





Vlaanderen
is wetenschap

Beschrijvend datarapport: sedimentkarakteristieken en sedimentatie-erosie langsheen vaste raaien voor benthosmonitoring in de Zeeschelde 2018-2020

Frank Van de Meutter, Vincent Smeekens, Dimitri Buerms

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

[Frank Van de Meutter](#) , [Vincent Smeekens](#) , Dimitri Buerms
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Reviewers:

Joost Vanoverbeke

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

Herman Teirlinckgebouw
INBO Brussel
Havenlaan 88 bus 73, 1000 Brussel
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

Frank.VandeMeutter@inbo.be

Wijze van citeren:

Van de Meutter F., Smeekens V., Buerms D. (2022). Beschrijvend datarapport: sedimentkarakteristieken en sedimentatie-erosie langsheen vaste raaien voor benthosmonitoring in de Zeeschelde 2018-2020. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek jaar (34). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

DOI: doi.org/10.21436/inbor.87576357

D/2022/3241/337

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2022 (34)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Maurice Hoffmann

Foto cover:

Patronen van sedimentatie en erosie op de Dijleslikken aan het Zennegat (Battel, november 2020)
© Yves Adams/Vildaphoto.



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

**Beschrijvend datarapport: sedimentkarakteristieken
en sedimentatie-erosie langsheen vaste raaien voor
benthosmonitoring in de Zeeschelde 2018-2020**

Van de Meutter Frank, Vincent Smeekens en Dimitri Buerms

doi.org/10.21436/inbor.87576357

Dankwoord/Voorwoord

Het benthosteam van inbo stond in voor het verzamelen van de data en deed dat zoals altijd fantastisch. Joram de Beukelaer, Olja Bezdenjesnji, Dimitri Buerms, Jan Soors, Charles Lefranc, en Vincent Smeekens: merci!

De betreurde Ruben Elsen droeg ook aan dit project een grote steen bij. Ruben, weet dat we je nog altijd even erg missen jongen!

Verder lagen een lange rij onderzoekers van het inbo – team Estuaria mee aan de wieg van dit project. Zonder een uitputtende lijst te willen geven, willen we zeker een grote merci doen aan Jeroen Speybroeck die dit alles mee uit de grond stampte. Joost Vanoverbeke krijgt ten slotte de honneurs voor het kritisch nalezen van dit rapport.



Samenvatting

We hebben sinds 2018 een nieuw monitoringsinitiatief lopen in de Zeeschelde dat bestaat uit 34 benthosraaien. De doelstellingen en mogelijke winsten zijn divers, maar één van de prioriteiten is om het effect van sedimentatie en erosie op de benthosgemeenschap te onderzoeken. Dit is tot vandaag een vraag, die niet met de lopende monitoring aan de hand van random staalnamepunten kan worden beantwoord. Een verhoogde dynamiek en de effecten daarvan op de biologische gemeenschap is bovendien een van de actuele bezorgdheden. Het is níét de bedoeling van dit rapport om een overzicht te geven van (patronen in) sedimentatie-erosie op slikken langsheen de Zeeschelde (zie daarvoor o.a. Van Braeckel et al., 2019b) maar wél om een beschrijving van de patronen in korrelgrootteverdeling, gehalte organische stof en sedimentatie-erosie op de benthosraaien te geven. We kijken ook of sedimentatie-erosie leidt tot veranderingen in de eerder vernoemde parameters. Dit rapport wil ook nagaan in hoeverre de natuurlijke veranderingen langsheen de benthosraaien een voldoende ruim en gelijk verdeeld pallet aan mogelijke (verschil)waardes (hoogteveranderingen, korrelgrootte en organische stof) opleveren, die toelaten om de effecten ervan op benthos te bepalen.

De raaien werden drie jaar van 2018 tot 2020 gemonitord. Sedimentatie en/of erosie blijkt heel frequent voor te komen op de onderzochte raaien in de grootteorde tot ongeveer 20 cm, al is het systeem als geheel redelijk in evenwicht (totaal verschil tussen jaren over alle raaien is erg klein). Grotere hoogteverschillen zijn weinig frequent en lopen op tot ongeveer een halve meter. De standaarddeviaties van de hoogteveranderingen tussen jaren namen toe van bovenaan de slikken naar onderaan tot tegen de laagwaterlijn. We vinden overheen de drie jaren zowel punten die eerst eroderen en nadien sedimenteren als omgekeerd, en punten die twee jaar na mekaar sedimenteren of eroderen. Hiermee kan het cumulatief effect van sedimentatie-erosie bekeken worden.

We vinden weinig evidentie voor veranderingen in mediane korrelgrootte en organische-stofgehalte bij hoogteveranderingen. Dat is een gunstige situatie, omdat het toelaat om unieke effecten van hoogteveranderingen te bekijken. Alles bij elkaar is de conclusie dat de natuurlijke abiotische uitgangssituatie gunstig is om naar effecten van sedimentatie-erosie op benthos te kijken. Dit vraagstuk is het onderwerp van een vervolgrapport.

Ten slotte wordt in dit rapport een uitgebreide kwaliteitscontrole gepresenteerd van de INBO-analysemethode voor korrelgrootteverdeling aan de hand van een Coultern counter. De herhaalbaarheid van de metingen blijkt doorgaans vrij hoog, maar afwijkende metingen (meer dan 2 maal de standaarddeviatie) komen voor in ca. 7% van de gevallen. Toch geeft ook in die gevallen de D50 meestal nog de juiste sedimentklasse aan waartoe het sediment behoort.



Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

Dit rapport maakt deel uit van een rapportencyclus die naar effecten van sedimentatie-erosie op het bodemleven (macrobenthos) in de Zeeschelde peilt. De opzet van deze studie bestaat uit 34 dwarsraaien die over slikken in de Zeeschelde zijn gelegd, gelijk verspreid over de zoutgradiënt. Een dergelijke veldstudie waar de belangrijkste factor van het onderzoek (sedimentatie-erosie) niet rechtstreeks gemanipuleerd wordt, maar op natuurlijke wijze moet ontstaan, is sterk afhankelijk van de natuurlijke evoluties in de studieopzet. Dit eerste deelrapport van deze studie legt net daarop de focus, door te kijken naar hoeveel sedimentatie-erosie is opgetreden, en welke bodemcondities in samenhang daarmee veranderden. De conclusie van de studie is dat sedimentatie-erosie wijdverspreid is, maar dat deze bodemhoogteveranderingen niet significant gepaard gaan met veranderingen in bodemcondities (korrelgroottes, organische-stof-gehalte). Dit biedt een goede uitgangspositie voor verder onderzoek waarbij we naar effecten op het bodemleven willen zoeken.



English abstract

Since 2018, we have been running a new monitoring initiative in the Sea Scheldt consisting of 34 rows (so-called “benthosraaien”). The objectives and potential gains are diverse, but one of the priorities is to investigate the effect of sedimentation and erosion on the benthos community. So far, this has been a blind spot that cannot be answered with ongoing monitoring based on random sampling points. Increased hydrodynamism and morphodynamism and their effects on the biological community are some of the current priority concerns in the system. It is not the intention of this report to provide an overview of (patterns in) sedimentation-erosion on mud flats along the Zeeschelde, but rather to provide a description of the patterns in grain size distribution, organic matter content and sedimentation erosion on the “benthosraaien” and to see whether sedimentation-erosion leads to changes in the other parameters. This report also wants to examine to what extent the natural changes along the benthosraaien yield a sufficiently wide and evenly distributed pallet of possible (difference) values (changes in height, grain size and organic matter), which allow to determine their effects on benthos, and whether a follow-up report looking at effects on benthos is already useful in this phase.

The “benthosraaien” were monitored for three years from 2018 to 2020. Sedimentation and/or erosion appears to occur very frequently on the “benthosraaien” in the order of magnitude up to approximately 20 cm, although the system as a whole is more or less in equilibrium according to data from these 34 raaien (total difference between years across all lines is very small). Larger changes in height between years are infrequent and amount to about half a meter. The standard deviations of the height changes between years increased from the top of the mud flats to near the low water mark. Over the three years we find locations that first erode and sediment afterwards and vice versa, as well as points that sediment or erode two years in a row. This allows the cumulative effect of sedimentation erosion to be examined.

We find little evidence for changes in median grain size and organic matter content with height changes. This is a favourable situation, because it allows to research unique effects of height changes. In conclusion, the natural abiotic baseline situation is favourable for looking at the effects of sedimentation-erosion on benthos and a follow-up report to study effects on benthos is a useful.

Finally, this report presents an extensive quality control of the INBO analysis method for grain size distribution (using a Coultern counter).



