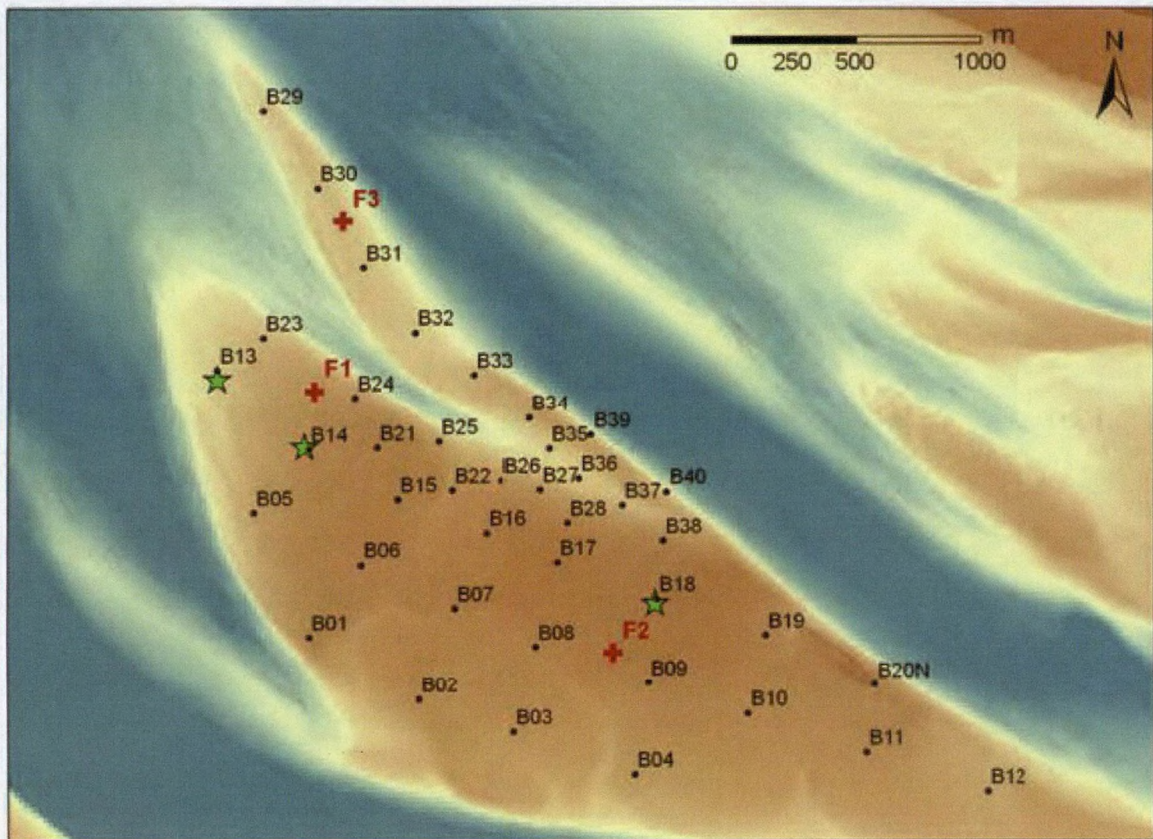
De korrelgrootteverdeling van het sediment werd bepaald op dezelfde locaties als het macrobenthos. In het laboratorium werden een aantal korrelgrootteparameters bepaald, inclusief de mediane korrelgrootte (D50) en het percentage slib (gedefinieerd als het percentage sediment kleiner dan 63 µm). Verder werd voor de verschillende monsters een onderscheid gemaakt tussen het percentage zeer fijn zand (tussen 63 µm en 125 µm), fijn zand (125-250 µm) en middelgrof zand (250-500 µm).

Analyse van de sedimentstalen, waarbij jaar, seizoen en de interactie hiertussen in beschouwing werd genomen, toonde een significante verandering in slibgehalte voor C1 en I1. Figuur 37 toont een duidelijke daling van het slibgehalte. Voor I1 kwam dit al naar voren uit de monitoring volgend op stortproef 2004, dit zowel in de periode voor als na de proefstorting. Het lijkt erop alsof deze ontwikkeling naar een iets zandiger substraat nog verder is gegaan. Voor de nieuwe stortzone (I2) kon deze analyse niet worden uitgevoerd, omdat geen bemonstering werd uitgevoerd voorafgaand aan de stortproef, en er slechts tweemaal werd gemeten.



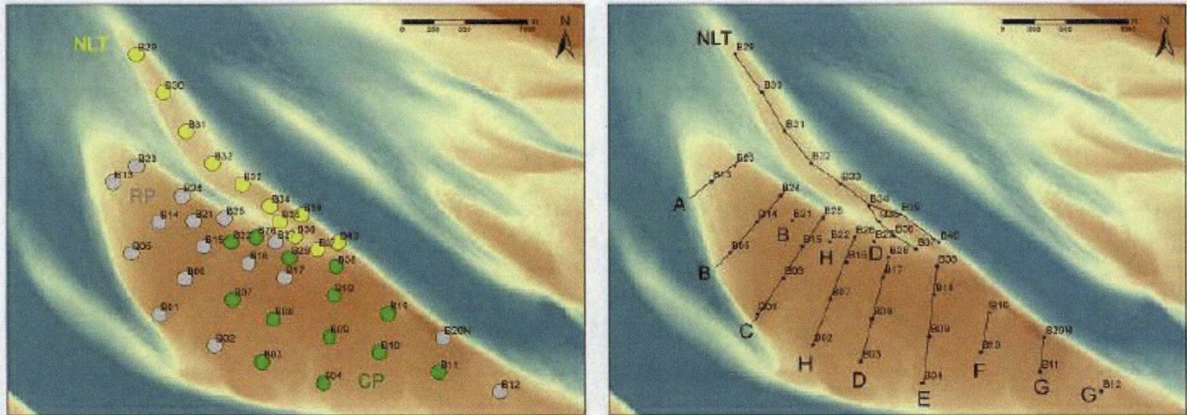
Figuur 37 – Mediane korrelgrootte (boven) en percentage slib (onder) van het sediment in het subtidaal met standaardfout

5.3.2 Intertidale gebied



Figuur 38 – Bemonsteringslocaties op de Plaat van Walsoorden. Tevens zijn de drie posities waar frames geplaatst zijn voor hydrodynamische metingen (rode plusjes), en de drie sedimentatie-erosie plotjes (groene sterretjes) aangeduid

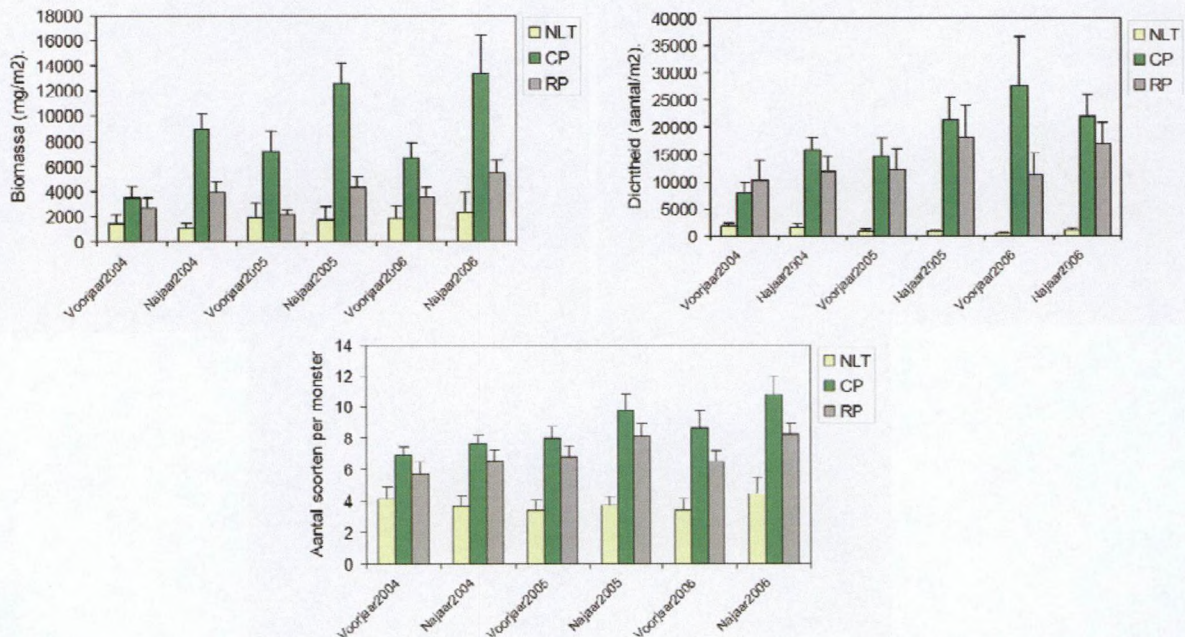
Het intertidale gebied van de plaat van Walsoorden werd zowel in het monitoringprogramma volgend op de proefstorting 2004 als in het monitoringprogramma volgend op de proefstorting 2006 intensief bemonsterd. Hiervoor werden 40 vaste monsterpunten op de plaat uitgekozen, met als doel een maximale variabiliteit in sedimentsamenstelling te hebben binnen deze 40 monsters (zie figuur 38). Deze zone werd opgedeeld in 3 habitatgroepen op grond van omgevingsfactoren, om de veranderingen beter te kunnen volgen: de Noordelijke Landtong (NLT), de stations gelegen langs de rand van de plaat (RP) en het centrale deel van de plaat (CP) (zie Figuur 39). Daarnaast werd eveneens een onderverdeling in raaien gedefinieerd. In het westelijke deel van de plaat is de dichtheid van de stations het hoogst omdat daar de meeste veranderingen als gevolg van de proefstorting verwacht werden. Naast macrobenthos en korrelgrootteverdeling werd in het intertidale gebied ook de hoogteligging op de plaat vergeleken met metingen uit het MOVE (Monitoring Verruiming Westerschelde) programma.



