



Vlaanderen
is wetenschap



19_065_3
WL rapporten

VNSC,
Update evaluatiemethodiek

Sedimentbalans

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Update evaluatiemethodiek

Sedimentbalans

Meire, D.; Schrijver, M.; Plancke, Y.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2021
D/2021/3241/144

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Meire, D.; Schrijver, M.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2021). Update evaluatiemethodiek: Sedimentbalans. Versie 4.0. WL Rapporten, 19_065_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen & Rijkswaterstaat Zee & Delta: Middelburg..

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	VNSC	Ref.:	WL2021R19_065_3
Keywords (3-5):	VNSC, sedimentbalans, Schelde estuarium, zand, slib, evaluatiemethodiek		
Kennisdomeinen:	Morfologie > Sedimentbalans > Literatuur – en desktopstudie		
Tekst (p.):	16	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Meire, D.; Schrijver, M. (Rijkswaterstaat)
------------	--

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2021-08-24 14:38:03 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>
Projectleider:	Meire, D.	Getekend door: Dieter Meire (Signature) Getekend op: 2021-07-06 15:01:34 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Dieter Meire</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2021-07-01 15:45:31 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Frank Mostaert</i>
-----------------	--------------	--



Abstract

6-jaarlijks wordt een evaluatie opgemaakt door de VNSC omtrent het functioneren van het Schelde - estuarium, op basis van de drie hoofdfuncties : veiligheid, natuurlijkheid en toegankelijkheid. Deze evaluatie wordt opgemaakt op basis van een vooropgestelde evaluatiemethodiek (Holzhauer et al., 2011). Tussen de T2015, de evaluatie voor het jaar 2015 en de geplande T2021, wordt een update van deze evaluatiemethodiek voorzien. In het kader van deze update wordt door het WL, in samenwerking met Rijkswaterstaat, nagegaan of en hoe enkele parameters zouden opgenomen kunnen worden in de evaluatiemethodiek voor het Schelde-estuarium. Hierbij wordt gekeken naar getijvoortplanting (bij stormen), nautische aspecten en sedimentbalans. In dit rapport wordt de parameter sedimentbalans beschreven.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Inleiding	1
2 Sedimentbalans: een overzicht	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Zeeschelde.....	2
2.3 Westerschelde	5
3 Methodiek huidige sedimentbalansen.....	11
3.1 Overeenkomst & verschillen sedimentbalans.....	11
3.1.1 Methodiek “balans”	11
3.1.2 Menselijke ingrepen	12
3.2 Toekomstige evoluties sedimentbalans	12
4 Sedimentbalans in evaluatiemethodiek.....	14
5 Referentielijst	16

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht van studiegebied en opdeling ervan in sedimentbalans Haecon.....	3
Figuur 2 – Globale resultaten zandbalans voor Zeeschelde.....	3
Figuur 3 – Overzicht van studiegebied en opdeling ervan in sedimentbalans WL.....	4
Figuur 4 – Schematische voorstelling slibtransport (links) en zandtransport (rechts) over de periode 2001 – 2011 in Mm ³	5
Figuur 5 – Globale resultaten zandbalans voor de Westerschelde.....	5
Figuur 6 – Zandbalans zoals voorgesteld in Nederbragt (2004), met volumes in Mm ³	6
Figuur 7 – Overzicht van zandbalans zoals schematisch weergegeven in Nederbragt et al. (2003), met mondingsgebied en Westerschelde in beschouwing.	7
Figuur 8 – Sedimentvolume in de Westerschelde voor de periode 1955 – 2011 uit Cleveringa et al. (2013), voor het oostelijke (boven) en westelijke (onder) deel van de Westerschelde.....	8
Figuur 9 – Sedimentstromen in de Westerschelde, opgedeeld in 3 periodes	9
Figuur 10 – Interpolatie van het slibgehalte in de Westerschelde volgens McLaren	10
Figuur 11 – Sedimentbalans voor zand en slib uit Cleveringa et al. (2013) voor de periode 1994 - 2010.....	10
Figuur 12 – Zand – slib verhouding voor verschillende geaggregeerde ecotopenklassen voor de volledige Zeeschelde.....	11
Figuur 13 – Plaat- en geulsysteem piramide zoals beschreven in Evaluatiemethodiek.....	14

1 Inleiding

6-jaarlijks wordt een evaluatie opgemaakt door de VNSC omtrent het functioneren van het Schelde - estuarium, op basis van de drie hoofdfuncties : veiligheid, natuurlijkheid en toegankelijkheid. Deze evaluatie wordt opgemaakt op basis van een vooropgestelde evaluatiemethodiek (Holzhauer et al., 2011). Tussen de T2015, de evaluatie voor het jaar 2015 en de geplande T2021, wordt een update van deze evaluatiemethodiek voorzien. In het kader van deze update wordt door het Waterbouwkundig Laboratorium (WL), in samenwerking met Rijkswaterstaat (RWS), nagegaan of en hoe enkele parameters zouden opgenomen kunnen worden in de evaluatiemethodiek voor het Schelde-estuarium. Hierbij wordt gekeken naar getijvoortplanting (bij stormen), nautische aspecten en sedimentbalans. In dit rapport wordt de parameter sedimentbalans beschreven.

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 een overzicht gegeven van sedimentbalans studies sinds 2000. In hoofdstuk 3 worden de meest recente sedimentbalansen voor Zeeschelde en Westerschelde, en hun onderlinge verschillen, in meer detail besproken. In hoofdstuk 4 wordt een aanbeveling voorgesteld hoe de sedimentbalans best kan worden opgenomen in de evaluatiemethodiek.

2 Sedimentbalans: een overzicht

2.1 Inleiding

Een sedimentbalans is een eenvoudige massa- of volumebalans van sediment in een beschouwd gebied, eventueel ruimtelijk opgedeeld in meerdere rekencellen. Deze balans wordt gemaakt door alle volumeveranderingen te berekenen op basis van topo-bathymetrische data en gekende, menselijke fluxen (baggeren, storten, wrakverwijdering, ...) en natuurlijke fluxen (sedimentaanvoer) in rekening te brengen. Op deze manier kan de uitwisseling van sediment doorheen vooraf gedefinieerde rekengrenzen worden bepaald.