Inhoudstafel

Dankwoord/Voorwoord	2
Samenvatting	3
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	4
English abstract	5
Lijst van figuren	7
Lijst van tabellen	8
1 Inleiding	9
2 Benthosraaien	11
2.1 algemene achtergrond	11
3 Sedimentkarakteristieken	14
3.1 Materiaal en methode	14
3.2 korrelgrootte en organische stof	14
3.3 Sedimentatie-erosie	18
3.4 Sedimentatie-erosie: relaties met korrelgrootte en organische stof	21
4 Validatie van de meetmethode en meetfout	26
4.1 Materiaal en methode	26
4.2 Precisie van de metingen: Duplo stalen	26
4.3 Herhaalbaarheid van de metingen: Standaard stalen “NOT” en “PAU”	29
5 Conclusies en discussie	32
Referenties	34



Figuur 10:	Verband tussen hoogteverandering en verandering in mediane korrelgrootte (D50, bovensten 10 cm van het slik) langsheen de benthosraaien voor de periode 2018-2019 (bovenaan) en de periode 2019-2020 (onderaan). De relatie wordt weergegeven per hoogte nummer langsheen de raai (1=tegen schorrand, 5=tegen de laagwaterlijn).	22
Figuur 11:	Bovenaan: verband tussen de mediane korrelgrootte (D50) in 2019 en de sedimentatie-erosie in het daarop volgende jaar (2019-2020). Onderaan: Verband tussen de mediane korrelgrootte en absolute hoogteveranderingen in het daarop volgende jaar (2019-2020).	23
Figuur 12:	Correlatie tussen verandering in hoogte en verandering in het gehalte organische stof voor de bovenste 2 cm (boven) en de bovenste 10 cm (onder) voor de periode 2019-2020 voor de verschillende hoogtes op het slik (1=tegen schorrand, 5=tegen laagwaterlijn).	24
Figuur 13:	Relatie tussen de D50 bepaald op het origineel substaal, en de D50 bepaald op het substaal van de duplo voor 2018-2020. De diagonale lijn geeft de perfecte 1 op 1 overeenkomst tussen beiden weer.	27
Figuur 14:	Histogram van de verschillen in D50 tussen het originele substaal en het substaal gebruikt voor de duplo.	28
Figuur 15:	Korrelgrootteverdeling in volumefrequentie per grootteklasse voor de referentiestalen NOT PAU voor de verschillende herhaalde metingen in 2018-2020.	30

Lijst van tabellen

Tabel 1:	Overzicht van de raaien met aanduiding van de gebiedsnamen en raaicodes, en of zij vloed- dan wel ebdominant zijn en tot welke saliniteitszone ze behoren. () geven aan dat de raai noch vloed- noch ebdominant is.	11
Tabel 2:	Gemiddelde, maximum en minimum hoogteveranderingen langsheen de benthosraaien in 2018-2019 en 2019-2020.	18
Tabel 3:	Mediaan, gemiddelde en standaarddeviatie van het verschil in mediane korrelgrootte D50 tussen het originele substaal en het duplosubstaal voor de analysecampagnes van sedimentstalen van de Zeeschelde uit 2018-2020.	28
Tabel 4:	Minimale, maximale, gemiddelde, standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt van de mediane korrelgrootte (D50) voor de referentiestalen NOT en PAU voor de jaren 2018-2020. Ook wordt het aantal replicate stalen gegeven (# duplo).	30

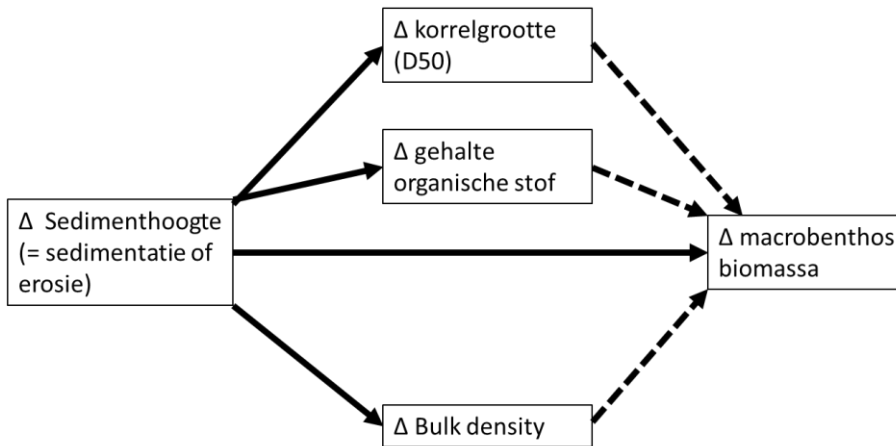


1 INLEIDING

Het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) voert onder de koepel van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC) een jaarlijkse monitoring uit in het kader van de geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium (MONEOS). Team Estuaria van INBO bepaalt jaarlijks, onder andere, de toestand van het macrozoöbenthos en de samenstelling (korrelgrootte en organisch gehalte) van het sediment volgens een random gestratificeerd staalnameprotocol (Van Ryckegem et al., 2021). Deze monitoringsmethodiek is uitermate geschikt om een gewogen gemiddelde te berekenen van de aanwezige biomassa op systeemniveau voor het macrozoöbenthos. Doordat de staalnamepunten elk jaar op een andere plek liggen, is ze echter minder geschikt om veranderingen in benthossamenstelling, biomassa, en dichtheid te linken aan lokale veranderingen van de abiotische omgeving of veranderingen in hoogteligging door sedimentatie-erosie in de Zeeschelde. Sinds 2018 wordt daarom een deel onderzoeksmonitoring langs 34 vaste raaien (“benthosraaien”), verspreid over de Zeeschelde, toegevoegd aan de random monitoring. De gegevens van dit type monitoring kunnen gebruikt worden om de impact van lokale veranderingen (abiotiek, hoogteligging) doorheen de tijd te evalueren, maar zijn vooral ook nuttig om effecten van lokale veranderingen en van sedimentatie-erosie op het macrobenthos in de Zeeschelde op te volgen. Er lopen nogal wat vraagstukken in de Zeeschelde die gerelateerd zijn aan sedimentatie-erosie, waaronder effecten van baggerwerken, variatie in het gehalte aan gesuspendeerd materiaal (SPM), en veranderingen in hydrodynamiek (zowel door rechtstreeks menselijk ingrijpen als door klimaatverandering). Er is dan ook de hoop dat dit onderzoek kan bijdragen aan nieuw fundamenteel inzicht over welke factoren de aanwezigheid en dichtheid van macrozoöbenthos bepalen, en daardoor de onverklaarde variatie tussen macrozoöbenthos staalnames in de bestaande modellen kan verminderen.

Dit eerste rapport over de benthosraaien focust uitsluitend op de abiotische toestand en veranderingen van de benthosraaien. Het vormt een prelude en voorbereiding op de analyse van effecten van sedimentatie-erosie op benthos. Het wil dus niet een morfodynamische analyse maken van de Zeeschelde. Met dat doel worden sinds geruime tijd zogenaamde toporaaien in de Zeeschelde opgevolgd, met een veel nauwkeurigere opname van hun profiel, wat toelaat om meer precieze conclusies te trekken. We willen hier wel uitgebreid de specifieke abiotiek van de benthosraaien beschrijven, de range van waarden voor de verschillende relevante parameters, de mate waarin sedimentatie en erosie optraden, en in hoeverre verandering in hoogte (sedimentatie-erosie) verband houdt met veranderingen in andere abiotische parameters (Figuur 1). Het geeft daardoor als het ware het speelveld aan waarbinnen het onderzoek naar effecten van sedimentatie-erosie op benthos zal verlopen. Ten slotte wordt een uitgebreide technische analyse en validatie uitgevoerd van de bepaling van korrelgroottes aan het INBO. Dit is belangrijke achtergrondinfo die relevant is voor interpretatie van alle monitoring activiteiten van INBO waarbij korrelgroottes bepaald worden, en waarbij dezelfde standaardprocedure gebruikt wordt.





Figuur 1: Schematische weergave van directe (volle pijlen) en indirecte (onderbroken pijlen) effecten van sedimenthoogteveranderingen (SHV) op het macrobenthos. Het schema geeft de variabelen weer die we bestudeerden. Deze eerste studie wil inzicht geven in de directe effecten van sedimenthoogteverandering op enkele abiotische sedimentvariabele. De volgende studie focust op de directe en indirecte effecten van SHV op het macrobenthos. Omdat gelijktijdige veranderingen in SHV en abiotische variabelen die potentieel sturend zijn voor het macrobenthos het moeilijker maken om directe effecten van SHV te bestuderen, hopen we dat de directe effecten van SHV op de abiotische variabelen (de pijlen van het linkse naar het centrale deel in het schema) klein of verwaarloosbaar zijn.