Figuur 39 - Indeling van het intertidale gebied op basis van habitat (links), met een onderverdeling in noordelijke landtong (NLT, in geel), rand van de plaat (RP, in grijs) en centrale plaat (CP, in groen), en een onderverdeling in de raaien A tot en met H (rechts)

5.3.2.1 Macrobenothos

Figuur 40 geeft de resultaten van de macrobenothos bemonstering: er is een duidelijke seizoensvariatie zichtbaar, met lagere biomassa's, dichtheden en soortenaantallen in de lente dan in de herfst. Uit de tijdreeksgrafieken blijkt ook een lichte toename van totale biomassa en aantal soorten op het centrale deel van de plaat, en een lichte afname van de dichtheid van het macrobenothos op de noordelijke landtong.

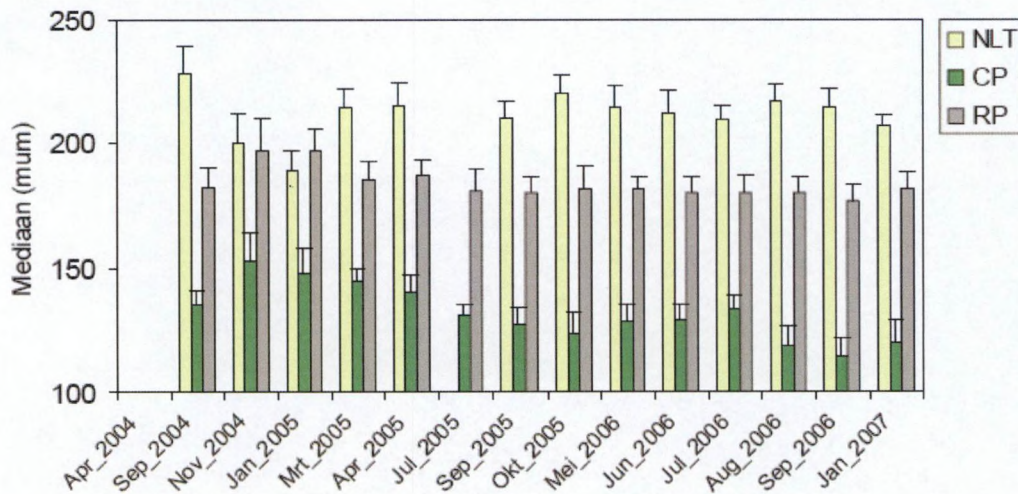


Figuur 40 - Biomassa, dichtheid en aantal soorten macrobenothos in het intertidale gebied met standaardfout

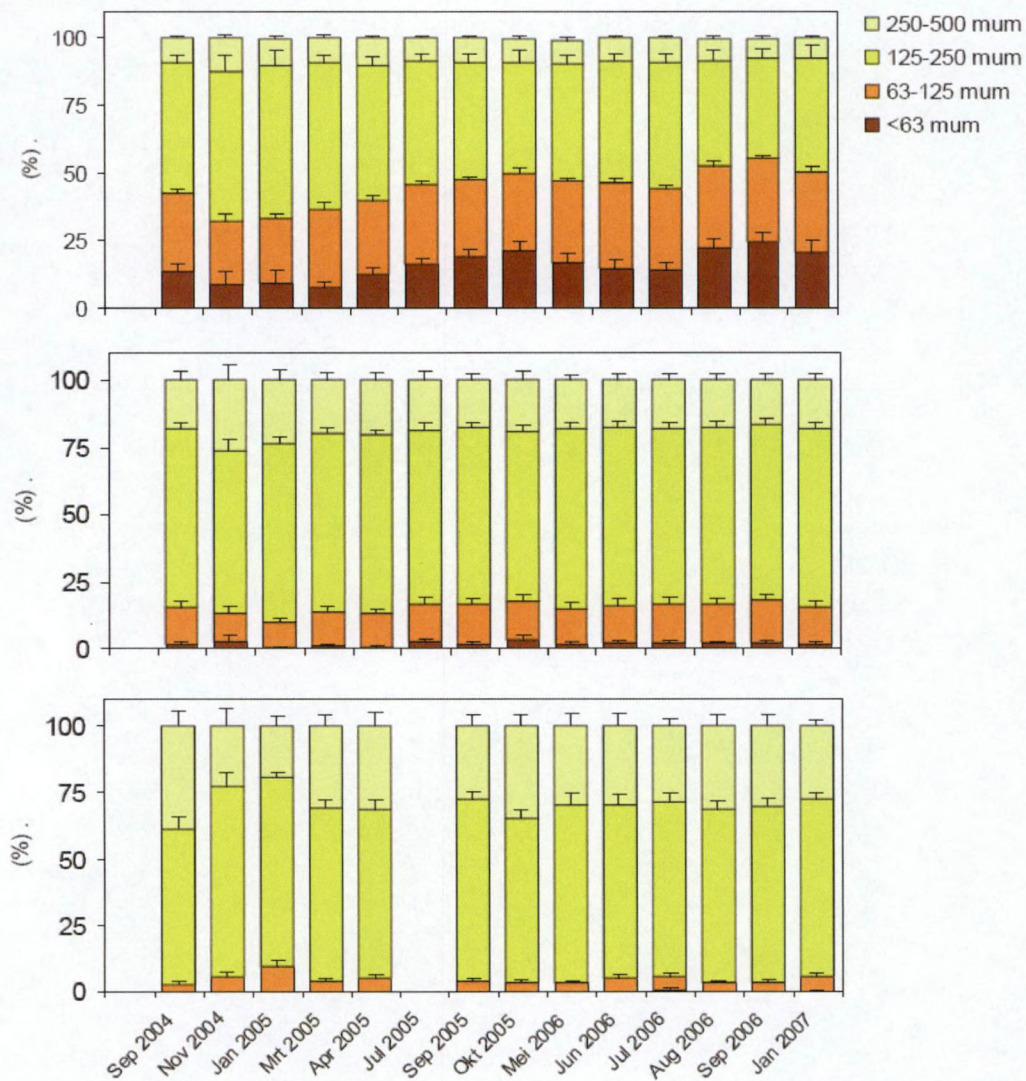
Deze trends treden echter niet bij elke soort in gelijke mate op: uit analyse van de verschuivingen in voorkomende soorten, blijkt dat er ontwikkeling naar een meer laagdynamisch milieu plaatsgrijpt.

5.3.2.2 Korrelgrootteverdeling van het sediment

De ruimtelijke verdeling van het slibgehalte en de mediane korrelgrootte die werd teruggevonden, bevestigt het beeld van de drie intertidale habitats, met fijn sediment op het centrale deel van de plaat (gemiddelde D50 131 μm), grover sediment aan de randen van de plaat (gemiddelde D50 182 μm) en nog grover sediment op de noordelijke zandtong (gemiddelde D50 214 μm). De Figuren 41 en 42 geven de temporele veranderingen in korrelgrootte verdeling van het sediment – gegroepeerd in de 3 geselecteerde habitats – weer. Er is een seizoensvariatie in de korrelgrootte en hoeveelheid fijn materiaal op het centrale deel van de plaat en op de noordelijke landtong. Daarop gesuperponeerd lijkt een langjarige trend van een verfijning van sediment op het centrale deel van de plaat plaats te vinden, met een toename in het slibgehalte en een afname in mediane korrelgrootte. Er blijkt echter wel een significant verschil in slibgehalte en mediane korrelgrootte tussen de drie habitats, maar geen effect tussen opeenvolgende jaren. De korrelgrootteverdeling is dus niet significant veranderd ten gevolge van de uitgevoerde proefstorting. Voor het slibgehalte is wel een (zwak) significant langjarig verschil aangetoond.

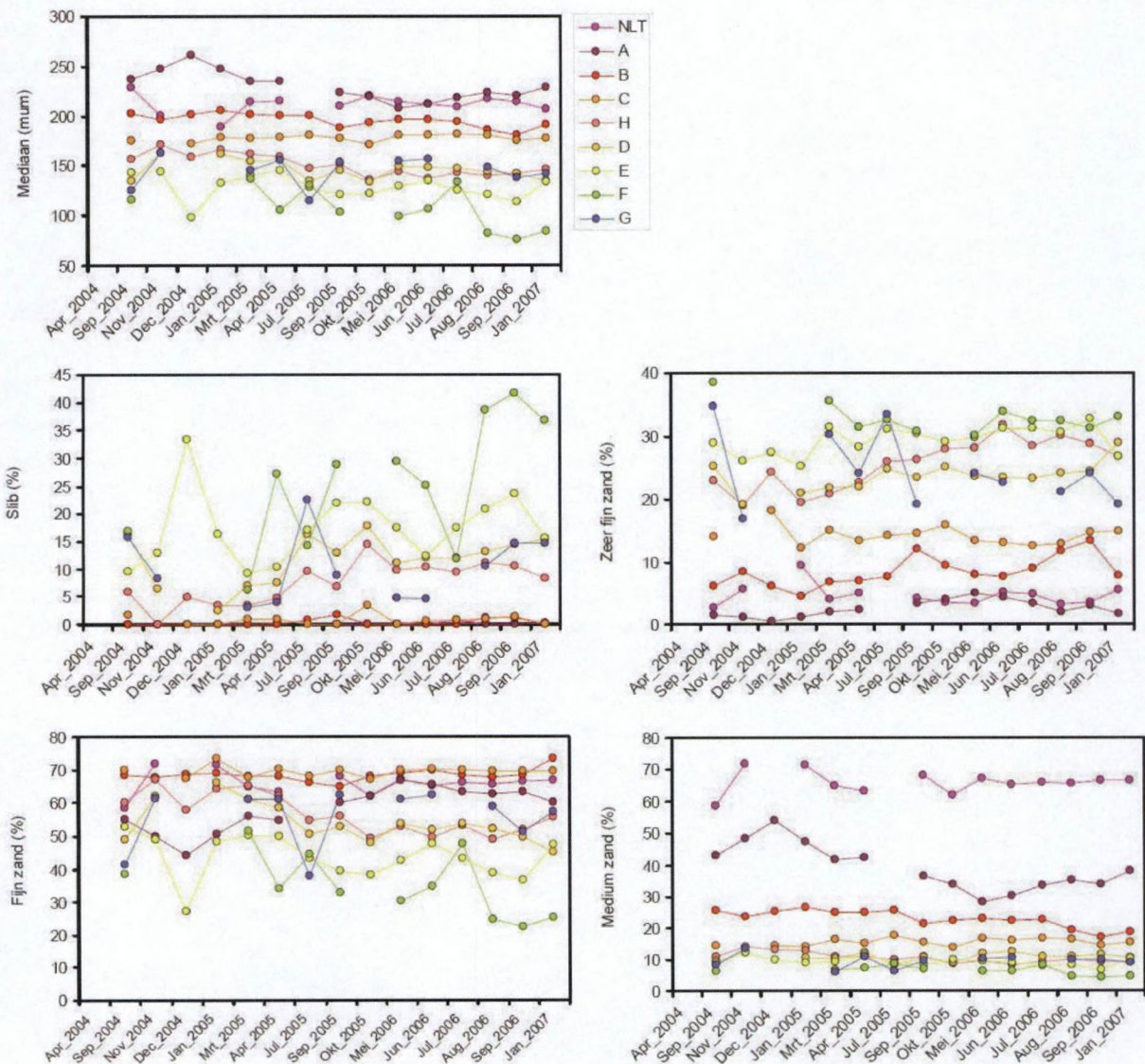


Figuur 41 – Tijdsreeks van mediane korrelgrootte van de drie intertidale habitats met standaardfout