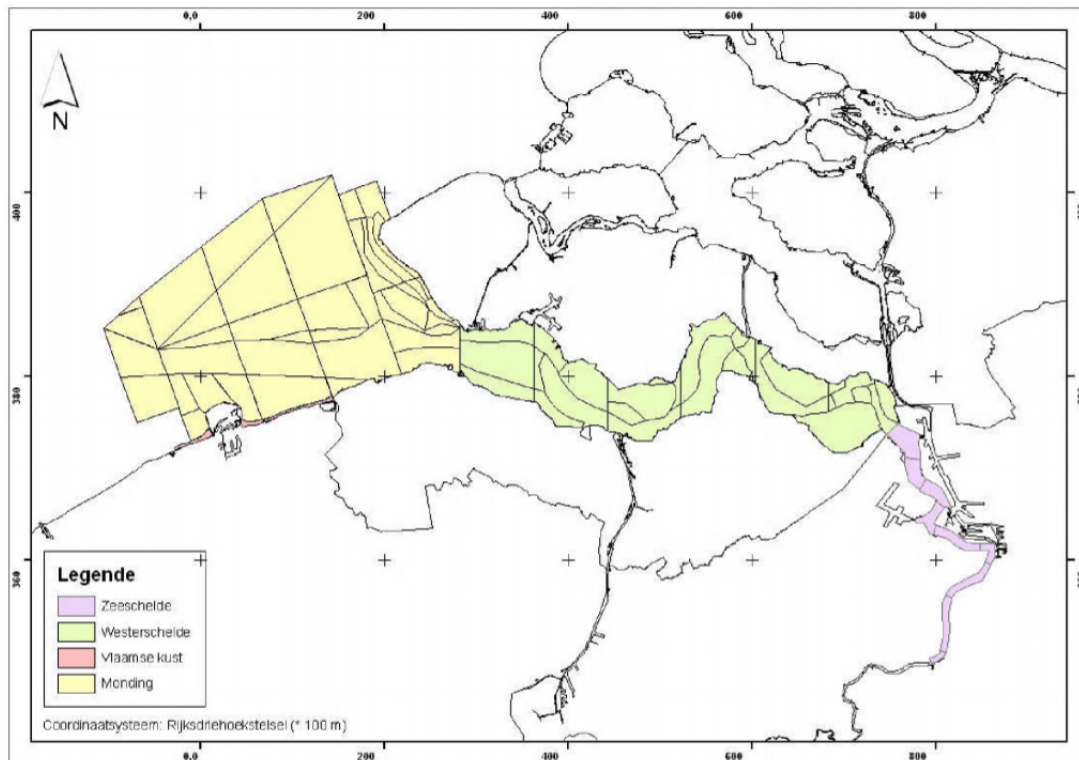
Een aandachtspunt is wel de manier waarop de informatie beschikbaar is: topo-bathymetrische veranderingen worden als volumeveranderingen (m^3/jaar) afgeleid uit peilingen, de sedimentaanvoer wordt als een massaflux (ton/jaar) berekend. De omrekening van volume naar massa is niet triviaal, aangezien verschillen in sedimentsamenstelling kunnen leiden tot verschillen in porositeit.

Door zowel de grote hoeveelheid aan data, meetfouten, het ontbreken van data en het (bijgevolg) maken van veronderstellingen, is enerzijds het uitvoeren van en anderzijds de interpretatie van een sedimentbalans geen eenvoudige aangelegenheid. Een overzicht van de sedimentbalansen die sinds 2000 werden opgesteld voor Zeeschelde en Westerschelde zijn in dit hoofdstuk weergegeven, een meer gedetailleerd overzicht van de methodiek is in hoofdstuk 3 weergegeven.

Aangezien dit overzicht enkel tot doel heeft een algemeen overzicht te geven van de verschillende sedimentbalansen, wordt vooral gefocust op de globale resultaten.

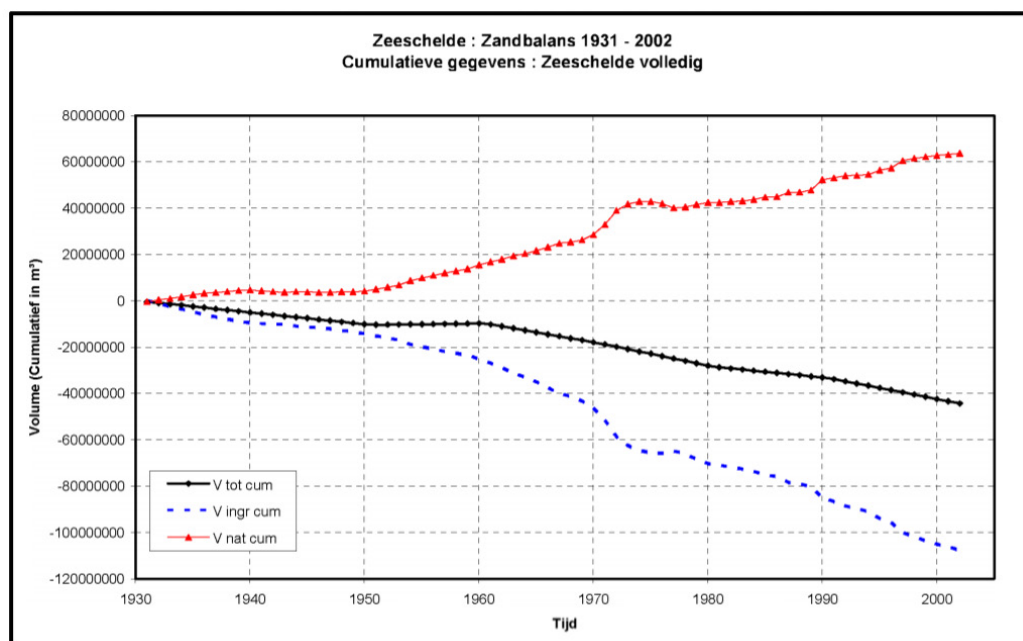
2.2 Zeeschelde

Het aantal studies met een sedimentbalans voor het Belgische gedeelte van de Schelde estuarium, is veel beperkter dan voor de Westerschelde. In 2006 werd door Haecon (Haecon, 2006) een sedimentbalans opgesteld vanaf de Rupelmonding tot en met het mondingsgebied, waarbij de Beneden-Zeeschelde dus mee werd beschouwd. Het studiegebied met indeling is weergegeven in Figuur 1. Deze sedimentbalans focust exclusief op de zandige fractie, voor een periode van 1931 tot 2004.



Figuur 1 – Overzicht van studiegebied en opdeling ervan in sedimentbalans Haecon (uit Haecon, 2006).

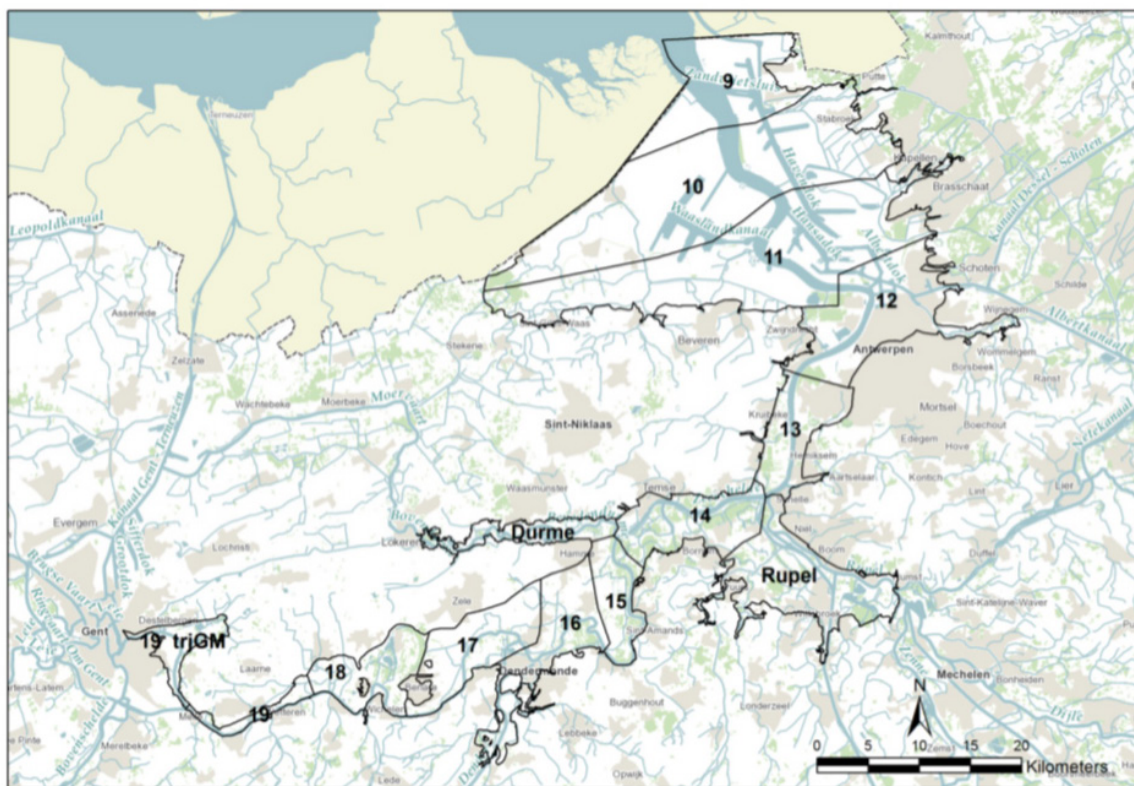
In deze studie wordt de Beneden – Zeeschelde opgedeeld in 9 deelgebieden, dus niet overeenkomend met de OMES-segmenten. Het transport van zand aan de opwaartse rand te Rupelmonde wordt als verwaarloosbaar verondersteld. De resultaten voor de Zeeschelde zijn weergegeven in Figuur 2. Hierin is een duidelijke verdieping waarneembaar (zwarte lijn) over de volledige periode, die echter kleiner is dan de cumulatieve som van de menselijke ingrepen (blauwe lijn).