2 BENTHOSRAAIEN

2.1 ALGEMENE ACHTERGROND

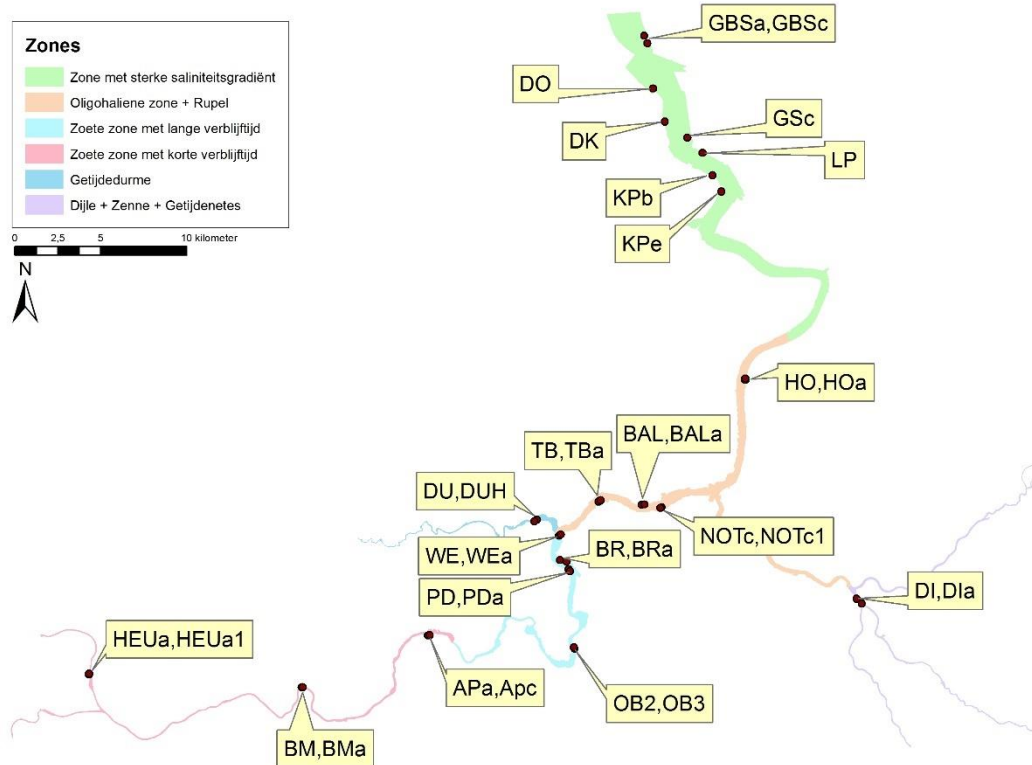
In 2018 werd een geheel van 34 benthosraaien uitgezet overheen de gehele Zeeschelde. Elke raai bestaat uit 5 punten die op gelijkmatige afstand over de slikgradiënt uitgezet zijn. De getallen 1 tot 5 ("hoogtenummers", 1=hoog, 5=laag) die we hierna gebruiken om naar de hoogtes te verwijzen zijn dus discrete relatieve waarden die naar posities verwijzen (zie ook Figuur 3), en niet mogen verward worden met absolute hoogtes (bv. m TAW). Deze raaien zijn beperkt tot natuurlijke slikken, met een onverharde slik-schor gradiënt. Er is geprobeerd om de ruimtelijke spreiding van de raaien zoveel mogelijk op een gestratificeerde manier te doen. De factoren die daarbij een rol speelden waren de saliniteitszone en de vloeddominantie (wat doorgaans gelinkt is aan een holle dan wel bolle slikvorm, korrelgrootte, etc...). De raaien werden dus maximaal gelijk verspreid over de verschillende saliniteitszones, en er werd geprobeerd om in elke zone zowel eb- als vloedgedomineerde slikken te selecteren. Waar mogelijk werden deze slikken dicht bij elkaar genomen, zodat gebiedsparen ontstonden. Een overzicht van de verdeling van de raaien over de strata staat in Tabel 1. De ruimtelijke ligging van de raaien staat weergegeven in Figuur 2. Het hoogteverloop van de raaien staat weergegeven in Figuur 3. Vloeddominante slikprofielen zijn doorgaans holler, ebdominante slikprofielen zijn gemiddeld boller. Deze raaien worden jaarlijks éénmaal bemonsterd tijdens de maand september, gelijktijdig met de grote MONEOS spatial campagne voor macrobenthos in de Zeeschelde.

Tabel 1: Overzicht van de raaien met aanduiding van de gebiedsnamen en raai-codes, en of zij vloed- dan wel ebdominant zijn en tot welke saliniteitszone ze behoren. () geven aan dat de raai noch vloed- noch ebdominant is.

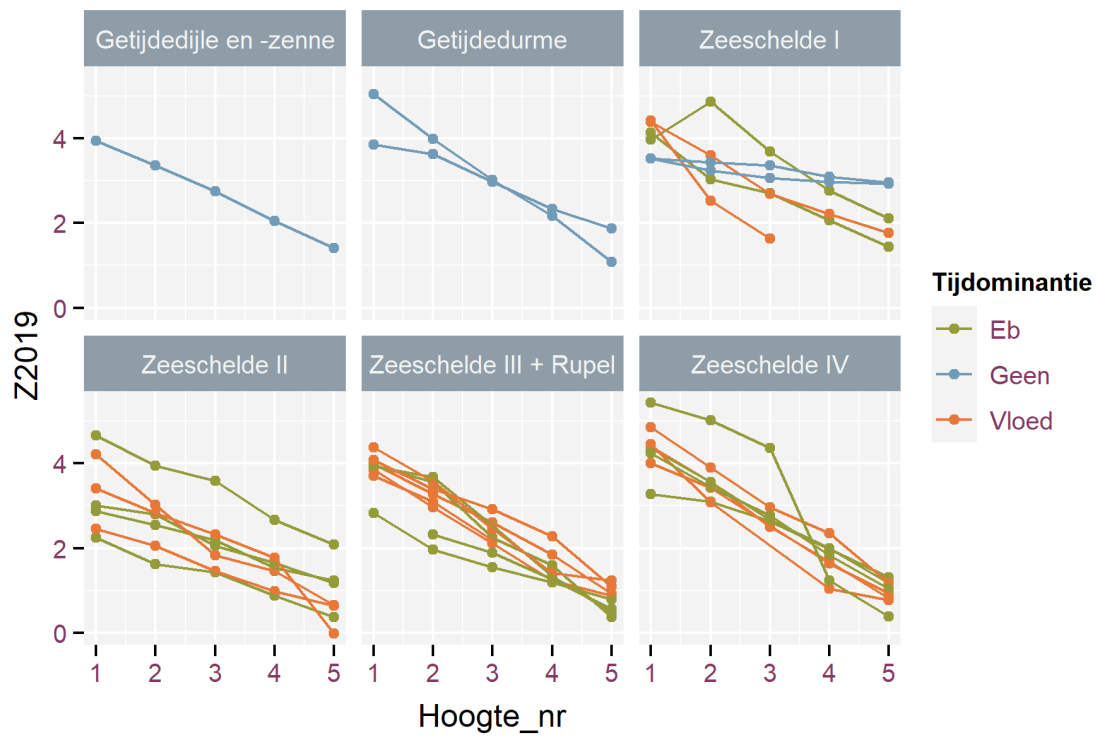
Saliniteitszone	Gebied/ Gebiedspaar	Vloed-dominant	Eb-dominant	Raai-codes (vloed/eb)	# raaien
Mesohalien	Groot Buitenschoor	Groot Buitenschoor a	Groot Buitenschoor c	GBSa/GBSc	2
	Doel	Doel	Doel kerncentrale	DO/DK	2
	Lillo/ Galgenschoor	Galgenschoor	Lillo Polder	GSc/LP	2
	Ketenisse Polder	Ketenisse Polder b	Ketenisse Polder e	KPb/KPe	2
Oligohalien	Notelaer/ Ballooi	Ballooi	Notelaer	BAL, BALa/NOTc, NOTc1	4
	Temse brug	Temse brug		TB, TBa	2
	Hoboken		Hoboken	HO, Hoa	2



Zoet	Plaat Driegoten/ Branst	Plaat Driegoten	Branst	PD, PDa/BR, BRa	4
	Weert	Weert, Weert a		WE, WEa	2
	Ouden Briel		Ouden Briel 2, 3	OB2, OB3	2
	Bergenmeersen	Bergenmeersen		BM, BMa	2
	Appels		Appels	APa, APc	2
	Heusden	(Heusden a, Heusden a1)		(HEUa, HEUa1)	2
Zoet/ zijrivieren	Durme	(Durme, Durme Hamme)		(DU, DUH)	2
	Dijle	(Dijle Zennegat)		(DL, DLa)	2



Figuur 2: De Zeeschelde met aanduiding van de 34 benthos raaien. De verschillende saliniteitszones en zijrivieren staan met kleur aangeduid (legende: zie figuur).



Figuur 3: Hoogteverloop in 2019 (Z2019, in meter TAW) langsheen de vijf vaste punten (1=tegen schorrand, 5=tegen de waterlijn) van de raaien per KRW zone (Zeeschelde IV = mesohalien, Zeeschelde III + Rupel = oligohalien, overige=zoet). De tijddominantie van de raaien wordt in kleur weergegeven (legende: zie figuur).

3 SEDIMENTKARAKTERISTIEKEN

3.1 MATERIAAL EN METHODE

Hoogtemetingen gebeurden gebruik makend van een RTK-DGPS_Trimble R8 waarbij zowel GPS- en GLONASS-satellietsignalen ontvangen kunnen worden. De ingestelde maximale foutenmarge voor een meting van de z-waarde (hoogte) is 2 cm maar ligt gemiddeld rond ± 1 cm. Bij de meetcampagne wordt een eerdere meetreeks in de RTK-GPS ingelezen. In het veld wordt vervolgens naar elk gemeten punt van de raai teruggaan. Zodoende kunnen op een efficiënte manier de raaien opnieuw ingemeten worden met een minimale horizontale afwijking. Bij nazicht van de data bleek dat vooral in 2018 een aantal punten afweken ten opzichte van de vooropgestelde xy coördinaat. Dit verschil was bovendien gerelateerd tot een groter verschil in hoogte tussen jaren, wat erop wijst dat er effectief op andere plaatsen (en nog belangrijker in deze context: op een andere deel van de hoogtegradiënt) gemeten werd. We voerden daarom een criterium in waaraan de punten moesten voldoen om in de analyse meegenomen te worden. Indien een punt meer dan 20 cm afweek (in het xy vlak) van de vooropgestelde coördinaat werd het niet weerhouden. Omwille van deze reden zijn metingen van de raaien BALa, HEUa, BRa, BMa, TBa, Pda en HOa voor 2018 weggelaten uit de analyses.

In het veld werden op alle ingemeten punten een macrozoöbenthosstaal en er net naast twee sedimentstalen verzameld met een inox steekbuis (diameter 2cm). Er werden 2 types sedimentstalen genomen: een eerste tot op 2 cm en een tweede tot op 10 cm diepte, behalve in het jaar 2018 toen enkel een staal van de bovenste 10 cm genomen is. Het organische stofgehalte van het sediment werd bepaald door een hoeveelheid sediment te drogen (bij 105°C tot constante massa), te wegen en vervolgens gedurende 2 uur te verassen bij 550°C. Het verlies aan massa ten gevolge van het verbranden van de organische component, het asvrij drooggewicht, wordt uitgedrukt als percentage van de oorspronkelijke droge massa van het deelmonster en is een maat voor het organisch stofgehalte van het sedimentstaal. De korrelgrootteverdeling van het sedimentstaal als percentage in verschillende grootteklassen werd bepaald met behulp van een Coultern LS13320 toestel. De specifieke instellingen die INBO hierbij gebruikt staan beschreven in (Van Ryckegem et al., 2017). De macrozoöbenthosstalen worden hier niet besproken maar vormen het onderwerp van een vervolgrapport.