Figuur 42 – Veranderingen in de korrelgrootteverdeling in het intertidale gebied, met standaardfout.
Boven: CP; midden: RP; onder: NLT

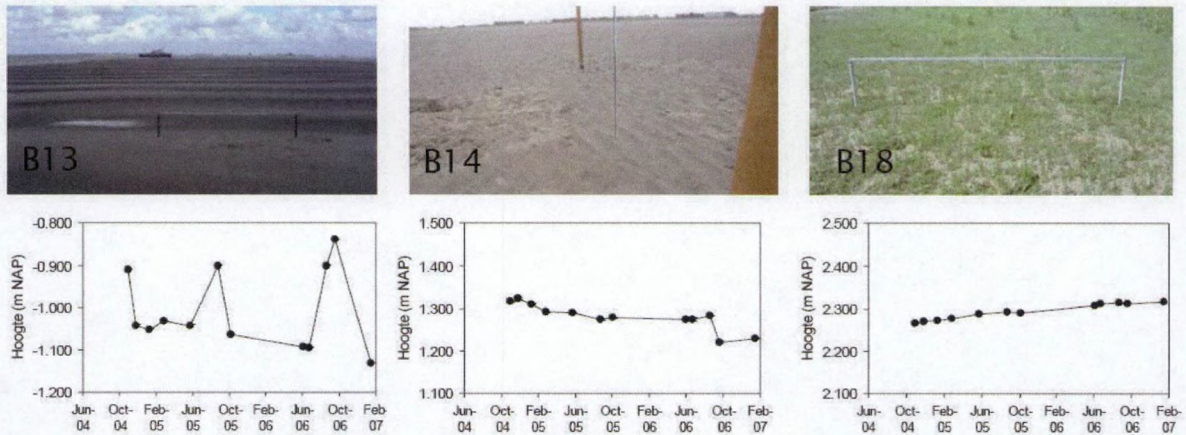
Figuur 43 toont de verschillen in korrelgrootte verdeling van het sediment gemiddeld per raai. Wat de mediane korrelgrootte betreft lijkt er zich bij een aantal raaien een lichte daling voor te doen. Voor raai A en B hangt dit samen met een lichte toename aan zeer fijn zand en een afname aan medium zand, voor raai H en D hangt dit samen met een toename aan slib en zeer fijn zand, en voor raai F hangt dit samen met een toename aan slib en een afname aan zeer fijn zand en fijn zand. Het slibgehalte vertoont zeer grote schommelingen doorheen de tijd. Analyse van de meetdata wijst hier opnieuw op significante verschillen tussen raaien en seizoenen, maar geen significante verschillen op langere termijn.



Figuur 43 - Tijdreeksen van mediane korrelgrootte SD50, percentage slib, zeer fijn zand, fijn zand en medium zand voor de verschillende raais

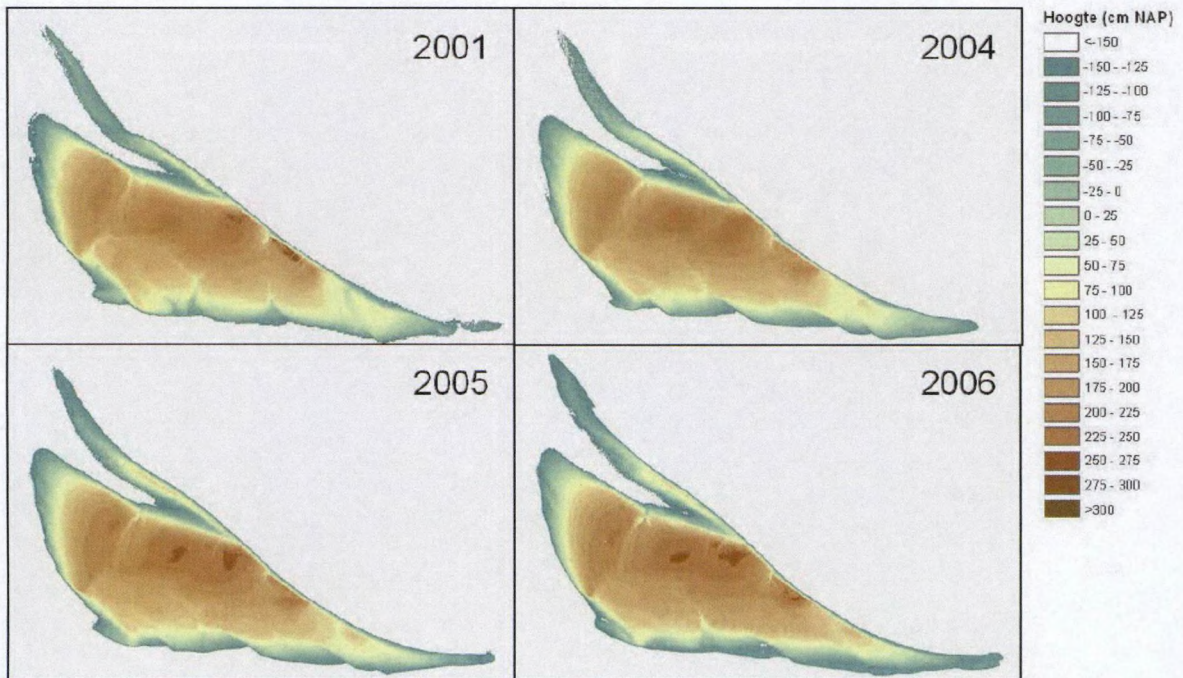
5.3.2.3 Hoogteligging van de plaat

De hoogteligging van de plaat werd op 2 manieren opgemeten. Een eerste methode is het gebruik van een sedimentatie-erosiebar. Op 3 locaties op de plaat werd de absolute hoogteligging op verschillende tijdstippen opgemeten ten opzichte van een staaf die op een constante hoogte werd bevestigd. De resultaten van deze opmetingen zijn gegeven in Figuur 44. In het westelijk deel van de plaat werd een erosieve trend van 3,3 à 3,6 cm/jaar vastgesteld, terwijl het centrale deel van de plaat ca. 2,5 cm/jaar toeneemt in hoogte. De metingen in deze 3 stations geven een voortzetting aan van de trend die ook uit de MOVE-metingen bleek. Er werd dus geen invloed ten gevolge van de uitgevoerde proefstorting vastgesteld op ophoging van de plaat.



Figuur 44 – Sedimentatie-erosiemetingen op station B13, B14 (beide westelijk deel van de plaat) en B18 (centrale deel van de plaat)

Naast de resultaten van de sedimentatie-erosiebar op 3 locaties op de plaat, werd de hoogteligging van de gehele plaat opgemeten met behulp van laseraltimetrie. Uit deze opmeting (zie Figuur 45) blijkt het grootste deel van de plaat van Walsoorden niet significant te veranderen. Enkel aan de randen vinden veranderingen plaats, en het centrale deel van de plaat lijkt op te hogen. Deze veranderingen kunnen echter niet rechtstreeks in verband gebracht worden met de stortingen. Met name het verhogen van het centrale deel van de plaat is een langjarig fenomeen, dat ook reeds bleek uit de MOVE-metingen.



Figuur 45 - Hoogteligging van de Plaat van Walsoorden uit laseraltimetrie, gebaseerd op data van Rijkswaterstaat (2001 en 2004) en Eurosense (2005 en 2006). Omtrek is de -1.5 m NAP contour.

5.4 Conclusies Monitoring

In opdracht van de Technische Schelde Commissie werden voor de stortproef van 2004 door morfologische en ecologische experts, betrokken bij het project, criteria opgesteld op basis waarvan het al dan niet slagen van de stortproef beoordeeld zou worden (zie hoofdstuk 4). Aangezien er voor de proefstorting van 2006 geen specifieke criteria werden opgesteld, werden de criteria van 2004 opnieuw gebruikt voor het beoordelen van de stortproef. In de voorgaande analyses werden deze criteria reeds behandeld, in deze paragraaf worden de resultaten kort samengevat.

5.4.1 Morfologische criteria

Tabel 4 geeft de beoordeling van de stortproef op basis van de opgestelde morfologische criteria. De vooropgestelde criteria worden hier vergeleken met de geobserveerde effecten.