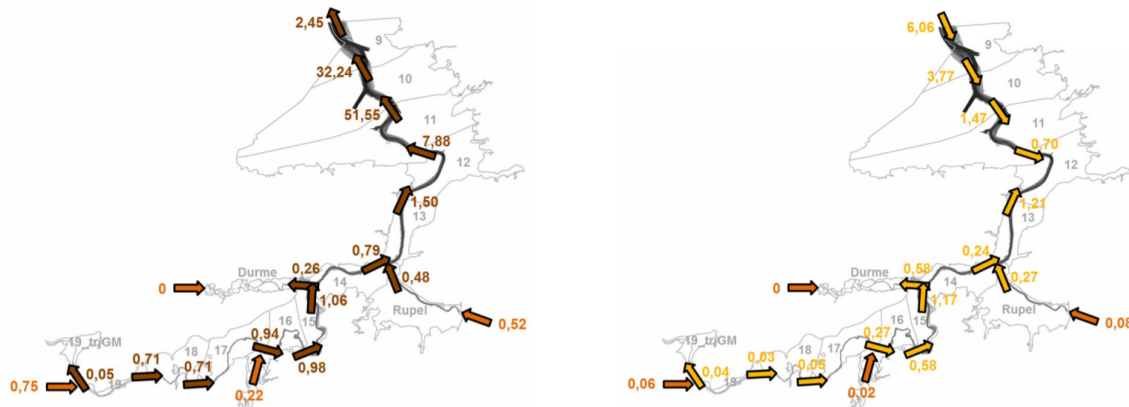
Figuur 2 – Globale resultaten zandbalans voor Zeeschelde, uit Haecon (2006).

Er wordt globaal (1931 – 2004) een import van zand uit de Westerschelde berekend van $894 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{jaar}$, die weergegeven is in de rode lijn (Figuur 2). Tot 1950 is de import haast onbestaande, indien enkel de periode 1950 – 2004 wordt beschouwd, wordt de import rond $1150 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{j}$ geschat. Voor de laatste beschouwde periode (1990 - 2002) is de import opnieuw iets lager, geschat rond $950 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{j}$.

Voor de periode van 2001 tot 2011 werd in Vandenbruwaene et al. (2017) een sedimentbalans opgesteld voor de volledige Zeeschelde en de Rupel. Hier wordt de Zeeschelde opgedeeld volgens de OMES segmenten, resulterend in 12 rekencellen voor de Zeeschelde zelf, aangevuld met een rekencel voor de Rupel en de Durme (weergegeven in Figuur 3). In tegenstelling tot de studie van Haecon (2006) wordt hier wel een onderscheid gemaakt tussen zand en slib. Dit verschil wordt gemaakt door voor verschillende OMES segmenten en verschillende ecotopentypes, een verhouding zand – slib voorop te stellen, gebaseerd op granulometrische staalnames (zie Figuur 12). Er wordt rekening gehouden met slibexport via de sluizen naar de havendokken (Dams et al., 2017) op rechteroever in Antwerpen (ca. $500 \cdot 10^3 \text{ TDS}/\text{jaar}$). Eveneens wordt de opwaartse sedimentinput in rekening gebracht, gebaseerd op metingen. Voor alle randvoorwaarden (Bovenschelde, Dender, Rupel) wordt hier een jaarlijkse input van ca. $540 \cdot 10^3 \text{ TDS}$ gehanteerd (Van Hoestenbergh et al., 2014). Het resultaat van de balans is weergegeven in Figuur 4, met respectievelijk de sedimentfluxen voor slib (links) en zand (rechts). Er wordt een zandimport van $606 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{jaar}$ berekend als input vanuit de Westerschelde. Dit is lager dan de waarde bekomen in de studie van Haecon (2006), waarbij het verschil niet enkel gerelateerd kan worden aan het verschil in zandtransport te Rupelmonde (0 m^3 verondersteld in Haecon (2006) vs. ca $50 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{j}$ in Vandenbruwaene et al. (2017). Momenteel wordt gewerkt aan een sedimentbalans voor de periode 2011 – 2015 (Vos et al., in prep.), volgens een vergelijkbare methodiek als Vandenbruwaene et al. (2017), maar waarbij gekozen wordt voor een massabalans in plaats van een volumebalans en er expliciet rekening gehouden wordt met de invloed van sedimentsamenstelling op de porositeit.



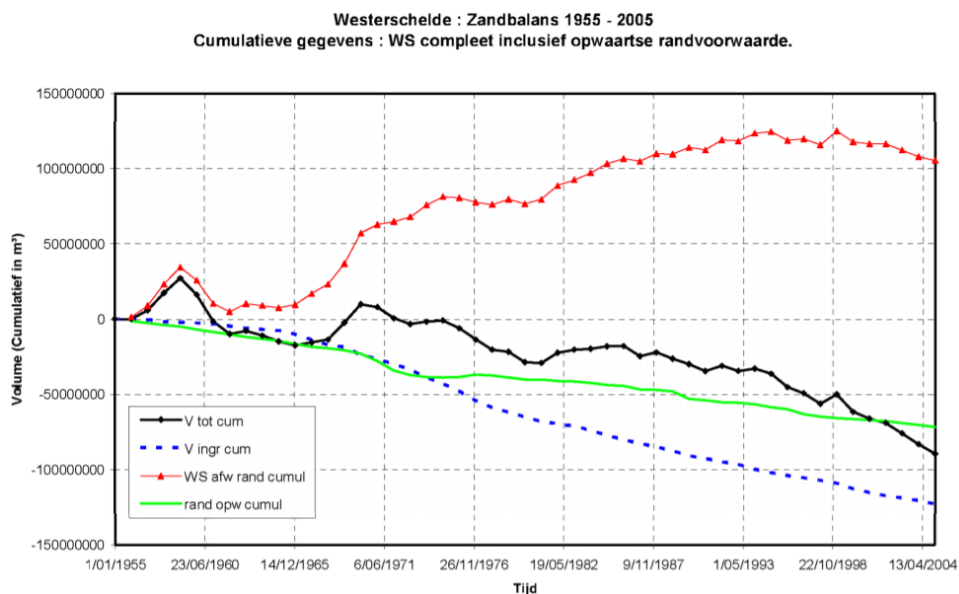
Figuur 3 – Overzicht van studiegebied en opdeling ervan in sedimentbalans WL (uit Vandenbruwaene et al., 2017).