3.2 KORRELGROOTTE EN ORGANISCHE STOF

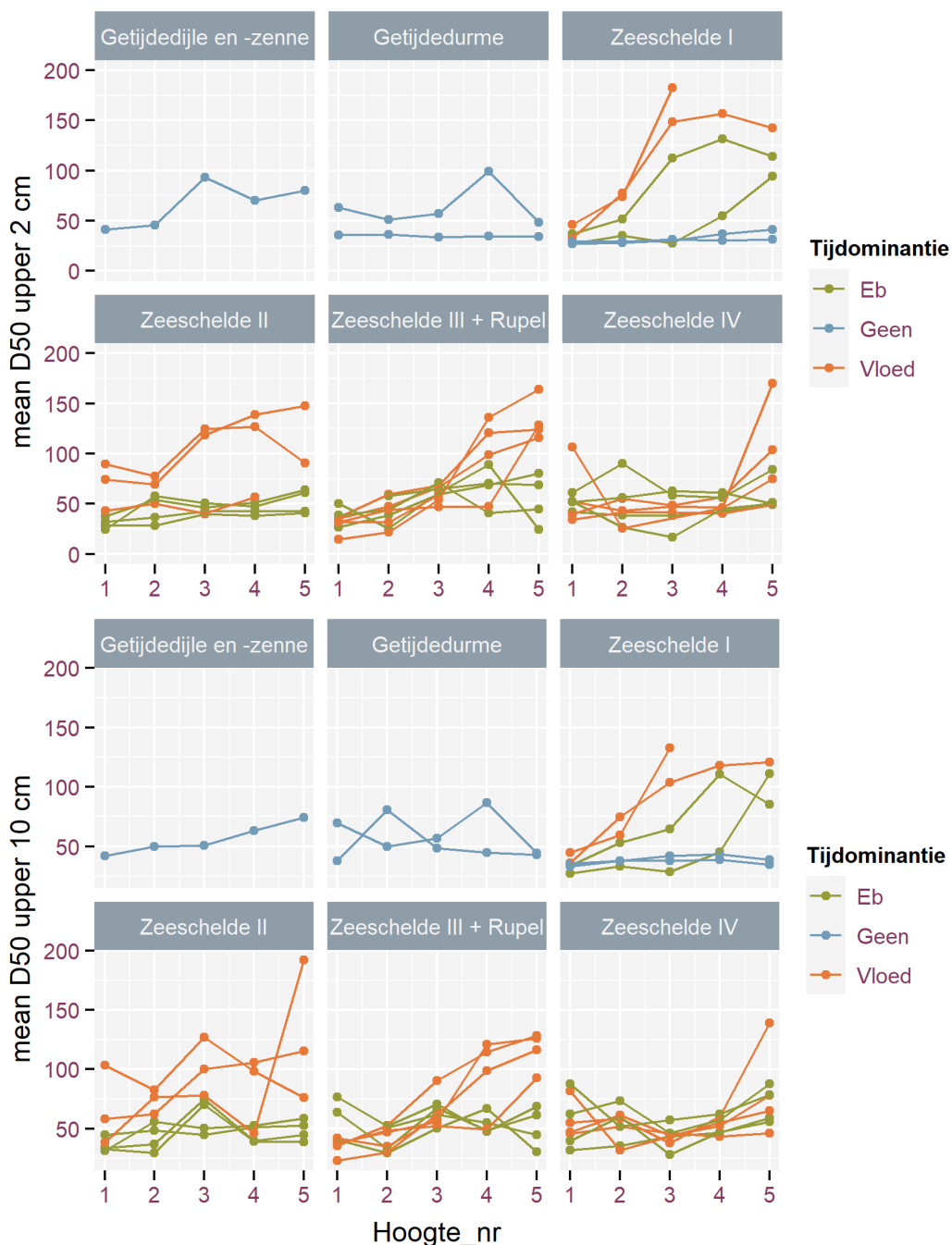
Vooraleer we de verschillen tussen jaren en met name de erosie-sedimentatie bekijken geven we kort een beschrijving van de toestand van de bestudeerde slikken voor wat betreft korrelgrootteverdeling en organische stof gehalte in functie van hoogte.

Mediane korrelgrootte (D50)

Het verloop van de mediane korrelgrootte (D50) over de slikraaien staat weergegeven in Figuur 4. De meeste raaien vertonen een toename in mediane korrelgrootte van boven (slibbiger) naar onderaan het slik (zandiger). Deze toename is doorgaans sterker op vloedgedomineerde slikken. Deze slikken ondergaan sterkere hydrodynamische krachten



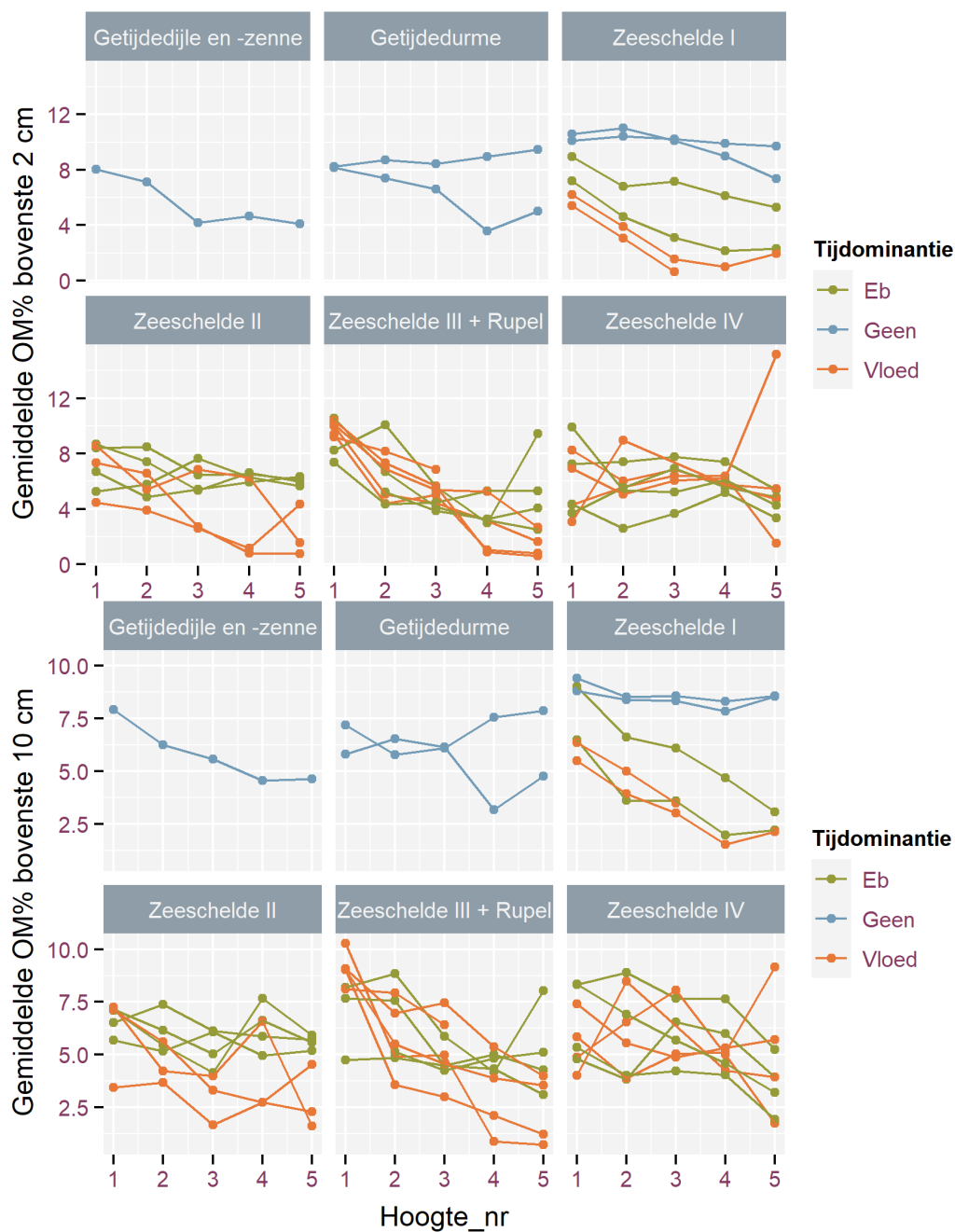
waardoor grover sediment wordt afgezet. Opvallend is verder dat de slikken in tijarmen (Heusden, Zeeschelde I) en in de zijrivieren (Durme, Dijle), die geen tijddominantie kennen, in de meeste gevallen een zeer gelijke mediane korrelgrootte hebben overheen de slikgradiënt. De beschreven patronen zijn zeer vergelijkbaar tussen de absolute toplaag van het slik (2cm) en de diepere toplaag (10 cm). Wel zijn de mediane korrelgroottes gemiddeld iets groter in de diepere toplaag (10 cm).



Figuur 4: Gemiddelde mediane korrelgrootte (D50, in μm) overheen de jaren 2019-2020 (bovenste figuur, bovenste 2 cm van het slik) en overheen de jaren 2018-2020 (onderste figuur, bovenste 10 cm van het slik). In de bovenste grafiek wordt bij Zeeschelde II een zeer grote D50 ($>300\mu\text{m}$) op hoogte 5 van een vloeddominante raai niet getoond.

Gehalte organische stof

Het verloop van het gehalte organische stof in het sediment overheen de slikgradiënt in de benthosraai staat weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Verloop van het gemiddelde van het gehalte organische stof (OM%; als % van het gewicht; figuur bovenaan: bovenste 2cm van het slik, figuur onderaan: bovenste 10 cm van het slik) overheen de slikgradiënt (1=slik bovenaan, 5=slik tegen waterlijn) voor de verschillende KRW zones. Raaien zijn gekleurd volgens hun tijddominantie (legende, zie figuur). Het gemiddelde voor de bovenste 2 cm is voor de jaren 2019-2020, voor de bovenste 10 cm voor de periode 2018-2020.