Tabel 4 – Morfologische criteria van de stortproef

Vooropgesteld	Geobserveerd
Criterion 1: stabiliteit van de gestorte specie	
<p>Maximum 20% van de totale gestorte hoeveelheid mag het stortvak verlaten hebben 2 weken na het beëindigen van de stortproef.</p> <p>Tussen 20 en 40% verdwenen materiaal uit het stortvak is aanvaardbaar, indien extreme condities hiervan de oorzaak zijn.</p> <p>Meer dan 40% verlies van materiaal wordt beschouwd als mislukken van de proef.</p>	<p>Twee weken na het beëindigen van stortfase A is er sprake van een geringe materiaalafname (0,5%), twee weken na stortfase B werd geen meting uitgevoerd, maar ongeveer 2 maanden na de proefstorting is 15% van het materiaal verdwenen. Na 2 weken is dus zeker minder dan 20% verdwenen.</p>
Criterion 2: Aanzanding Schaar van Valkenisse	
<p>Maximaal 15% van het dwarsprofiel van de Schaar van Valkenisse (ter plaatse van de drempel die nu aan het begin van de schaar ligt) mag 2 weken na het beëindigen van de stortproef worden ingenomen door zand.</p>	<p>Twee weken na het beëindigen van stortfase A is er een beperkte afname (respectievelijk 2,8% en 1,1%) van het dwarsprofiel voor de 2 gekozen dwarssecties. Na stortfase B is er na 2 maanden een afname van respectievelijk 7,1% en 5,2%. Deze is echter toe te schrijven aan de gerichte stortingen die plaatsvonden in de Schaar van Waarde.</p>

Op morfologisch vlak kan besloten worden dat de proefstorting een succes is. De specie lijkt stabiel te zijn, zij het in mindere mate dan na de proefstorting van 2004. Dit was echter een verwacht effect, gezien de andere storttechniek die in 2006 gebruikt werd en de grotere morfo- en hydrodynamiek in de dieper gelegen stortlocatie. De verplaatsing die het materiaal ondergaat is daarenboven grotendeels naar de plaat toe gericht. De resultaten van de haalbaarheidsstudie worden door deze in situ proef dus zeker bevestigd.

5.4.2 Ecologische criteria

Tabel 5 geeft de beoordeling van de stortproef op basis van de opgestelde ecologische criteria. De vooropgestelde criteria worden hier vergeleken met de geobserveerde effecten.

Tabel 5 – Ecologische criteria van de stortproef

Vooropgesteld	Geobserveerd
Criterion 1: Ophogen van de Plaat van Walsoorden	
Op 25% van de plaat meer dan 4 cm, op 50% van de plaat meer dan 2 cm of op 100% van de plaat meer dan 1 cm wordt als een probleem beschouwd.	Uit puntmetingen blijkt aan de westrand van de plaat een verlaging van 3,3 à 3,6 cm/jaar, het centrale deel van de plaat verhoogt à rato van 2,5 cm/jaar. Deze trend blijkt eveneens uit de MOVE metingen.
Criterion 2: Wijziging percentage intertidale slib	
Op 50% van de plaat meer dan 40% wijziging in het slibgehalte of op 100% van de plaat meer dan 20 % wijziging in het slibgehalte wordt als een probleem beschouwd.	Uit de korrelanalyses van de stalen genomen op de plaat blijkt dat er geen significante afwijking is ten gevolge van de stortproef. De seizoensale afwijkingen in het slibgehalte werden wel duidelijk gemeten.
Criterion 3: Wijziging intertidale macrobenthos	
De dichtheid, biomassa en diversiteit van de intertidale macrobenthos mag niet afwijken van de langetermijn trends.	Geen significante afwijkingen van het intertidale macrobenthos onder invloed van de stortproef werden waargenomen. Een verschuiving naar meer laagdynamisch milieu werd wel waargenomen, maar dit was ook het geval in de controlezone het geval, en kan dus niet geweten worden aan de stortproef.

Concluderend kunnen we stellen dat het storten in deze proef geen aanleiding heeft gegeven tot significante nadelige ecologische gevolgen. Voor de proefstorting van 2006 lijken grootschalige effecten op het macrobenthos te zijn uitgebleven. Voor de stortlocatie kan dit echter niet met zekerheid worden gesteld, omdat er geen voorafgaande bemonstering kon worden uitgevoerd om de natuurlijke habitat en macrobenthosgemeenschap te karakteriseren.

In het intertidale gebied is de soortendiversiteit van het macrobenthos toegenomen. Ook de samenstelling van het macrobenthos is significant veranderd. De ontwikkeling lijkt samen te hangen met een geleidelijke ophoging en meer laagdynamisch worden van het centrale deel van de plaat. De veranderingen lijken gerelateerd te zijn aan een langjarige ontwikkeling van de plaat, en niet aan de proefstorting. Er werden eveneens geen significante veranderingen in sedimentsamenstelling geconstateerd.

Omdat het gestorte materiaal slechts langzaam richting de plaat wordt getransporteerd, is de morfologie van de plaat ook niet beïnvloed. De positieve ontwikkelingen naar een meer laagdynamisch milieu op het centrale deel van de plaat werd niet door de proefstorting veroorzaakt. Dergelijke positieve gevolgen waren ook niet verwacht, gezien de relatief beperkte omvang van de stortingen. Aangezien er echter geen negatieve gevolgen zijn, gerelateerd aan de proefstorting kan deze niettemin succesvol genoemd worden.

6 Doorvertaling beleid en beheer

Ten gevolge van het succes van de stortproeven van 2004 en 2006, werd besloten deze nieuwe stortstrategie, waarbij baggerspecie gestort wordt langs plaatranden, uit te breiden naar meerdere locaties in de Westerschelde. In het kader van het project verruiming vaargeul, volgde uit het milieueffectenrapport [14] en de passende beoordeling dat de variant waarbij de aanlegbaggerspecie (en een deel van de onderhoudsbaggerspecie) langs de plaatranden wordt gestort, het meest milieuvriendelijke alternatief is. Verder onderzoek [15] werd uitgevoerd om te achterhalen hoe deze strategie kan ingepast worden binnen het toekomstige bagger- en stortbeleid.

Vier locaties langs plaatranden in de Westerschelde werden voorgesteld als toekomstige stortlocaties voor gebaggerd materiaal. De nieuwe stortstrategie creëert immers nieuwe, ecologisch waardevolle gebieden zonder het meergeulenstelsel in gevaar te brengen. Hierdoor wordt op een pro-actieve manier bijgedragen aan de streefbeelden voor het estuarium uit de lange termijnvisie.

7 Aanbevelingen

Bij de analyse van de proefstortingen werd de nadruk vooral gelegd op de zone rond de eigenlijke proefstorting en de zone tussen stortvak en plaat van Walsoorden. Vooral bij deze tweede proefstorting blijkt echter dat een deel van het gestorte materiaal buiten deze zone getransporteerd wordt. Door de sterke hydro- en morfodynamiek hier is de invloed van het materiaal dat buiten het gebied getransporteerd wordt moeilijk te onderzoeken. Aanbevolen wordt dus een beter inzicht te verkrijgen in de morfodynamiek in enerzijds de zone Schaar van Waarde / Schaar van Valkenisse – om de mogelijke transporten uit de richting van de proefstortzone in te schatten – en anderzijds het Zuidergat / drempel van Hansweert – om de aanzandingsprocessen van de drempel in beeld te brengen.

Bij de proefstorting van 2004 werd de hypothese geopperd dat de proefstorting de hydrodynamiek in het systeem zodanig verstoort dat de verwachte erosie niet onmiddellijk van start gaat, maar tijdelijk afzetting van materiaal vastgesteld werd. Bij de proefstorting van 2006 werd deze trend niet zo duidelijk waargenomen. Aangezien hier echter op grotere diepte, en dus in meer dynamisch gebied gestort werd, zal een stortvolume van dezelfde grootteorde op deze plaats een kleinere invloed hebben op de lokale dynamiek. Aangezien bij invoering van deze stortstrategie binnen het reguliere baggeren en storten, de stortvolumes echter groter zullen zijn, strekt het tot aanbeveling de invloed van stortingen op de lokale morfo- en hydrodynamiek verder te onderzoeken.

Hoewel beide uitgevoerde proefstortingen in de zone voor de plaat van Walsoorden als succesvol bestempeld kunnen worden, mag niet uit het oog verloren worden dat het hier ging om zeer beperkte storthoeveelheden, die slechts een deel (ca. 20%) zijn van de storthoeveelheden die nodig zijn voor de volledige reconstructie van de plaatpunt. Bij het in voege treden van de voorgestelde stortstrategie blijft uitgebreide monitoring dus noodzakelijk, allereerst om te zien of de resultaten bij hogere storthoeveelheden nog steeds positief blijken, anderzijds om een aantal gewenste effecten te evalueren die wegens de beperktheid van de proefstortingen niet gecontroleerd konden worden:

- Beter spreiding van de vloedstroming tussen de eb- en de vloedgeul;
- De toename van de snelheden in de naastliggende geulen aan de plaat van Walsoorden, in het bijzonder boven de drempel van Hansweert. Op deze manier kan het zelfroderend vermogen toenemen en de baggerinspanning gereduceerd worden;
- Het verrijken van het ondiepwater- en intergetijdengebied met fijnere korrelfracties ten gevolge van een reductie van de stroomsnelheden in deze gebieden;

Naast alternatieve stortstrategieën dient ook aandacht besteed te worden aan morfologisch baggeren en het beheer van harde begrenzingen (dijken, harde lagen) in het estuarium, om zo tot een gebalanceerd morfologisch beheer voor het Schelde-estuarium te komen.