Figuur 4 – Schematische voorstelling slibtransport (links) en zandtransport (rechts) over de periode 2001 – 2011 in Mm^3 zoals berekend in Vandenbruwaene et al. (2017)

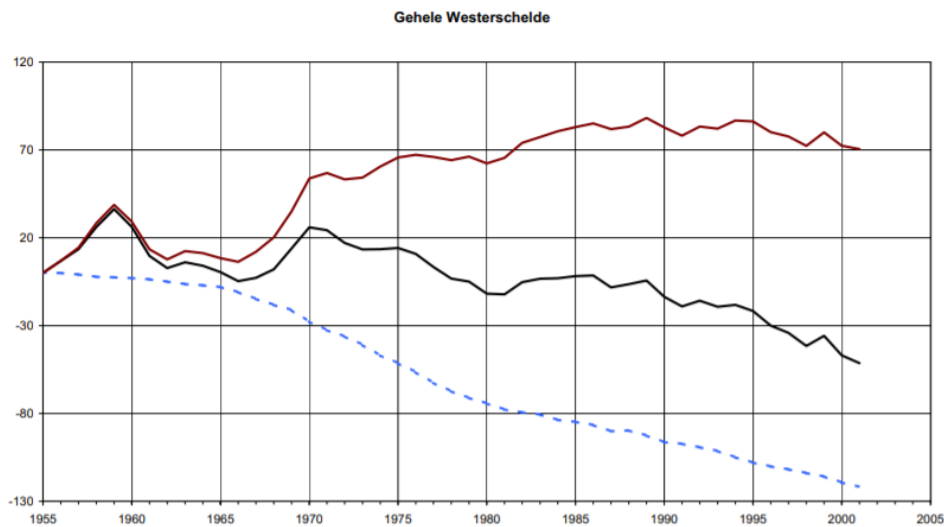
2.3 Westerschelde

Voor de Westerschelde is er een uitgebreide reeks van sedimentbalansen beschikbaar. In de studie van Haecon (2006), hierboven reeds beschreven voor de Zeeschelde, wordt de Westerschelde opgedeeld volgens de 6 macrocellen (zie Figuur 1). Er wordt gewerkt met beschikbare bathymetrische data van 1955 t/m 2004. Als opwaartse randvoorwaarde wordt de berekende sedimentflux richting Zeeschelde gehanteerd. Bovendien wordt een (constante) export van $300 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ verondersteld richting het Land van Saeftinghe. De totale volumes hiervan zijn in Figuur 5 weergegeven in de gele lijn. De blauwe lijn (Figuur 5) geeft de volumeveranderingen weer t.g.v. menselijke ingrepen: bagger- en stortgegevens, zandwinning en wrakopruiming. Voor de periode van 1955 tot 2004 wordt met de beschouwde aannames een (cumulatieve) zandimport geschat van $105 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vanuit het mondingsgebied richting de Westerschelde. Deze totale import wordt opgedeeld in periodes, met tussen 1955 en 1965 een schommelend verloop rond een evenwichtstoestand. Tussen 1965 en begin jaren '70 neemt de import sterk toe, waarna deze tot begin jaren '80 opnieuw stabiliseert. In de jaren '80 wordt opnieuw import berekend aan de grens Vlissingen – Breskens, om vanaf eind jaren '90 om te slaan naar (licht) exporterend op deze raai.

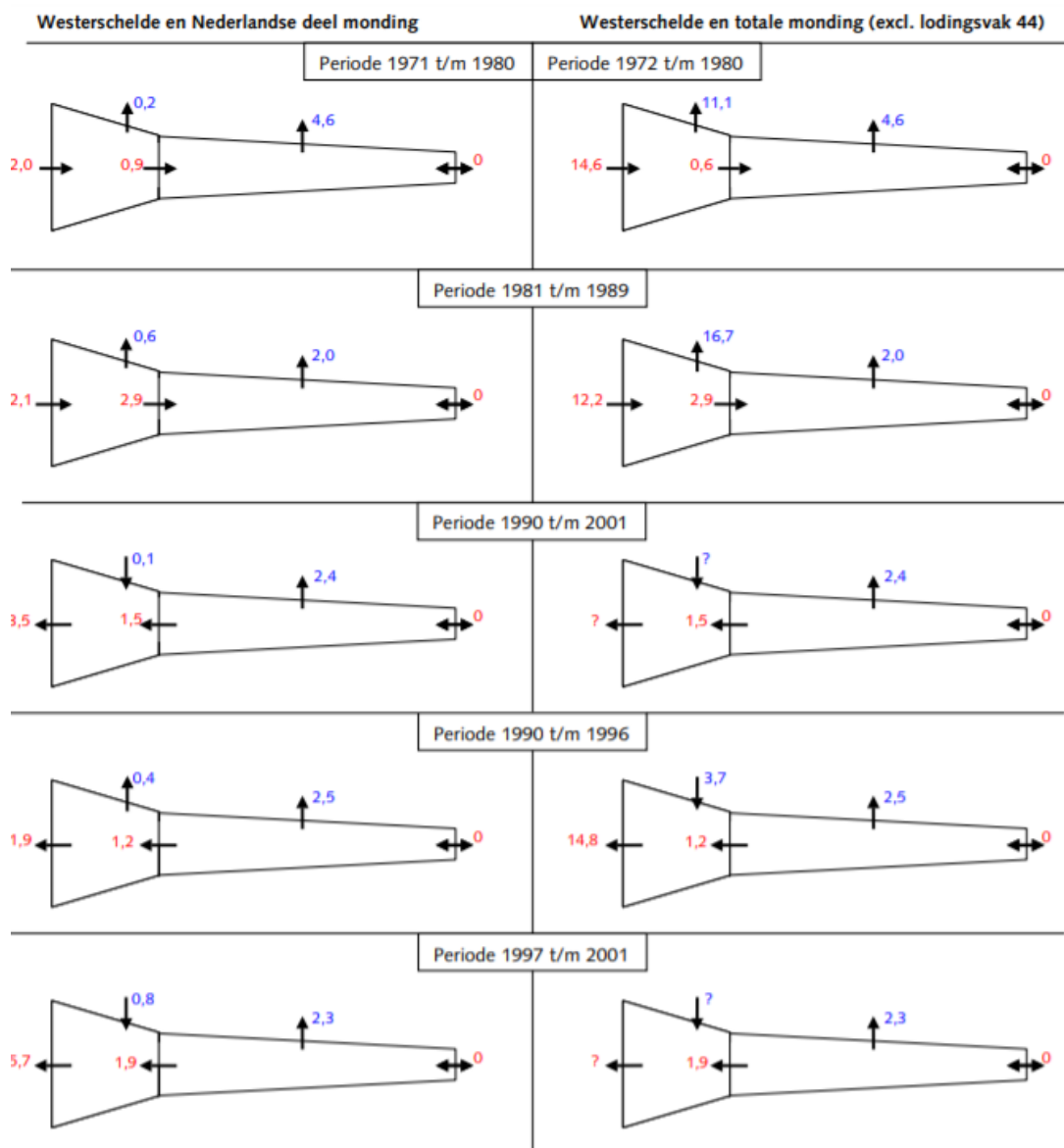


Figuur 5 – Globale resultaten zandbalans voor de Westerschelde, uit Haecon (2006).

In Nederbragt et al. (2004) wordt eveneens een sedimentbalans voor de Westerschelde voorgesteld. Hierbij worden eveneens de macrocellen gehanteerd (cfr. Haecon, 2006 en Figuur 1) als gebiedsindeling. Eenzelfde export van zand richting Saeftinghe wordt verondersteld ($0,3 \text{ Mm}^3$), het zandtransport over de Belgisch - Nederlandse grens wordt op 0 Mm^3 vastgelegd. Het verloop van de resultaten zijn identiek als de waarden gepresenteerd door Haecon (rode lijn Figuur 5 vs. Figuur 6). In absolute termen is de cumulatieve zandimport lager ($105 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vs. $70 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), wat gedeeltelijk te wijten is aan de verschillende randvoorwaarde naar de Zeeschelde ($63 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), maar duidelijk ook andere oorzaken moet hebben, aangezien het verschil ook terug te vinden is in de zwarte lijn (volumeverandering op basis van bathymetrie). De referentiehoogte kan hier geen rol spelen, aangezien zowel in Haecon (2006) als Nederbragt et al. (2003) de sedimentbalans onder een referentieniveau van 3,5 mNAP wordt bepaald. In Nederbragt et al. (2003) wordt eveneens het mondingsgebied in rekening gebracht. Een overzichtsfiguur met sedimentfluxen tussen mondingsgebied en Westerschelde is weergegeven in Figuur 7.