Het gehalte organische stof is merklijk hoger bovenaan het slik tegen de schorrand dan onderaan het slik. Het gehalte organische stof is gemiddeld hoger in ebdominante slikken in vergelijking met vloeddominante slikken. Dit verschil is vooral duidelijk onderaan het slik. Al deze waarnemingen wijzen erop dat in meer luwe gebieden er meer organische stof afgezet wordt. Gemiddeld is er in de bovenste 2 cm van de sliklaag een hoger gehalte organische stof dan in de bovenste 10 cm. Een mogelijke verklaring is dat geleidelijk een deel van het gesedimenteerde organisch materiaal wordt opgebruikt door biota (inclusief microbiële gemeenschap) in het slik. Toch is de afname met de diepte nog vrij beperkt, wat erop kan wijzen dat een groot deel van dit in het slik bewaarde materiaal refractair (weinig afbreekbaar of "eetbaar" door biota) is. Indien dit klopt, dan is het gehalte organisch materiaal in de bovenste 10 cm geen goede maat voor de voedselbeschikbaarheid van voedsel voor biota die zich met detritus voeden. Wel is het mogelijk dat de aanwezigheid van refractair en van labiel ("eetbaar") organisch materiaal ruimtelijke gecorreleerd zijn, zodat indirect er wel een positief verband bestaat.

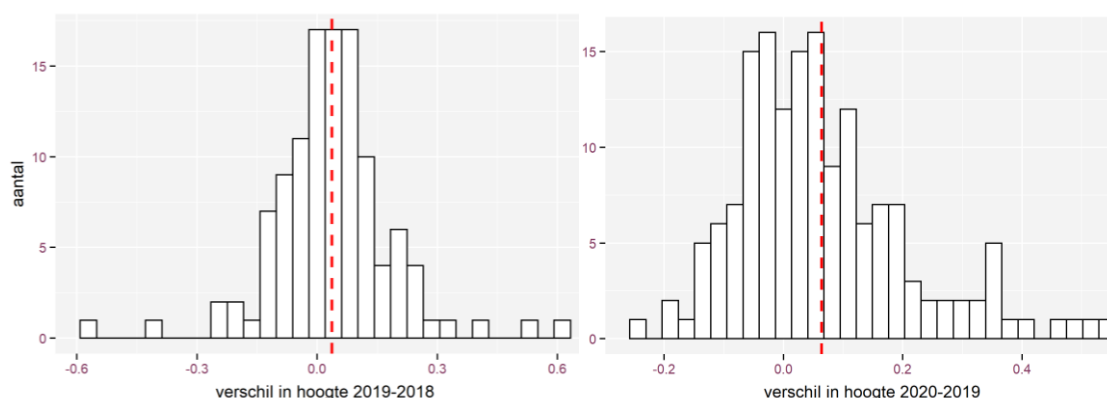


3.3 SEDIMENTATIE-EROSIE

De maximale sedimentatie, de maximale erosie, en de gemiddelde sedimentatie-erosie voor 2018-2019 en 2019-2020 staan weergegeven in Tabel 2. De maximale sedimentatie in beide periodes was meer dan een halve meter, de maximale erosie was meer dan een halve meter in 2018-2019, maar slechts een kwart meter in 2019-2020. Gemiddeld was er langsheen de door ons bestudeerde raaien (of toch minstens op de bemonsterde punten) een netto sedimentatie in beide periodes van 3.7 en 6.4 cm, al vallen deze waardes mogelijk binnen de foutenmarge. De verdeling van de verschillen staat weergegeven in Figuur 6 en geeft vooral voor de eerste periode een mooi gelijk verdeelde histogram aan. In periode 2 zijn er duidelijk meer punten met een grotere sedimentatie dan met een grote erosie.

Tabel 2: Gemiddelde, maximum en minimum hoogteveranderingen langsheen de benthosraaien in 2018-2019 en 2019-2020.

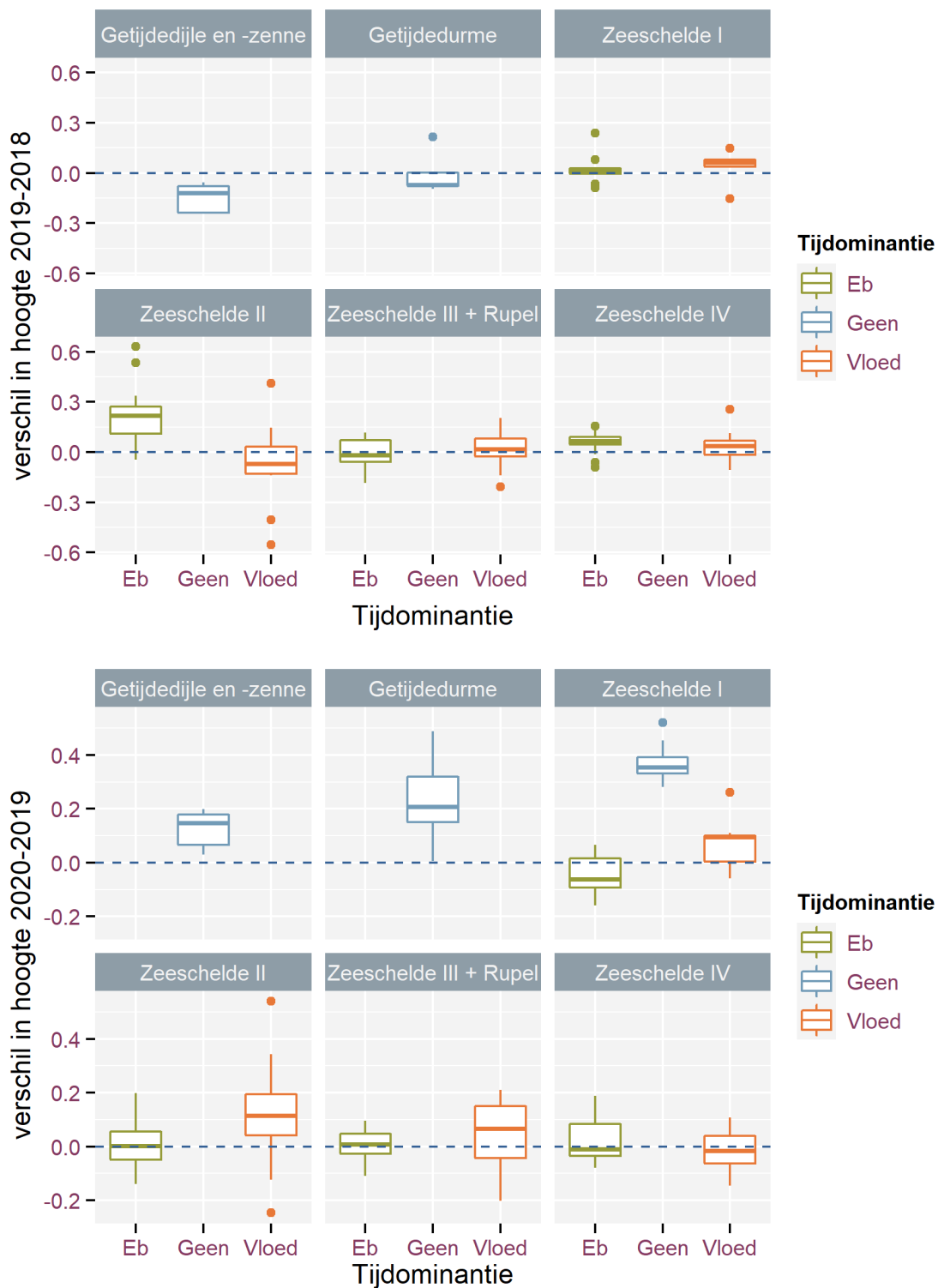
Parameter	2018-2019	2019-2020
Gemiddelde sed-erosie (cm)	3.7	6.4
Maximale sedimentatie (cm)	63	54
Maximale erosie (cm)	-55.3	-24.7