8 Referenties

- [1] RIKZ, "Westerschelde, stram of struis?", 1997
- [2] Port of Antwerp Expert Team (PAET), "Improving navigation conditions in the Westerschelde and managing its estuarine environment – How to Harmonize accessibility, safety and naturalness", Januari 2001
- [3] Port of Antwerp Expert Team (PAET), "A strategy for managing the Westerschelde's morphology – An addendum to the final report", Mei 2001
- [4] Port of Antwerp Expert Team (PAET), "Alternative Dumping Strategy. The Feasibility of Morphological Dredging as a Tool for Managing the Westerschelde.", September 2003.
- [5] Flanders Hydraulics Research, "M678/1 Alternative dumping strategy Walsoorden – Results physical & numerical modelling", November 2003
- [6] Second Opinion, "An alternative strategy for dumping in the Scheldt estuary – Comments of the expert team", Oktober 2003
- [7] Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, "Alternatieve Stortstrategie Westerschelde – Proefstorting Walsoorden – Eindevaluatie Monitoring", April 2006
- [8] Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, "Advies voor de stortstrategie toegepast bij de uitvoering van de storting nabij de plaat van Walsoorden in 2006", December 2005
- [9] Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, "Beneden Zee- en Westerschelde – Morfologische analyse van de bagger- en stortintensiteitsdata van 2000 tot en met 2005", Juni 2007
- [10] Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, "Habitatmapping - deelrapport 1: classificatie op basis van bodemvormen en hydrodynamica", Januari 2009
- [11] NIOO, "Alternatieve stortstrategie voor de Westerschelde – Ecologisch Monitoringsprogramma proefstorting Walsoorden – Rapport 11/11", Maart 2006
- [12] NIOO, "Alternatieve stortstrategie voor de Westerschelde – Voortzetting monitoringsprogramma proefstorting Walsoorden – Lot 2 – Ecologische monitoring", Juni 2007
- [13] RIKZ, "Monitoring van de effecten van de verruiming 48'-43'-38' – MOVE Hypothesen – document 2003 – MOVE Rapport 7", Juni 2003
- [14] Consortium Arcadis-Technum (CAT), 2007. "Hoofdrapport Milieueffectrapport - Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde", Oktober 2007.
- [15] Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, "Determinatieonderzoek plaatrandstortingen" – 3 deelrapporten, 2008.

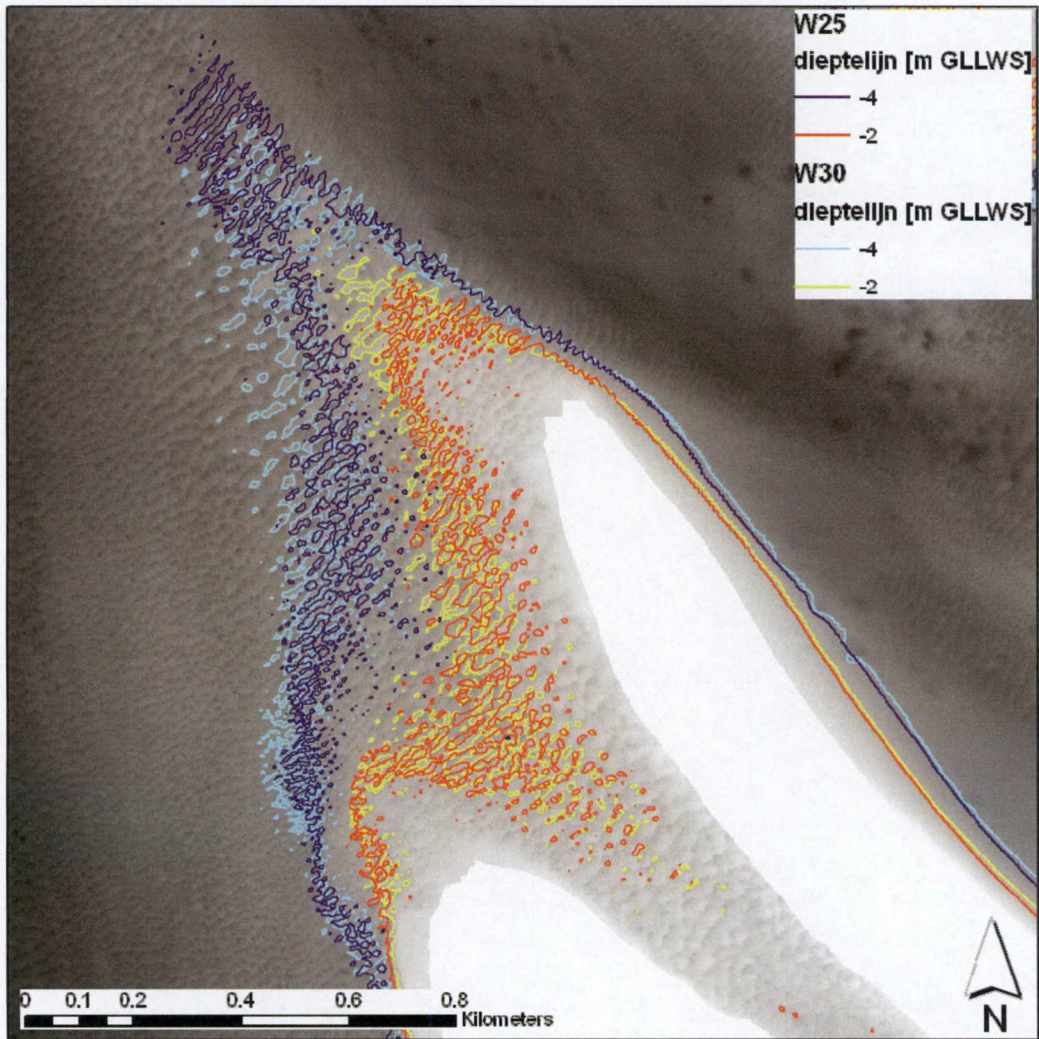
Bijlage A – Overzicht uitgevoerde peilingen

Overzicht van de beschikbare topo-bathymetrische data (multibeam echo sounding)

Peiling	Datum peiling	Zone
W01	12/01/2006	B
W02	16/01/2006	B
W03	23/01/2006	B
W04	6/02/2006	A
W05	13/02/2006	B
W06	20/02/2006	B
W07	27/02/2006	B
W08	6/03/2006	A
W09	16/03/2006	B
W10	20/03/2006	B
W11	27/03/2006	B
W12	10/04/2006	A
W13	24/04/2006	B
W14	2/05/2006	A
W15	29/05/2006	B
W16	6/06/2006	A
W17	4/07/2006	A
W18	31/07/2006	A
W19	28/08/2006	A
W20	2/10/2006	A
W21	2/11/2006	A
W22	6/12/2006	A
W23	4/01/2007	A
W24	31/01/2007	A
W25	15/03/2007	A

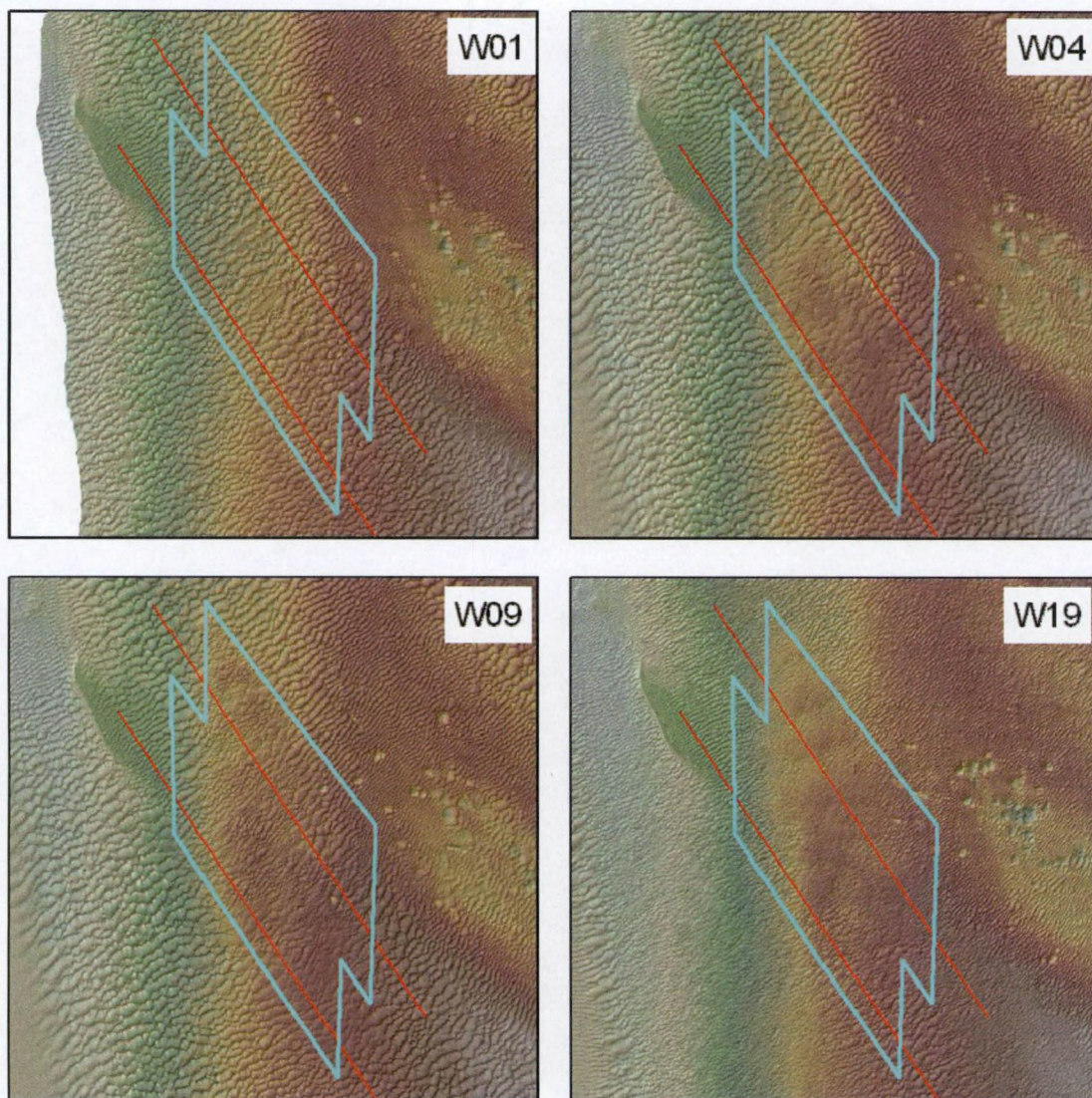
W26	9/05/2007	A
W27	7/07/2007	A
W28	10/09/2007	A
W29	15/11/2007	B
W30	7/01/2008	B