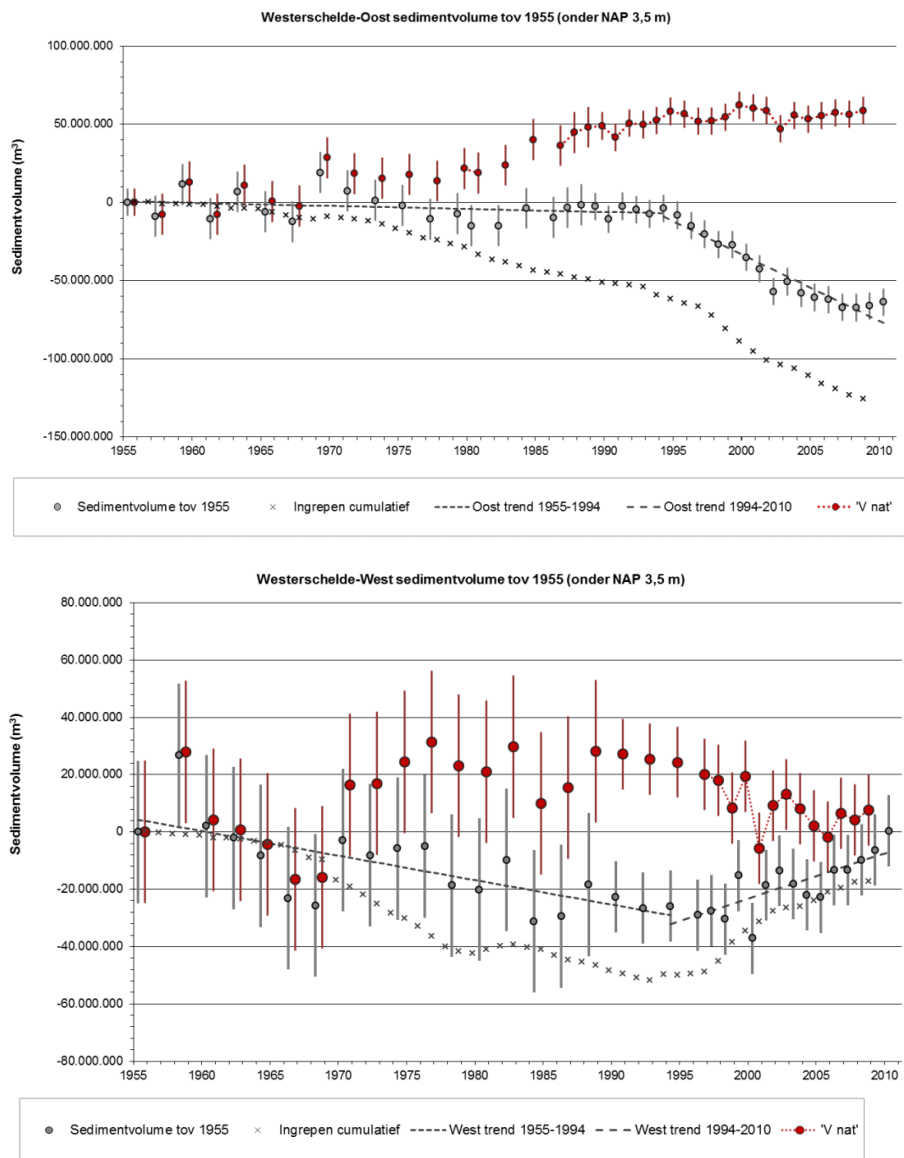


Figuur 6 – Zandbalans zoals voorgesteld in Nederbragt (2004), met volumes in Mm^3 .
De zwarte lijn geeft het totale volume weer, de blauwe lijn de cumulatieve ingrepen en rood het natuurlijk volume

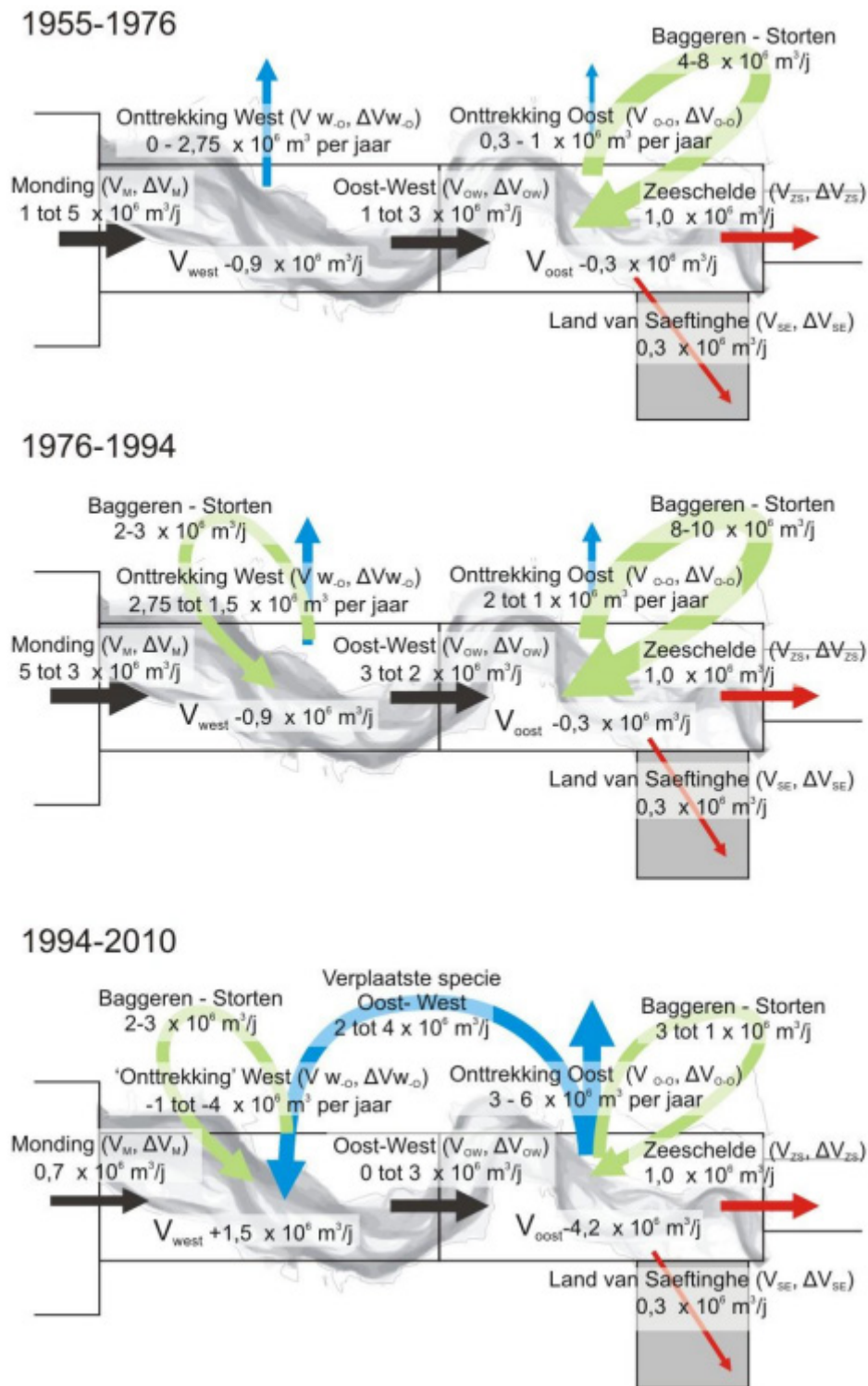


Figuur 7 – Overzicht van zandbalans zoals schematisch weergegeven in Nederbragt et al. (2003), met mondingsgebied en Westerschelde in beschouwing.