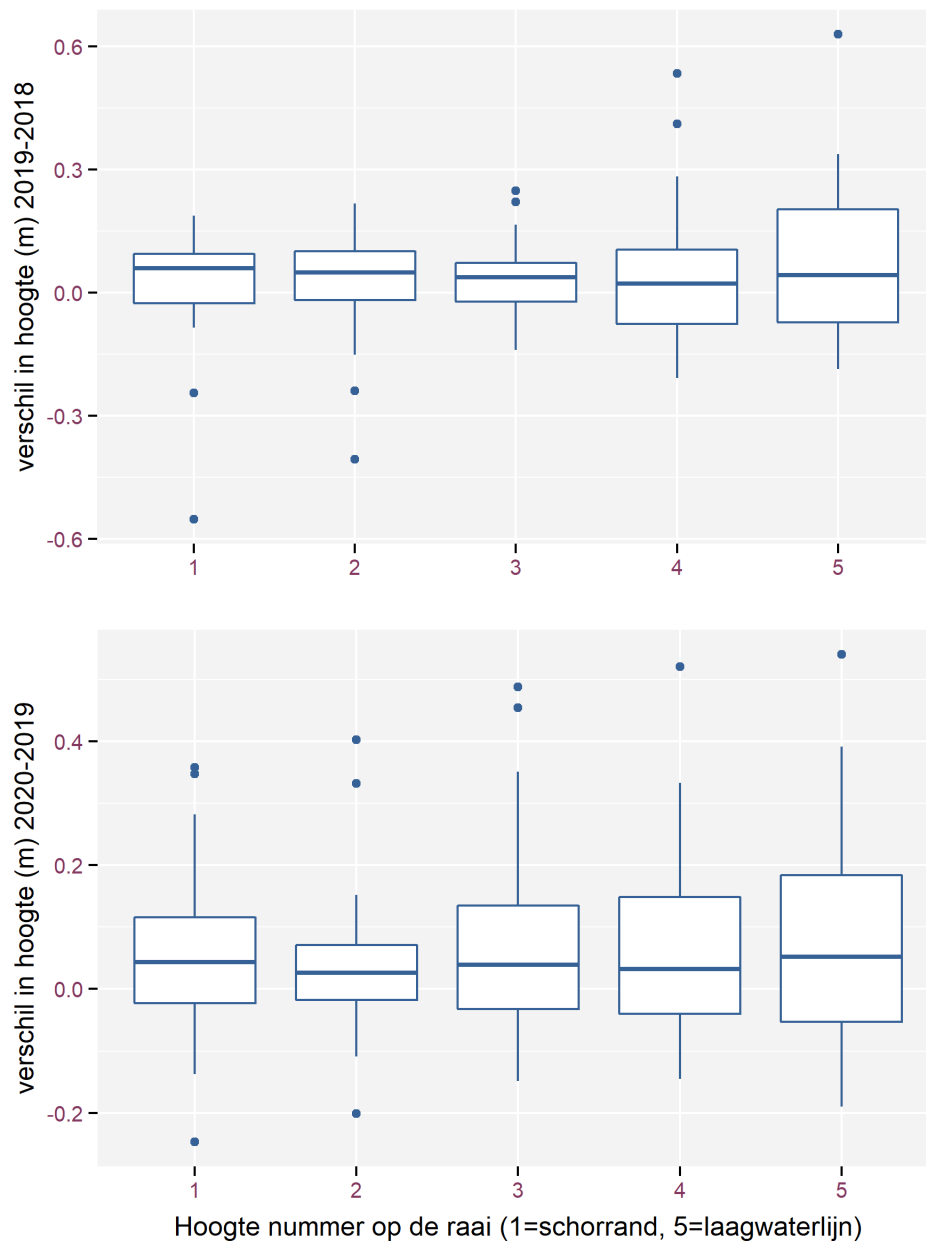
Figuur 6: Histogrammen van de hoogteverschillen tussen de 3 bestudeerde jaren langsheen de benthosraaien. Het Gemiddelde is aangeduid met een rode verticale lijn.

Boxplots van de sedimentatie-erosie langsheen de raaien voor de periodes 2018-2019 en 2019-2020 voor de verschillende KRW zones staan weergegeven in Figuur 7. Er zijn geen terugkerende trends in sedimentatie-erosie tussen de KRW zones. Vloeddominantie lijkt ook geen terugkerend effect te hebben in de verschillende KRW zones. Sedimentatie of erosie worden dus waarschijnlijk vooral aangestuurd door lokale factoren, waaronder lokale baggerwerken. De mate waarin sedimentatie of erosie optreedt lijkt toe te nemen van boven naar onderaan het slik: de gemiddelde verandering is dezelfde, maar de variatie neemt duidelijk toe (Figuur 8).





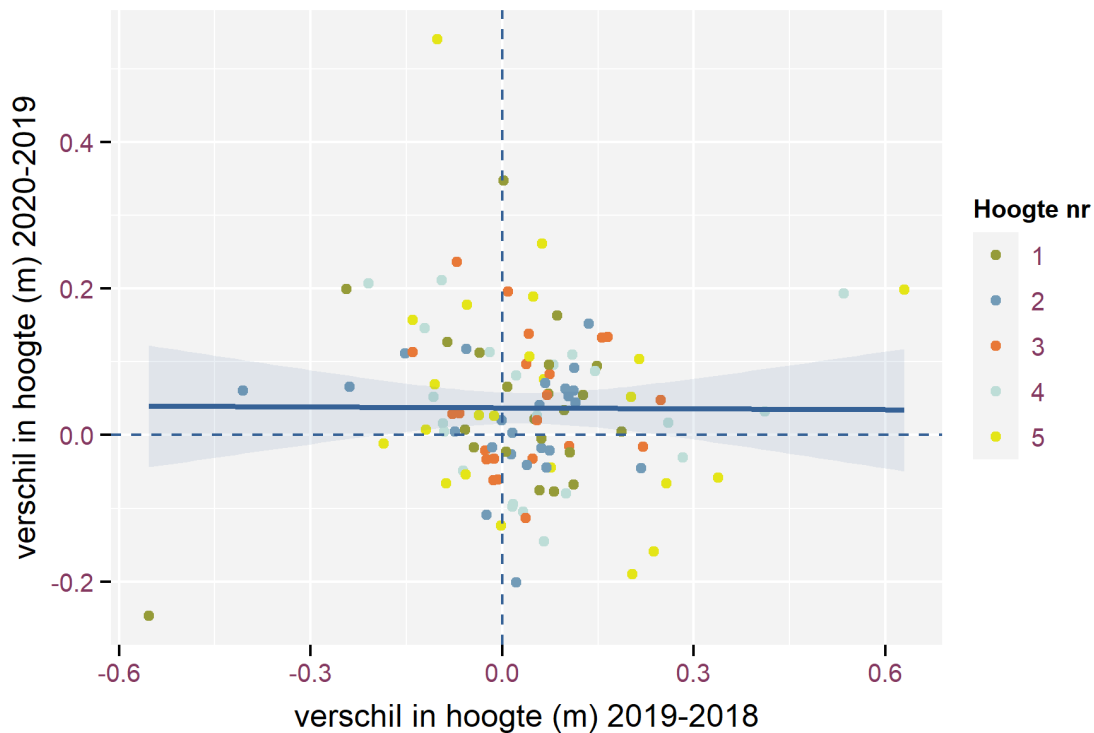
Figuur 7: Boxplots (mediaan, box=interkwartiel range, whiskers=1.5 keer de interkwartiel range, outliers= meer dan 1.5 interkwartielrange) van de verandering in hoogte (m) tussen raapunten in de periodes 2018-2019 (bovenaan) en 2019-2020 (onderaan). De data zijn geordend per KRW zone en tijddominantie.



Figuur 8: Boxplots van de hoogteveranderingen voor de verschillende hoogtenummers langsheen de benthosraaien (1=tegen schorrand, 5 = tegen laagwaterlijn). Boxplotlegende, zie Figuur 7.

De mate waarin in het ene jaar sedimentatie of erosie optreedt lijkt geen effect te hebben op de mate waarin sedimentatie of erosie optreedt in het volgende jaar, en alle hoogtes gedragen zich hierin min of meer gelijkaardig (Figuur 9). Doordat in beide jaren er gemiddeld genomen een lichte sedimentatie optrad, zien we vooral rechts en bovenaan op deze figuur veel punten, en vooral minder punten die in beide jaren erodeerden. Toch zijn alle mogelijk combinaties van sedimentatie en erosie in periode 1 (2018-2019) en periode 2 (2019-2020) aanwezig (er zijn punten in elk van de 4 kwadranten in Figuur 9). Ook is in deze figuur goed de spreiding van alle waardes van hoogteverandering te zien, en die laat zien dat in de range van -20 tot +25 cm

erosie en sedimentatie er veel verschillende datapunten zijn, wat een geschikte uitgangspositie is om later effecten van sedimentatie en erosie op benthos te bestuderen.