Bijlage B – Evolutie dieptelijnen



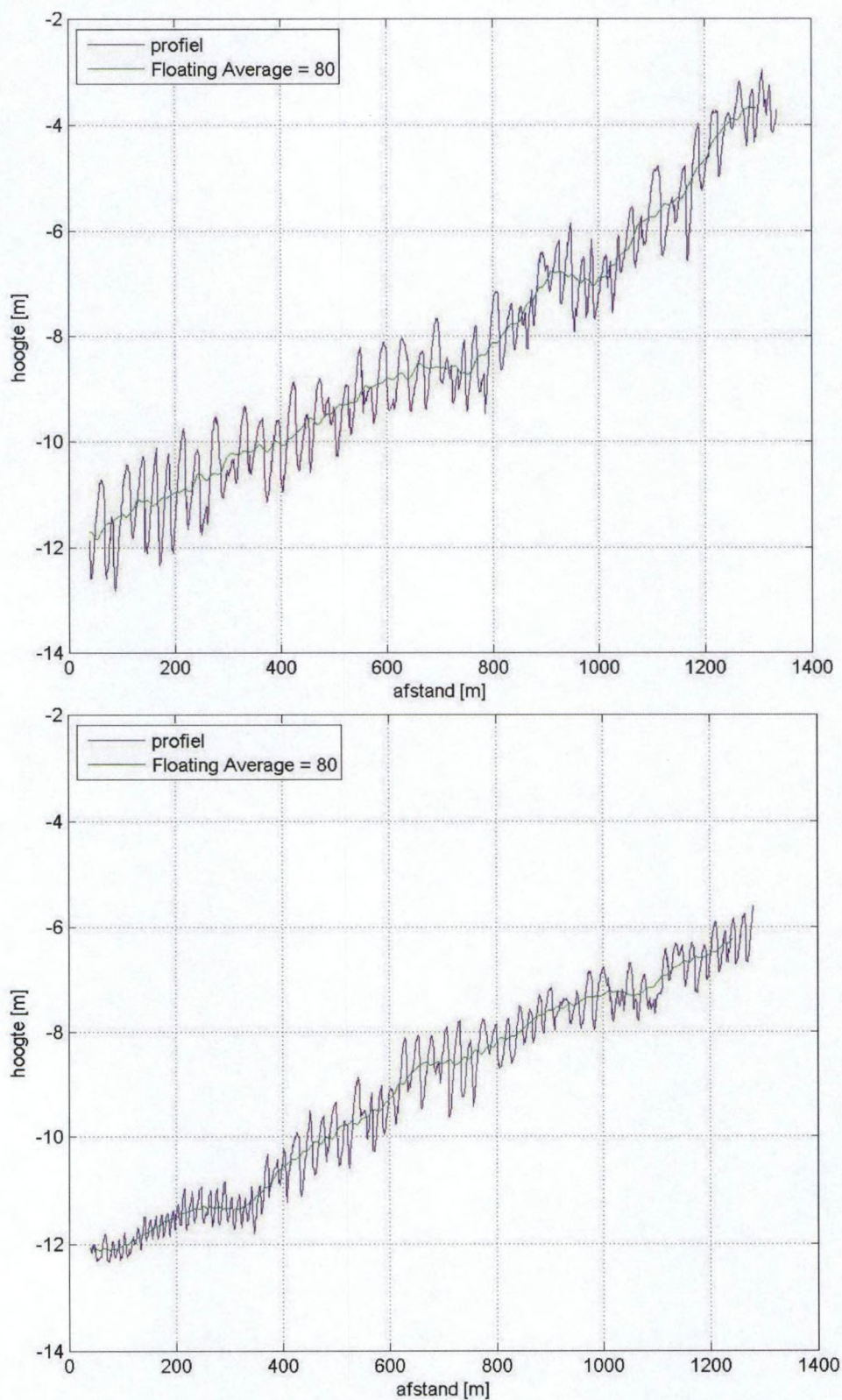
Figuur B 1 : Verschuiving dieptelijnen -4 en -2 m GLLWS van W25 tot W30

Bijlage C – Duinontwikkeling

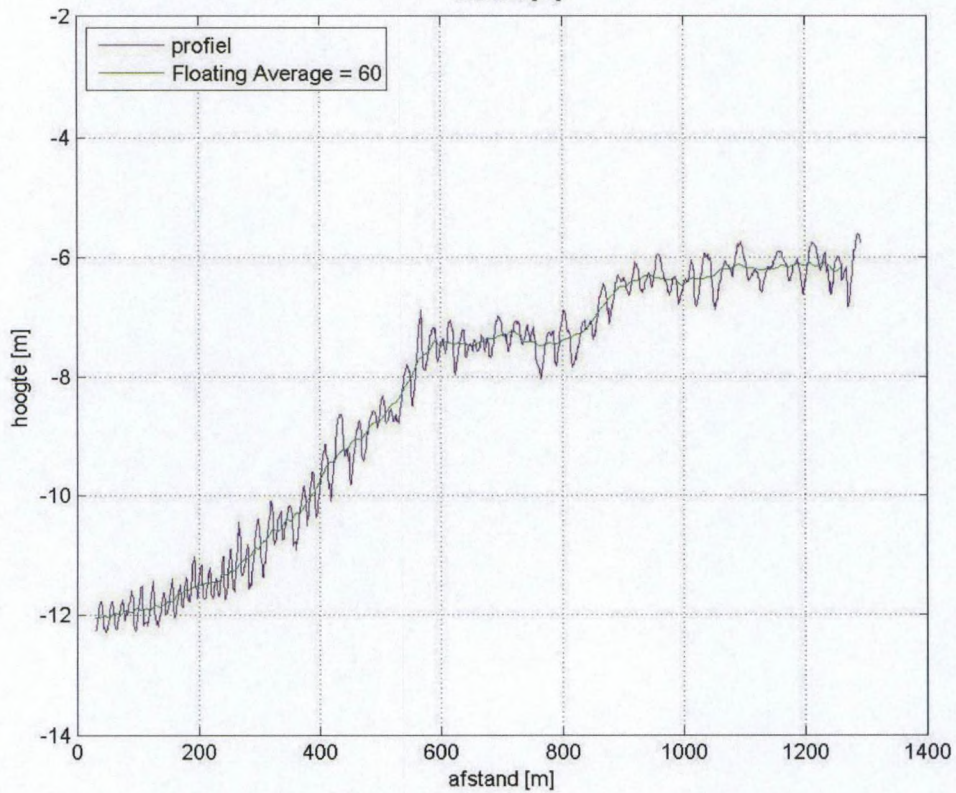
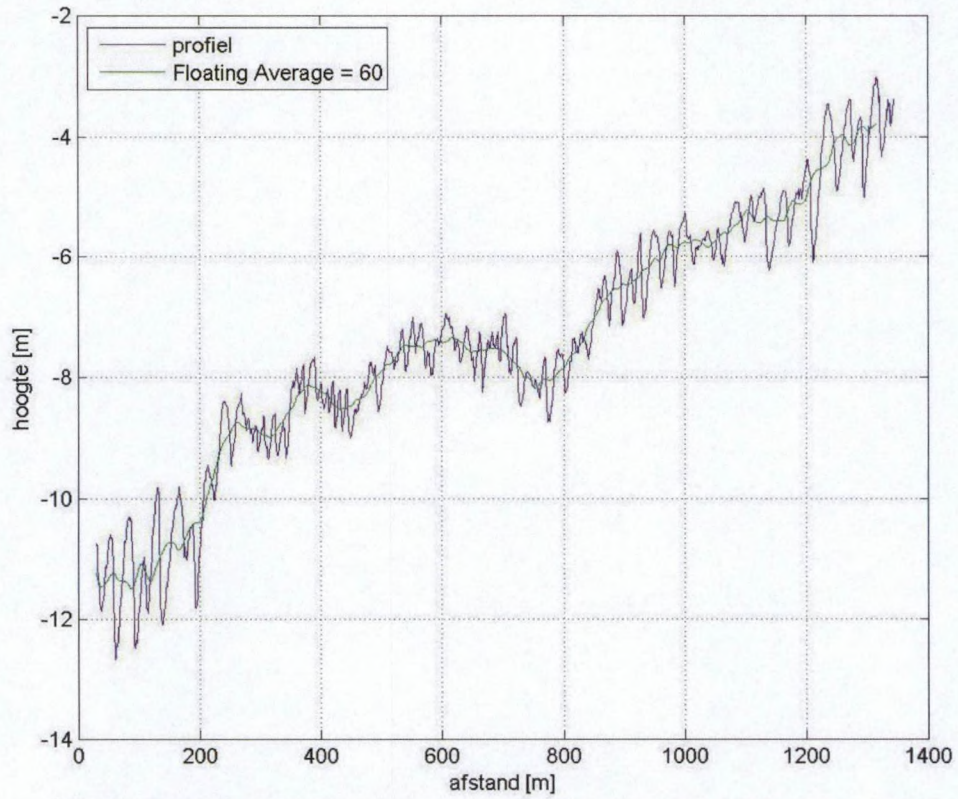


Figuur C 1: Shaded view van duinontwikkeling na stortfase A van proefstorting 2006