In Cleveringa et al. (2013) is een sedimentbalans opgesteld voor de Westerschelde, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen slib en zand. Deze balans werd projectmatig opgesteld, maar wordt in de praktijk niet gebruikt met jaarlijkse updates. Er wordt eveneens een grondige analyse gemaakt van het effect van meetfouten, en mogelijke interpolatiefouten (vergridding) op de resultaten van de sedimentbalans. Een opdeling in de sedimentbalans tussen het westelijk deel van de Westerschelde (macrocel 1, 2 & 3) en het oostelijk deel van de Westerschelde is opgesteld, zoals weergegeven in Figuur 9. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen 3 periodes, waarbij in de 2 eerste periodes de volumeveranderingen in de beschouwde delen als constant wordt beschouwd, en veranderende sedimentinput het gevolg is van andere grootteordes van volume-onttrekkingen.



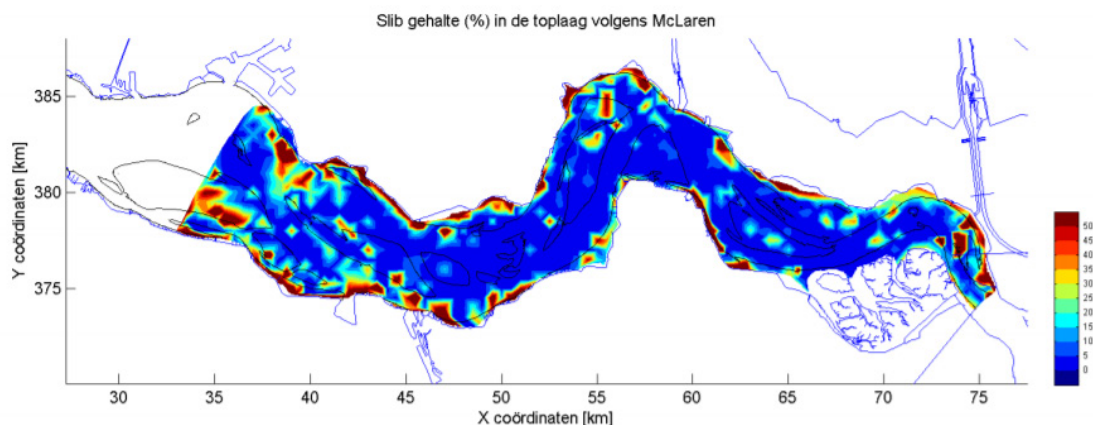
Figuur 8 – Sedimentvolume in de Westerschelde voor de periode 1955 – 2011 uit Cleveringa et al. (2013), voor het oostelijke (boven) en westelijke (onder) deel van de Westerschelde



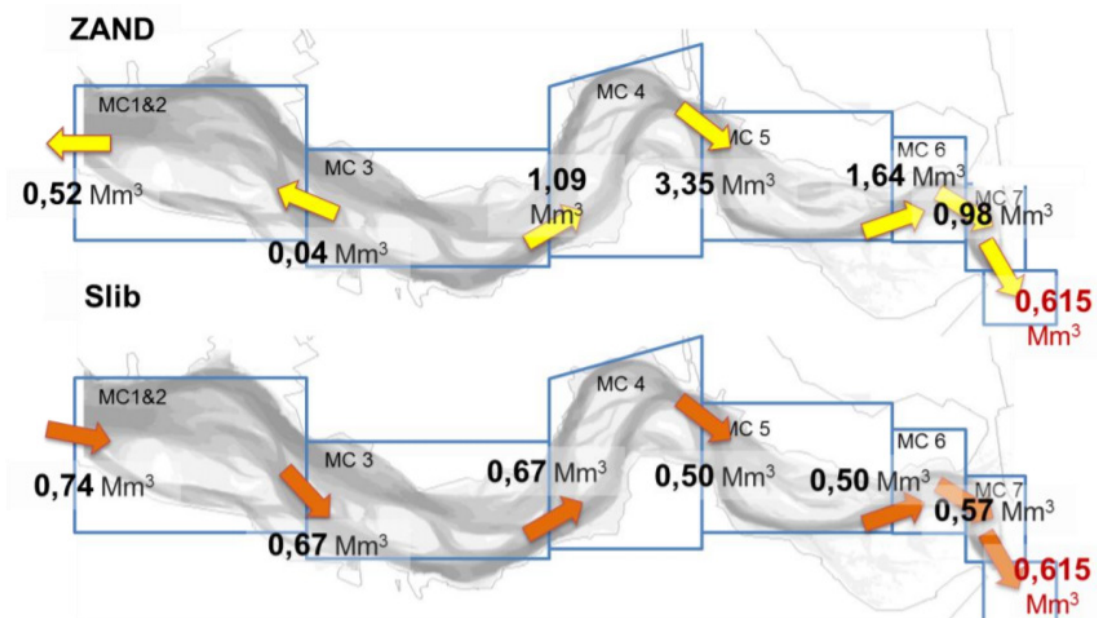
Figuur 9 – Sedimentstromen in de Westerschelde, opgedeeld in 3 periodes (uit Cleveringa et al., 2013)

In Figuur 9 is duidelijker weergegeven dat voor Saeftinghe eveneens een waarde van $0,3 \text{ Mm}^3$ per jaar gehanteerd wordt, alhoewel deze waarde als laag wordt geïnterpreteerd (Cleveringa et al., 2013). Het jaarlijks transport naar de Zeeschelde wordt hier op $1 \times 10^6 \text{ m}^3$ geraamd, in dezelfde grootte orde als voorgesteld in Haecon (2006).

Om een onderscheid te maken tussen zand en slib wordt gebruik gemaakt van de data van McLaren in de jaren 90 en de Looft (jaren 70 en 80). Op basis van kennis worden voor de verdeling zand en slib in de verschillende macrocellen verschillende aannames gemaakt. Deze verdeling is ruimtelijk dekkend, en niet variërend per ecotoop (cfr. Vandenbruwaene et al. (2017) voor de Zeeschelde). De verdeling van de zand – slib verhouding over de grenzen (Saeftinghe en Zeeschelde) is arbitrair gekozen en op 50 – 50 % geplaatst.



Figuur 10 – Interpolatie van het slibgehalte in de Westerschelde volgens McLaren (uit Cleveringa et al, 2013)



Figuur 11 – Sedimentbalans voor zand en slib uit Cleveringa et al. (2013) voor de periode 1994 - 2010

3 Methodiek huidige sedimentbalansen

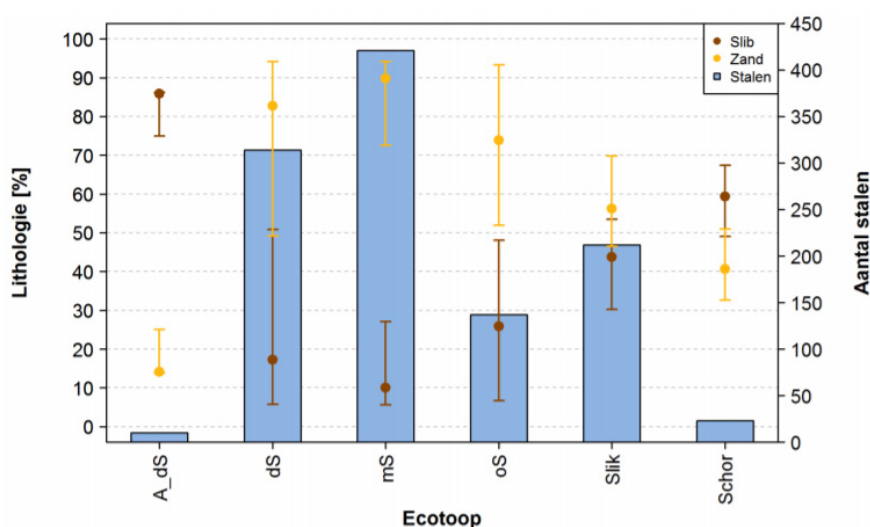
De meest recente sedimentbalansen voor de Zeeschelde en Westerschelde zijn respectievelijk opgesteld door het Waterbouwkundig Laboratorium en Rijkswaterstaat Zee en Delta. In dit hoofdstuk wordt de methodiek van de verschillende en mogelijke tekortkomingen of onzekerheden in de balansen besproken.