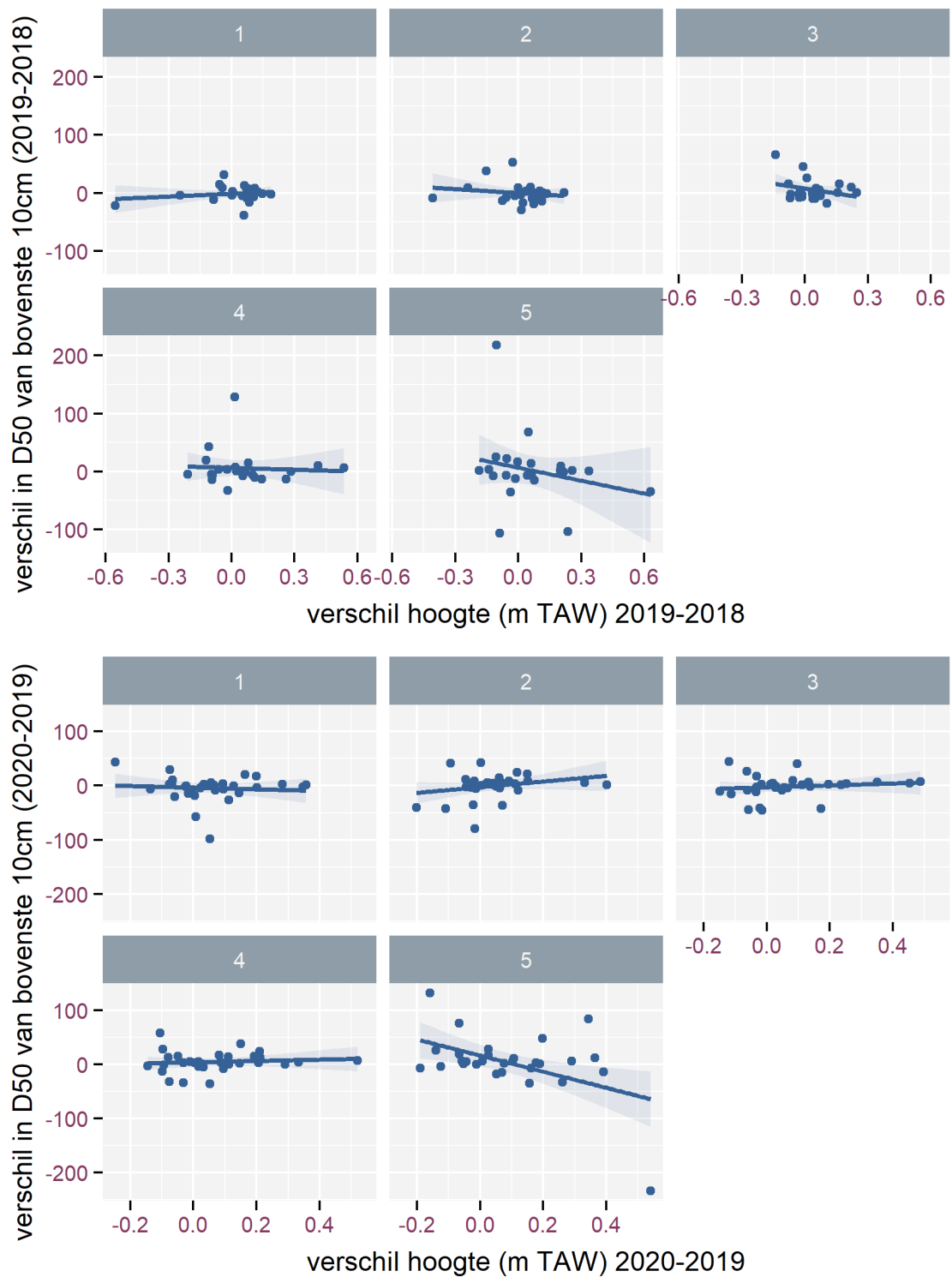


Figuur 9: Relatie tussen sedimentatie-erosie in periode 1 (2018-2019) versus periode 2 (2019-2020). Regressielijn is een lineaire regressie $x \sim y$.

3.4 SEDIMENTATIE-EROSIE: RELATIES MET KORRELGROOTTE EN ORGANISCHE STOF

- Verband tussen hoogteveranderingen en veranderingen in D50

Het verband tussen sedimentatie-erosie (hoogteveranderingen) en veranderingen in de mediane korrelgrootte (D50) staat voor de twee periodes en per hoogtenummer op de raaien weergegeven in Figuur 10. Daaruit blijkt niet dat er een verband tussen beiden bestaat. Binnen de range aan hoogteveranderingen die wij hier observeerden zijn de effecten op korrelgrootteverdeling blijkbaar beperkt. De getoonde resultaten zijn voor de D50 in de bovenste 10 cm van het slik, maar gelijkaardige patronen werden bekomen voor de D50 in de bovenste 2 cm (niet getoond).

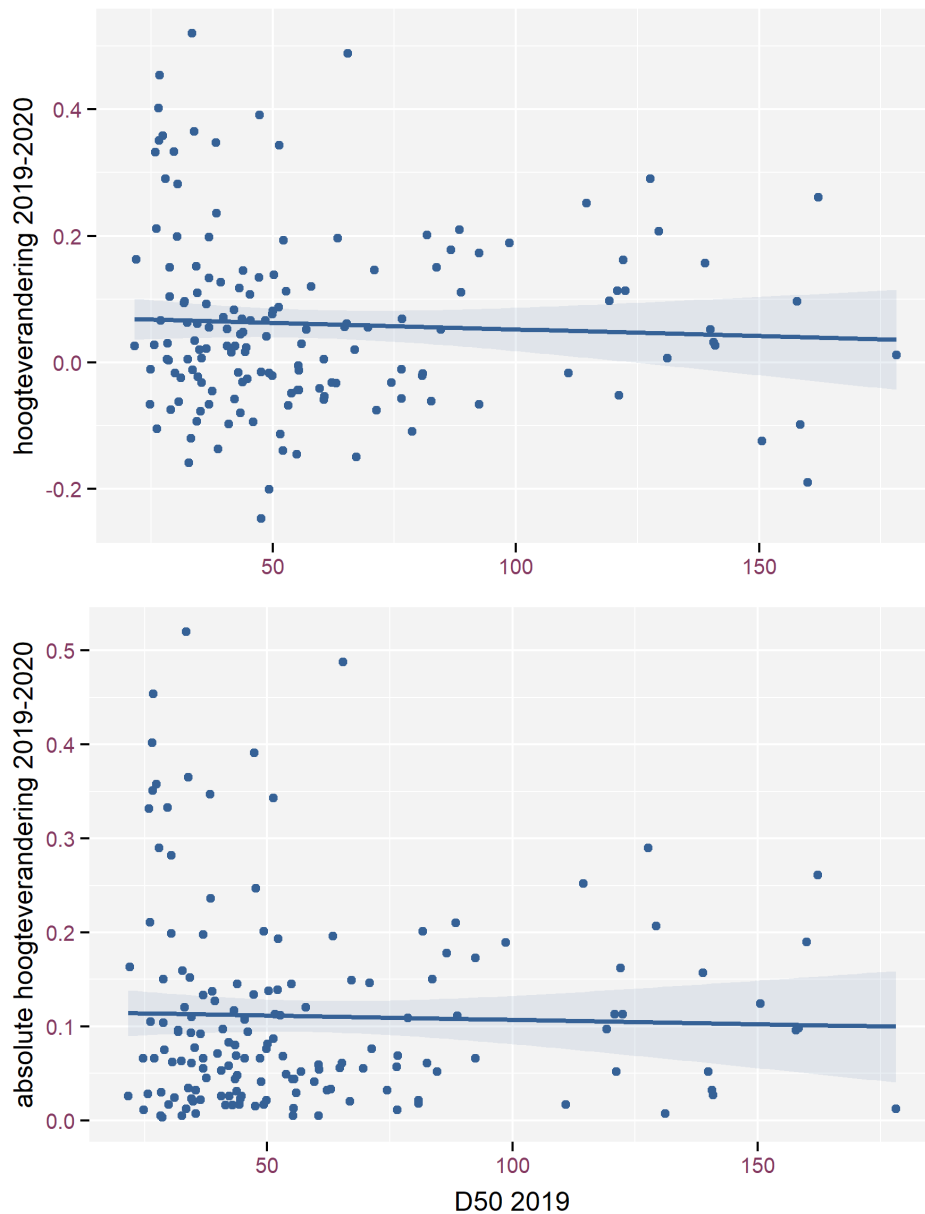


Figuur 10: Verband tussen hoogteverandering en verandering in mediane korrelgrootte (D50, bovensten 10 cm van het slik) langsheen de benthosraaien voor de periode 2018-2019 (bovenaan) en de periode 2019-2020 (onderaan). De relatie wordt weergegeven per hoogte nummer langsheen de raai (1=tegen schorrand, 5=tegen de laagwaterlijn).



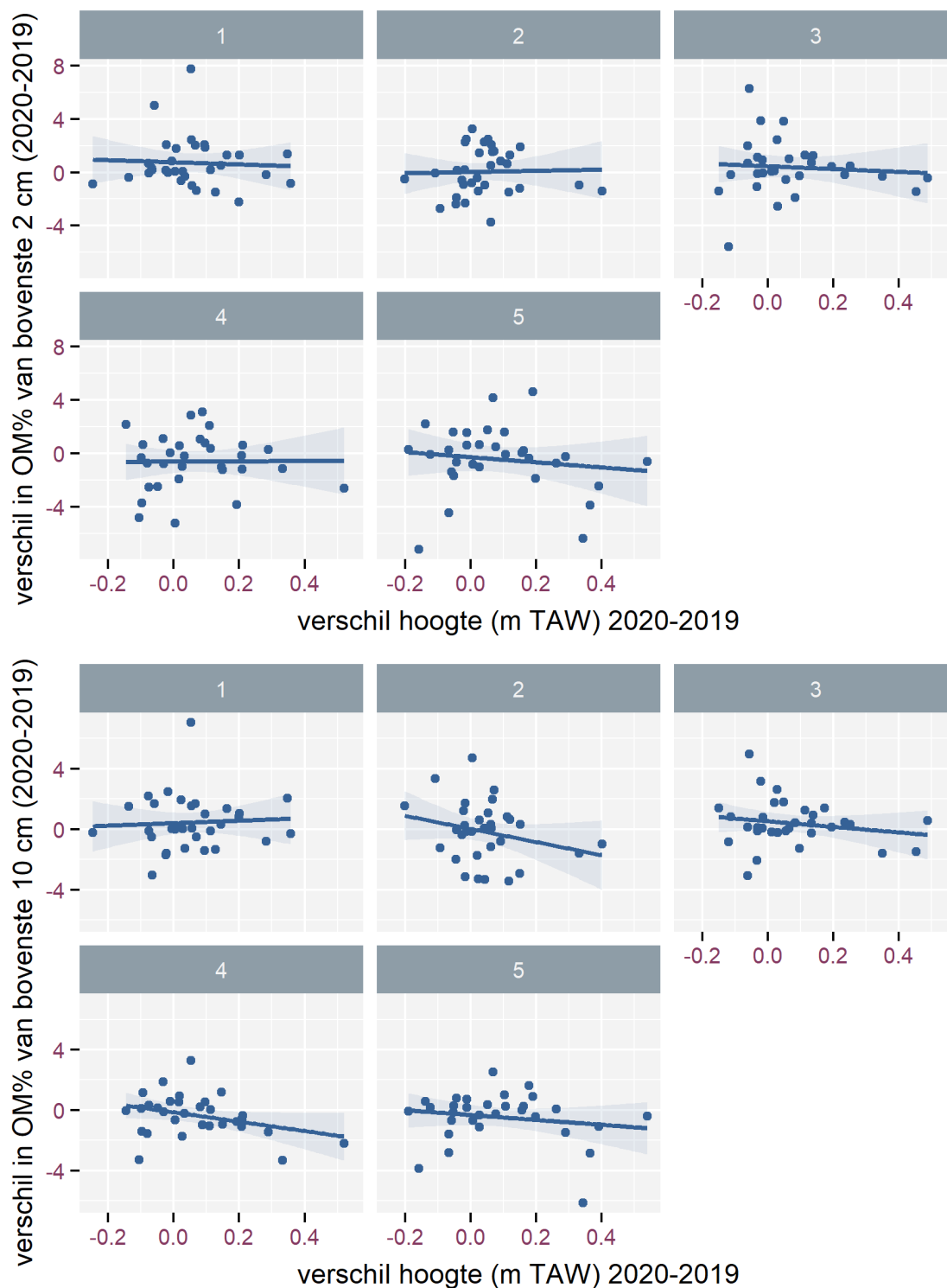
- Verband tussen initiële D50 in jaar 0 en sedimentatie erosie in jaar 1

Omgekeerd is het ook mogelijk dat de initiële D50 van invloed is op de latere sedimentatie of erosie. We gingen dit na voor de twee verschilperioden, maar dit effect lijkt echter nooit het geval te zijn. We tonen hieronder de resultaten voor de D50 in het jaar 2019 versus sedimentatie erosie in 2019-2020 (Figuur 11). Er is geen aantoonbaar verband, noch voor de originele data (waarmee een tendens naar erosie of sedimentatie bekeken wordt), noch voor de absolute hoogteveranderingen (waarmee een verband tussen korrelgrootte en sedimentdynamiek overheen de jaren bekeken wordt).