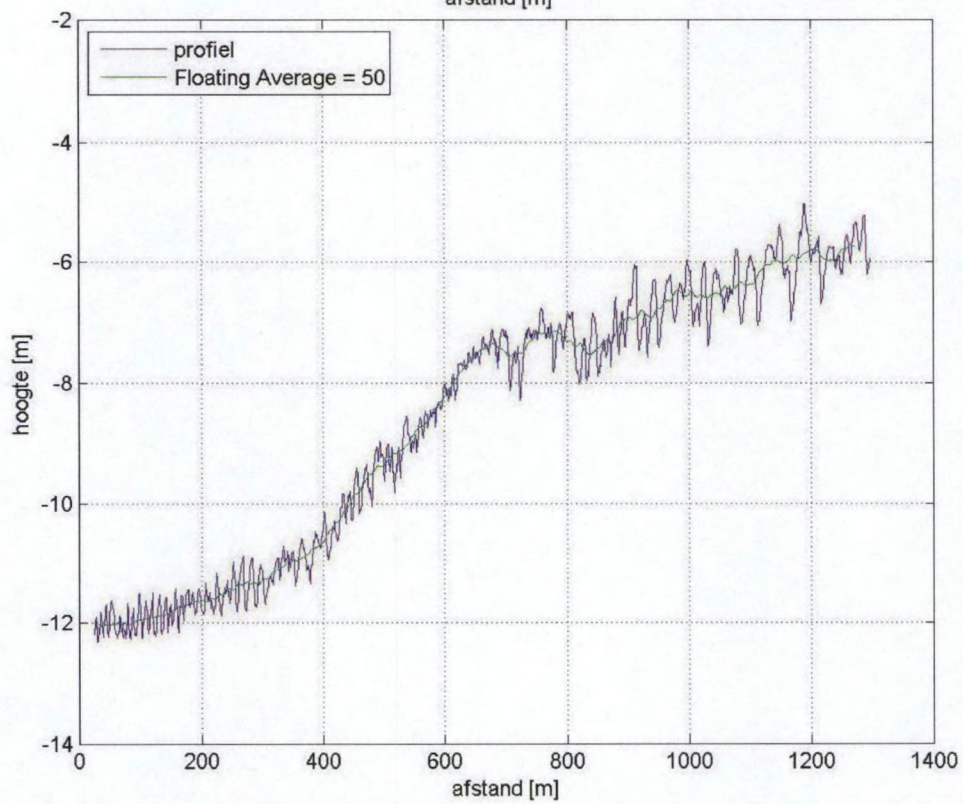
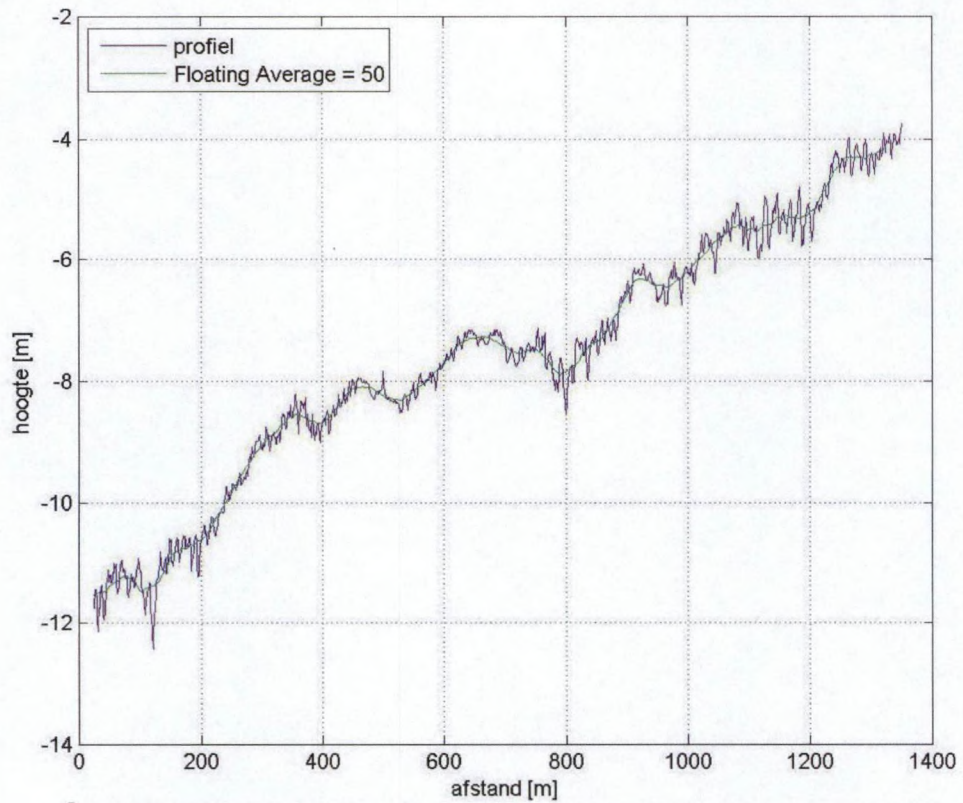
Bijlage D – Afleiden karakteristieken bodemvormen



Figuur D 1: Profiel en Floating Average voor W01 (boven: noorden, onder: zuiden)



Figuur D2 : Profiel en Floating Average voor W09 (boven: noorden, onder: zuiden)

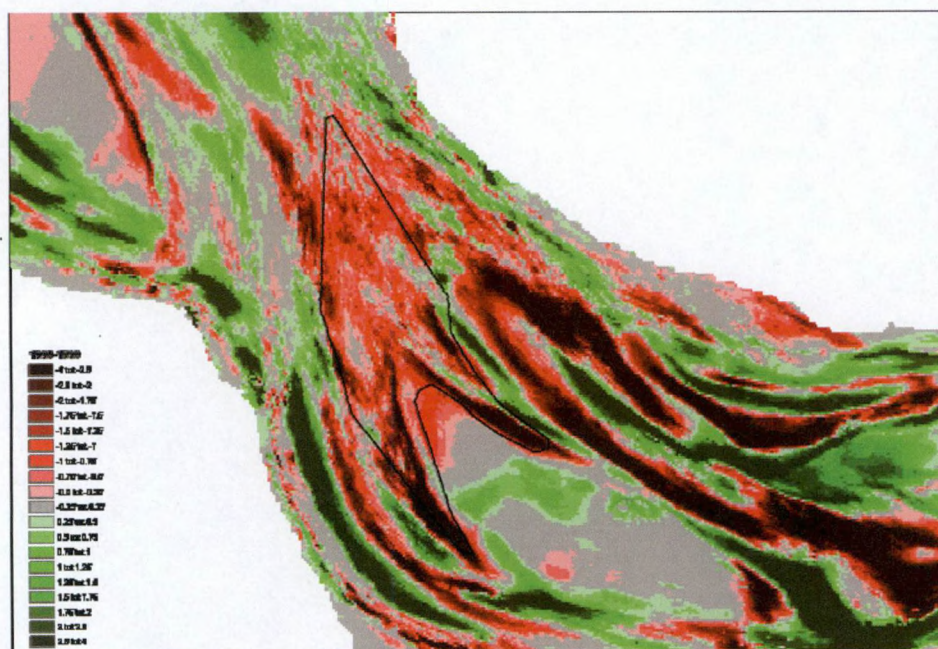


Figuur D 3 - Profiel en Floating Average voor W19 (boven: noorden, onder: zuiden)

Bijlage E – Langjarige morfologische evoluties

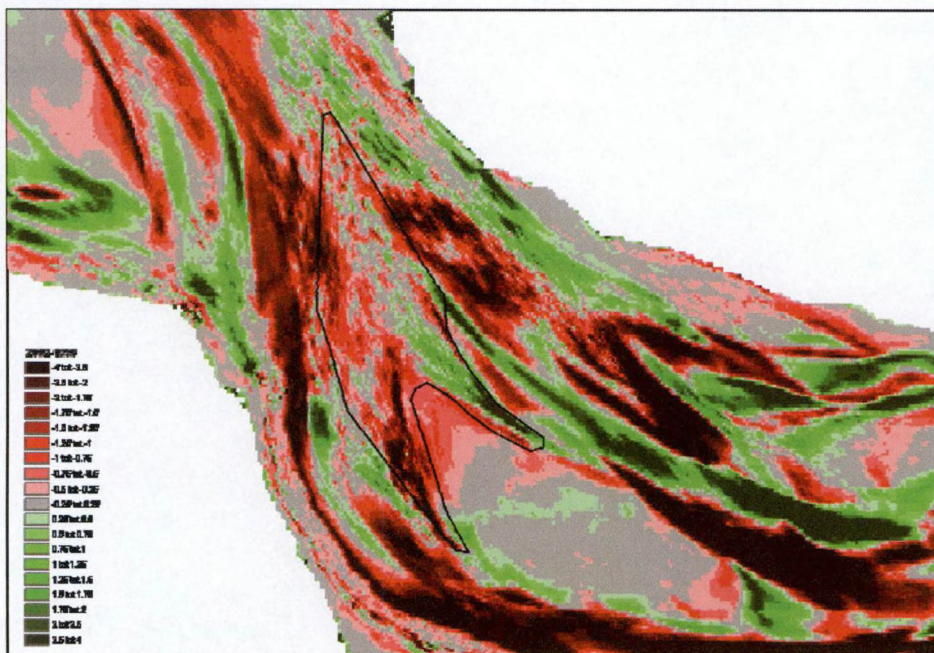
Teneinde na te gaan of het volumeverlies na stortfase A en stortfase B, in de polygoon weergegeven op onderstaande figuren, deel uitmaakt van een ontwikkeling op de lange termijn, werden bijkomende volumeberekeningen uitgevoerd. Voor elk jaar van 1990 tot en met 2007 werden volumeveranderingen berekend op basis van de topo-bathymetrische gegevens van Rijkswaterstaat. Naast deze volumeberekeningen werden bijkomende verschilkaarten opgemaakt per periode van 6 jaar. Figuren 1 tot en met 3 geven verschilplots van resp. 1990 tot 1996, 1996 tot 2002 en 2002 tot 2007.

Figuur E1 (1990-1996) toont sterke erosie binnen de polygoon, waarbij ook erosie aan de plaatpunt van Walsoorden opvalt. Zowel langs de noordelijke zijde (secundaire vloedgeul), als de zuidelijke zijde wordt een erosie waargenomen van meer dan 4 m over een periode 6 jaar. De noordelijke zandtong roteert in wijzerzin, met sedimentatie langs de kant van de Schaar van Waarde, en erosie langs de kant van de secundaire vloedgeul.