3.1 Overeenkomst & verschillen sedimentbalans

3.1.1 Methodiek “balans”

Als rekencellen voor de sedimentbalansen worden respectievelijk de macrocellen en de OMES segmenten gebruikt voor de Westerschelde en Zeeschelde. Deze indeling is aan te bevelen aangezien ze disciplinebreed gebruikt wordt. De zandbalans van de Westerschelde wordt jaarlijks opgemaakt door Rijkswaterstaat (Schrijver, 2020). Voor de Zeeschelde is momenteel een sedimentbalans beschikbaar voor de periode 2001 – 2011. Eenzelfde sedimentbalans wordt momenteel opgesteld voor de periode 2011 – 2015 (Vos et al., in prep.) en staat ingepland voor de periode 2016 – 2019.

Voor de Zeeschelde wordt in de sedimentbalans een onderscheid gemaakt tussen zand en slib, in de Westerschelde wordt dit niet gedaan en wordt een zandbalans opgesteld. De verhouding zand – slib is voor beide deelgebieden uiteraard sterk verschillend. Het onderscheid tussen zand en slib wordt gemaakt op basis van korrelgrootteverdeling voor verschillende ecotopenklassen. Voor elk OMES segment wordt deze verhouding per ecotopentype opgesteld. Om het aantal meetpunten per klasse te maximaliseren, worden de ecotopenklassen geaggregeerd in volgende klassen: “antropogeen diep subtidaal (A_ds)”, “diep subtidaal (ds)”, “matig diep subtidaal (mS)”, “ondiep subtidaal (oS)”, “slik”, “schor”.



Figuur 12 – Zand – slib verhouding voor verschillende geaggregeerde ecotopenklassen voor de volledige Zeeschelde (uit Vandenbruwaene et al., 2017)

De sedimentbalans worden berekend van op- naar afwaarts. Voor de Zeeschelde wordt de sedimentinput gemeten vanuit de Bovenschelde in Gent, de Dender te Dendermonde en vanuit de verschillende rivieren (Kleine Nete, Grote Nete, Zenne, Demer) in het Rupelbekken. De sedimentinput vanuit de Durme wordt niet

gemeten en nul verondersteld (Vos et al., 2019). Sedimentexport richting de havendokken wordt eveneens in rekening gebracht.

Voor de Westerschelde wordt opwaarts een transport richting Zeeschelde verondersteld van $675 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{jaar}$ vanaf 1 januari 2006 en een export van $0,3 \text{ Mm}^3/\text{j}$ (cfr. Haecon, 2006 en Cleveringa, 2013) richting Saeftinghe. Ondanks het feit dat de veronderstelde zandimport richting Zeeschelde goed overeenkomt met het zandtransport zoals berekend in Vandenbruwaene et al. (2017), zijn **beide balansen** tot op heden **niet gekoppeld**. De richting en grootte van het zandtransport tussen monding en Westerschelde zijn het resultaat van de sedimentbalans met deze veronderstellingen.

3.1.2 Menselijke ingrepen

De berekende volumeveranderingen per rekencel zijn enerzijds het gevolg van sedimenttransport, anderzijds van menselijke ingrepen zoals baggeren, storten, zandwinning, wrakbergingen. Voor de baggergegevens in de Beneden-Zeeschelde, opgeleverd door afdeling Maritieme Toegang, wordt een onderscheid gemaakt tussen zand en slib. Voor de Boven-Zeeschelde baggerdata, opgeleverd door De Vlaamse Waterweg, wordt geen onderscheid gemaakt. Het onderscheid wordt dan gemaakt op basis van de zand-slib verdeling van het subtidale vanwaar het materiaal afkomstig is. Voor de Westerschelde worden enkel de onderhoudswerken in de vaargeul in rekening gebracht, naast mogelijke zandwinning. **Havenstortingen**, voornamelijk aanwezig in het westelijk deel (Sloehaven, Breskens, Terneuzen) worden dus **niet beschouwd** tot op heden. Dit vanuit de veronderstelling dat het fijn sediment in de nabijheid van de havens wordt gestort en snel terug verplaatst wordt, en zodanig geen onderdeel van het systeem wordt.

Voor het omrekenen van de opgeleverde beunvolumes naar profielvolumes wordt volgende omzetting gebruikt (cfr. Haecon, 2006; Cleveringa, 2013; Vanderbregt, 2003;...):

$$V^{profiel} = \frac{V^{beun}}{1,1}$$

Voor zand wordt in Vandenbruwaene et al. (2017) volgende omzetting voorgesteld, voor de omzetting van gereduceerde volumes (V'_b):

$$V^{profiel} = \frac{V^{slib}}{volumeconc.} = \frac{0,61 V'_b}{0,27} = 2,26 V'_b$$

met de veronderstelling dat de bulkdensiteit in een profiel voor slib gelijk is aan $1,45 \text{ ton/m}^3$.

3.2 Toekomstige evoluties sedimentbalans

In de sedimentbalans van de Zeeschelde werd tot nu toe gewerkt met volumes. Doordat dit niet ideaal is voor zand – slib mengsels (de massa van 1 m^3 zand of slib is verschillend door een verschil porositeit) wordt hiervan afgestapt en zal gebruik gemaakt worden van ton droge stof (TDS) als eenheid. De omzetting van volumes naar TDS zal gebeuren met behulp van enerzijds de verhouding zand-slib per ecotoopklasse en anderzijds de porositeit die varieert in functie van de zand-slib-verhouding (e.g. (Koltermann & Gorelick, 1995)). Tevens is vooral de beschikbaarheid van bathymetrische data beperkt in het verleden. Voor de toekomst wordt gemikt op een sedimentbalans die driejaarlijks zal worden bepaald.