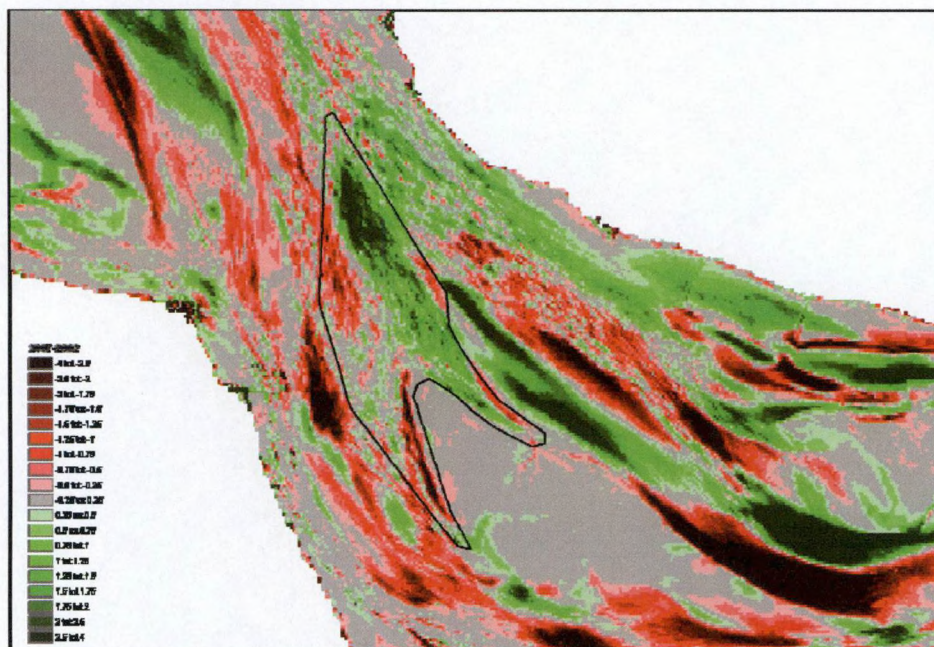
Figuur E1: Verschilplot tussen 1990 en 1996

In de volgende periode (figuur E2 – 1996-2002) is de erosie langs de noordelijke zijde van de plaatpunt minder uitgesproken en is er in de secundaire vloedgeul zelfs sprake van aanzanding. In het zuidelijke deel van de controlepolygoon, zowel direct langs de plaatpunt als verder er vandaan, blijft de erosie wel duidelijk, net als aan de zeewaartse punt van de plaat van Walsoorden zelf. Verder is het 'draaien' van de noordelijke zandtong zichtbaar, met erosie op de zandtong zelf en afzettingen in de richting van de Schaar van Waarde.



Figuur E2: Verschilplot tussen 1996 en 2002

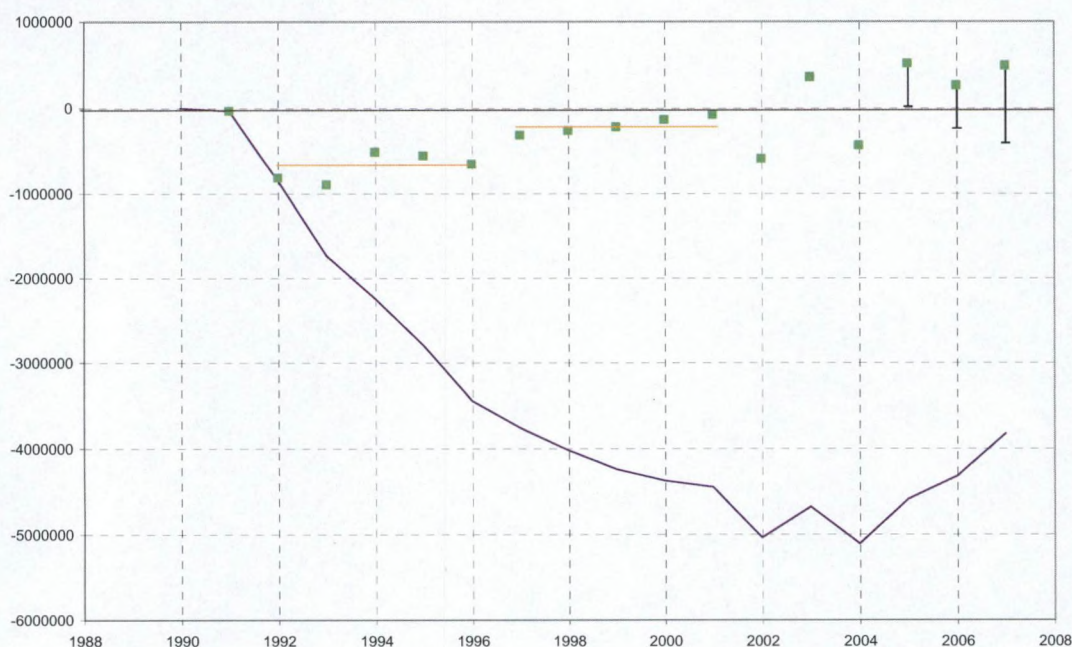
Tussen 2002 en 2007 (figuur E3), de periode waarbinnen zowel de proefstorting van 2004 als die van 2006 vallen, is er duidelijk een sedimentatie te zien ter hoogte van beide stortzones. Ook in de secundaire vloedgeul is ophoging zichtbaar. Aan de zuidzijde van de polygoon is nog steeds erosie zichtbaar, maar minder uitgesproken. Opvallend is dat de plaatpunt van de plaat van Walsoorden weinig tot geen erosie meer vertoont, vermoedelijk door afscherming van de plaatpunt door de stortingen (en aanvoer van materiaal uit de stortzone).



Figuur E3: Verschilplot tussen 2002 en 2007

Op basis van de topo-bathymetrieën (bron: Rijkswaterstaat Zeeland) werden voor de grotere controlepolygoon volumeveranderingen van jaar op jaar bepaald. De resultaten hiervan worden weergegeven in figuur E4. De blauwe lijn geeft de cumulatieve volumeveranderingen (berekend op basis van het volume water onder referentievlak) weer, de groene punten de volumeverandering per jaar.

Buiten twee uitschieters (2002 en 2004) is hier een vrij regelmatig verloop waarneembaar. Van 1991 tot 2003 kan een dalende trend (toename van het watervolume) vastgesteld worden, die langzaam afneemt. Van 1991 tot 1996 verdwijnt gemiddeld 650.000 m³ materiaal per jaar uit de polygoon, van 1997 tot 2001 gemiddeld 220.000 m³ per jaar (weergegeven door oranje lijnen). In de volgende jaren is er aangroei (afname van het watervolume) zichtbaar, veroorzaakt door de proefstortingen in 2004 en 2006-2007. Wanneer echter de invloed van de stortingen in rekening gebracht wordt (volumes van 2005 t.e.m. 2007 verminderen met de gestorte volumes – aangegeven door foutenbalk), blijkt de trend nog steeds licht dalend te zijn.

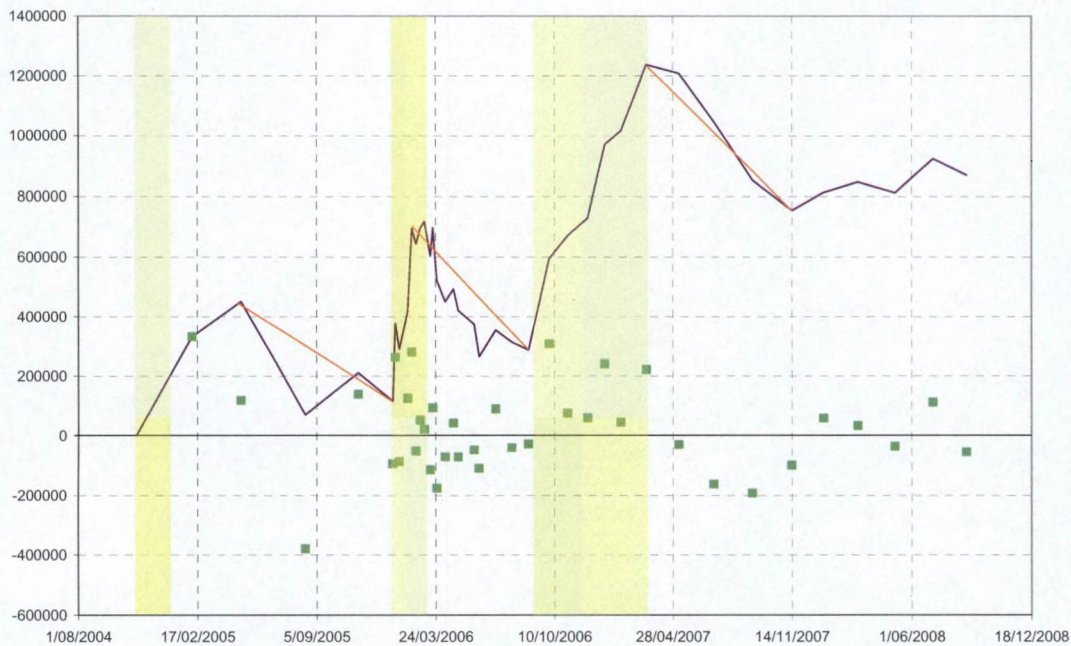


Figuur E4: Volumeveranderingen van 1991 tot 2007 o.b.v. gegevens RWS Zeeland

Aan de hand van de Eurosense metingen van 2004 tot 2008 wordt het effect van de proefstortingen en de hierop volgende erosie vergeleken met de algemene trend die voor de proefstortingen werd waargenomen.

Figuur E5 geeft opnieuw de cumulatieve volumeverandering (berekend op basis van het watervolume onder referentievlak) weer in het blauw, de groene punten geven de volumeveranderingen van jaar op jaar weer. De stortperiodes worden aangeduid met een gele achtergrond. Na elke stortperiode werd de gemiddelde erosiesnelheid (oranje lijnen) binnen de grotere controlepolygoon berekend. Dit geeft volgend resultaat: ca. 500.000 m³ per jaar na de stortproef van 2004, ca. 860.000 m³ per jaar na fase A van de stortproef van 2006, en ca. 720.000 m³ per jaar na fase B van de stortproef van 2006.

De erosiesnelheden zijn na de stortproeven dus iets hoger dan de algemene trend, maar blijven van dezelfde grootte-orde. De erosie van de stortproeven moet dus gekaderd worden in een algemene erosieve trend ter hoogte van de zeewaartse punt van de Plaat van Walsoorden. In het begin van 2008 is een licht stijgende trend merkbaar. Verdere monitoring zal moeten uitwijzen of de dalende trend omgebogen is, dan wel of het hier gaat om een tijdelijke verandering, mogelijk het gevolg van seizoensale (winter) effecten. Vergelijking met de winters in vorige jaren is niet mogelijk, aangezien er dan telkens proefstortingen gaande waren.



Figuur E5: Volumeverandering van midden 2004 tot 2008 o.b.v. Eurosense metingen



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be