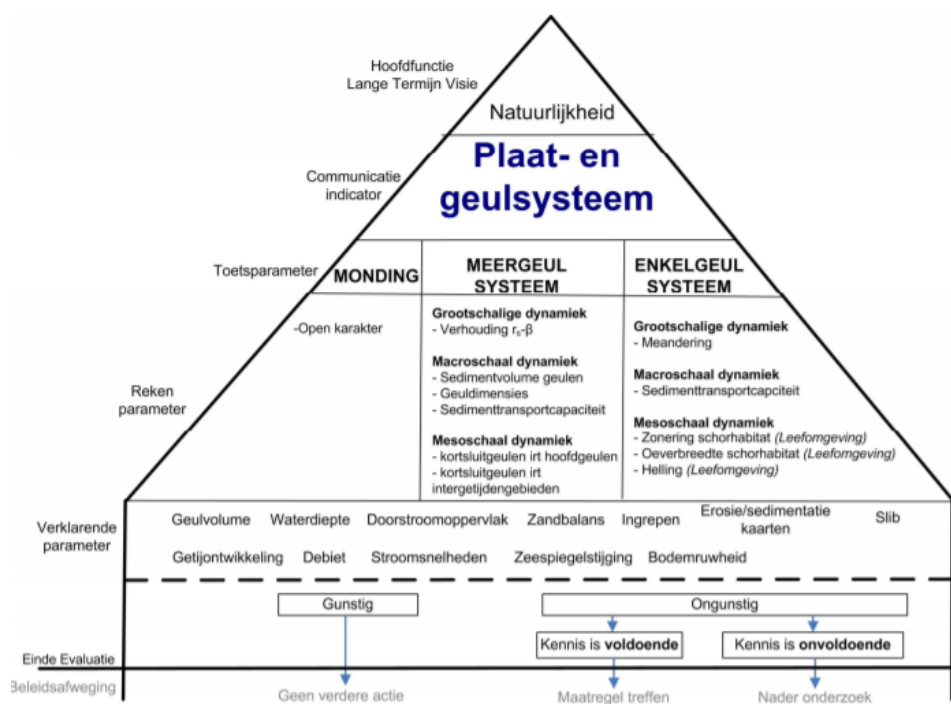
Een uitbreiding van de zandbalans van de Westerschelde naar een sedimentbalans voor zand – slib dient aanbeveling. De meest recente data die hiervoor werd samengezet, is de McLaren data uit begin jaren '90, zoals weergegeven in Figuur 10. Specifiek voor de platen kunnen ook data van het MOVE project (Holzhauer, 2007) worden ingezet. Momenteel worden binnen Rijkswaterstaat verschillende data gebundeld, om een recenter beeld te krijgen van de zand – slib verhoudingen. Enerzijds zijn er op de platen en slikken locaties waar sedimentatie – erosie wordt opgemeten, waar ook analyses van korrelgrootteverdeling worden

uitgevoerd. Hiernaast wordt in het kader van de MWTL metingen voor bodemdieren steeds sedimentstalen genomen, waarop de granulometrie wordt bepaald. Deze data zijn random verspreid over de Westerschelde. Het in rekening brengen van de havenstortingen zou, zeker wanneer een zand -slib balans wordt opgesteld, een belangrijke toevoeging in de sedimentbalans zijn.

Tot op heden is er geen afstemming in de sedimentbalans tussen de Zeeschelde en de Westerschelde. Hierbij zijn vooral de uitwisselingspijl van sediment bij de Belgisch – Nederlandse grens belangrijk. Voor zand kunnen beide balansen reeds samen bekeken en gebruikt worden, de berekende zandimport richting Zeeschelde en de aannames voor de Westerschelde zandbalans zijn in goede overeenstemming.

4 Sedimentbalans in evaluatiemethodiek

In de huidige evaluatiemethodiek is “zandbalans” opgenomen in de piramide “Plaat- en geelsysteem”. Door de recente beschikbaarheid van een balans in de Zeeschelde lijkt het aangewezen deze zandbalans als verklarende parameter te behouden, voor het gehele estuarium. De voorkeur is deze verklarende parameter uit te breiden tot “sedimentbalans”, waarbij dus zowel een beschrijving/berekening van zandflux en slibflux beschikbaar is voor het volledig estuarium. Voor de volgende evaluatiecyclus (T2021) is een dergelijke volledige sedimentbalans niet realiseerbaar.



Figuur 1-1: Weergave Communicatie indicator Plaat- en geelsysteem en onderliggen de toets-, reken- en verklarende parameters.

Figuur 13 – Plaat- en geelsysteem piramide zoals beschreven in Evaluatiemethodiek (uit Holzhauer et al. (2011)).

De sedimentbalans is an sich een geïntegreerde benadering, die inzicht kan geven in sedimentuitwisseling binnen het volledige estuarium, en mogelijks gerelateerde, meer lokale parameters zoals baggerinspanningen, bagger en stortstrategie, sedimenttransport, erosie – sedimentatie in bepaalde gebieden zou kunnen duiden. Een ‘omslag’ van import naar export wordt vaak beschouwd als een belangrijk systeemverschijnsel van het estuarium, dat samenhangt met de veranderingen in de waterbeweging (het optreden van getijasymmetrie), het onttrekken van zand en het baggeren en verspreiden van sediment uit estuarium. In de voorliggende studie wordt vastgesteld dat observaties aangaande import en export en wisselingen daartussen mede worden gestuurd door de aannames en randvoorwaarden in de sedimentbalans.

Deze balans zal worden opgesteld door Rijkswaterstaat Zee en Delta en Waterbouwkundig Laboratorium, voor het Schelde estuarium, grotendeels gebaseerd op de huidige methodieken (beschreven in sectie 3.1). Deze balans zal 3 jaarlijks worden opgesteld, in afstemming, en afhankelijk van de beschikbaarheid van peilingen. Voor de Westerschelde dient nog onderzocht te worden hoe een onderscheid gemaakt kan worden tussen slib en zand (zoals bv. Cleveringa, 2013). Een gemeenschappelijk onderzoeksvoorstel

hieromtrent wordt opgesteld en uitgewerkt door RWS en WL. De resultaten van de volledige sedimentbalans Schelde-estuarium kunnen rechtstreeks worden gebruikt in de volgende evaluatie van het Schelde – estuarium (T2026).

Voor de (presentatie in de) evaluatiemethodiek, kan het aangewezen zijn te focussen op de resultaten op een aantal karakteristieke raaien, overeenkomend met de grenzen van rekencellen:

- Monding Vlissingen – Breskens
- Valkenisse (grens macrocel 3 en 4)
- Grens Nederland – België
- Rupelmonde (tss. OMES cel 13 en 14)
- Dendermonde (tss. OMES cel 16 en 17)
- Rupel

5 Referentielijst

Cleveringa, J. (2013) LTV – Veiligheid en Toegankelijkheid Grootschalige sedimentbalans van de Westerschelde Basisrapport grootschalige ontwikkeling G-2. I/RA/11387/13.080/GVH

Dams, J.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 3 - Literatuurstudie. Version 4.0. WL Rapporten, 00_029. Flanders Hydraulics Research & Vrije Universiteit Brussel: Antwerp, Belgium.

Haecon (2006) Actualisatie van de zandbalans van de Zee- en Westerschelde.

Holzhauser, H.; Maris, T.; Meire, P.; van Damme, S.; Nolte, A.; Kuijper, J.; Taal, M.; Jeuken, C.; Kromkamp, J.; van Wesenbeeck, B.; Van Ryckegem, G.; Van den Bergh, E.; Wijnhoven, S. (2011) Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium Fase 2.

Holzhauser, H., van Eck, B.; van Maldegem, D.; Parée, E. (2007) Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43' MOVE-Rapport 9, deel I: Fysische hypothesen 2006. Werkdocument RIKZ/ZDA/2007.808w

Nederbragt, G.; Liek, G.J. (2003) Beschrijving zandbalans Westerschelde en monding. Rapport RIKZ/2004.020

Schrijver, M.; (2020) De Balans Opgemaakt - De ontwikkelingen in de Westerschelde tot 2019 gezien vanuit de sedimentbalans. Rijkswaterstaat Zee en Delta, Middelburg

Van Hoestenbergh, T.; Ferket, B.; De Boeck, K.; Vanlierde, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 2 – Sediment load for the river Scheldt and its main tributaries (1972 – 2009). Versie 5.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea Group. Antwerpen, België.

Vandenbruwaene, W.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). Integraal plan Boven- Zeeschelde: Deelrapport 8 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme. Versie 4.0. WL Rapporten, 13_131_8. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vos et al. (in prep). Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme voor de periode 2011 – 2015. Versie 4.0. WL Rapporten, 17_088_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vos, G.; Van de Moortel, I.; Meire, D.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019). Validatie fysische parameters: Optimalisatie methodologie voor het bepalen van sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium. Versie 4.0. WL Rapporten, 12_076_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be