Figuur 11: Bovenaan: verband tussen de mediane korrelgrootte (D50) in 2019 en de sedimentatie-erosie in het daarop volgende jaar (2019-2020). Onderaan: Verband tussen de mediane korrelgrootte en absolute hoogteveranderingen in het daarop volgende jaar (2019-2020).

- Verband tussen sedimentatie erosie en verandering in organische stof gehalte



Figuur 12: Correlatie tussen verandering in hoogte en verandering in het gehalte organische stof voor de bovenste 2 cm (boven) en de bovenste 10 cm (onder) voor de periode 2019-2020 voor de verschillende hoogtes op het slik (1=tegen schorrand, 5=tegen laagwaterlijn).

Er is geen consistent patroon zichtbaar in de verandering van het gehalte organische stof (OM%) als gevolg van sedimentatie-erosie, al is voor de diepte 10 cm er vrijwel steeds een daling in het gehalte organische stof bij een vrij grote sedimentatie. Afzettingen van grote sedimentpakketten op korte tijd bestaan dus in hogere mate uit slib en zandpartikels en minder uit organische stof.



4 VALIDATIE VAN DE MEETMETHODE EN MEETFOUT

4.1 MATERIAAL EN METHODE

De bepaling van de korrelgrootteverdeling van het sediment gebeurt bij INBO aan de hand van een Coultern LS13320 analysetoestel. De instellingen die gebruikt worden bij de analyse van MONEOS sediment stalen staan beschreven in (Van Ryckegem et al., 2017). De kwaliteitsborging van de analyses wordt onderbouwd door twee types controles. In de eerste plaats wordt volgens een random keuze 1 op 10 stalen dubbel verwerkt (duplo's). Bij de voorbereiding van het staal worden in plaats van één hoeveelheid, twee hoeveelheden apart gehouden waarvan er één meteen geanalyseerd wordt, en het tweede weer ingevroren voor latere analyse. De ingevroren duplo stalen worden later op een andere dag geanalyseerd. Daarnaast wordt om de 14 stalen 1 referentiestaal aan de toestelcarrousel (één batch stalen die samen geanalyseerd worden) toegevoegd. Er worden tegenwoordig nog twee referentiestalen gebruikt: "NOT" en "PAU". Dit zijn natuurlijke sedimentstalen waarvan een grote hoeveelheid verzameld werd in het Schelde-estuarium, de ene afkomstig van de Notelaer (Bornem) met een eerder fijn slibachtige samenstelling, en een tweede afkomstig van Paulinaschor (Biervliet, Nederland) met een eerder zandige samenstelling. Beide referenties worden in het labo bewaard en afwisselend gebruikt. Merk op dat we van deze sedimentreferenties niet de "echte" samenstelling kennen omdat het natuurlijke sedimenten zijn. We kunnen dus niet de accuraatheid bepalen aan de hand van deze stalen, maar – net als met de duplo's – wel een goed idee krijgen van de precisie van onze analyses. Doordat de stalen doorlopend als referentie gebruikt worden is er wel een crossvalidatie mogelijk van analyses doorheen de tijd, binnen één analyseperiode, maar ook tussen verschillende jaren. De accuraatheid wordt wel jaarlijks nagegaan door een externe firma die aan de hand van glasparelmengsels controles doet van de D10, D50 en D90.

De kwaliteitsborging van onze sedimentanalyses gebeurt al gedurende de hele analyseperiode voor MONEOS, maar werd nooit eerder uitgebreid gerapporteerd. Omdat dit belangrijk achtergrondinformatie is voor de jaarlijks gerapporteerde data, en omwille van de focus op sedimentkarakteristieken in dit rapport, geven we hier een uitgebreide bespreking van deze kwaliteitsborging.

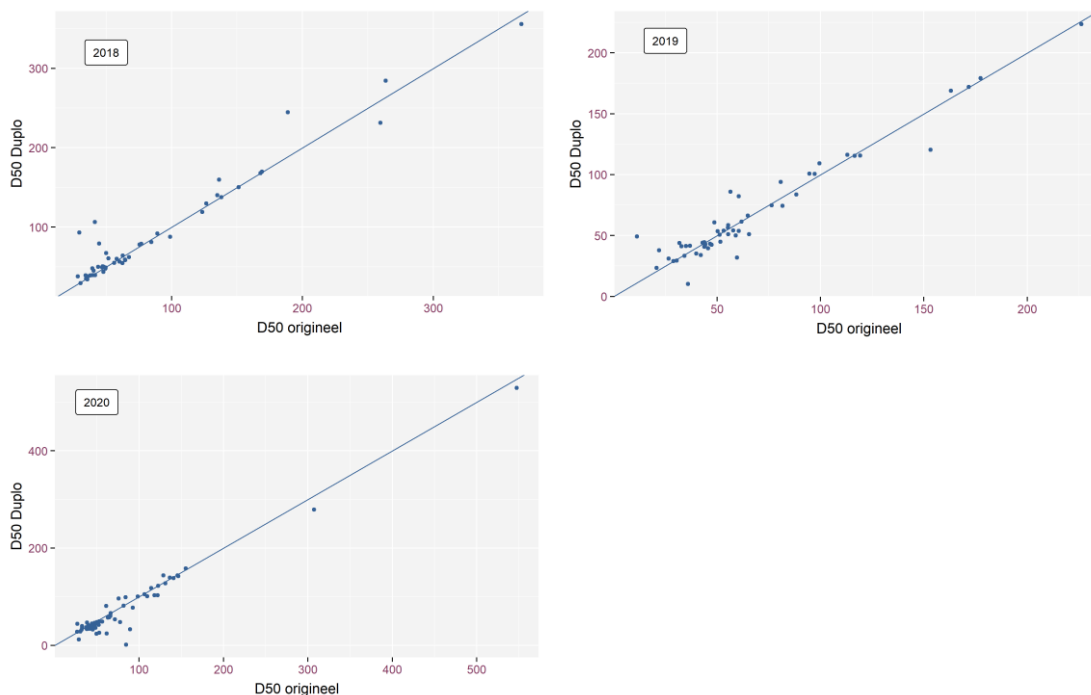
4.2 PRECISIE VAN DE METINGEN: DUPLO STALEN

Het aantal stalen waarvan per analysecampagne een duplo getest werd varieerde tijdens de analysecampagnes van de onderzochte jaren (2018-2020) tussen de 48 en 55 (Tabel 3). Deze duplostalen zijn random getrokken uit de volledige set aan stalen die geanalyseerd werden, dus zowel de random MONEOS stalen van benthos, de raaistalen, als enkele losse projecten zijn hierin vertegenwoordigd. Het betreft wel allemaal stalen van sediment uit de Zeeschelde.

Bij de analyse van een sedimentstaal wordt een vaste hoeveelheid substaal uit het staal genomen, waarna in het geval van duplostalen nog een tweede substaal uit het resterende staal genomen wordt. In de ideale situatie vinden we dat de analyseresultaten van het originele substaal en het duplostaal identiek zijn. Voor een specifieke parameter, bijvoorbeeld de vaak gerapporteerde mediane korrelgrootte D50 zou dan het verschil tussen origineel en

duplostaal 0 zijn. We gebruiken daarom naast de correlatie ook het verschil om te kijken hoe herhaalbaar de analyse is, of met andere woorden, hoe goed de precisie is van onze methode. We focussen hier op de D50, omdat de mediane korrelgrootte een belangrijke kenmerkende parameter is voor sedimentstalen, die vaak gebruikt wordt in ecologische analyses en rapportages.

De correlatie met weergave van de spreiding in de relatie tussen de D50 van het origineel staal en van het duplostaal is weergegeven in Figuur 13. De punten liggen uiteraard langsheen de diagonaal die de perfecte 1 op 1 relatie weergeeft, maar met behoorlijk wat zichtbare spreiding (zie ook Figuur 14). Een controle van de spreiding van de korrelgroottes over de verschillende korrelgrootteklassen (0, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 μm – data niet getoond) geeft bij vier duplostalen uit alle drie de campagnes (2018: 2; 2019: 1; 2020:1) weer dat er iets is misgelopen: er zijn geen waarden boven een bepaalde korrelgrootte, terwijl in het originele staal en in alle andere stalen dit wel het geval is. Bovendien heeft in enkele gevallen de hoogst gerapporteerde korrelgrootteklasse de belangrijkste procentuele bijdrage, wat een zeer ongewone en onnatuurlijke korrelgrootteverdeling zou betekenen (meestal is de verdeling bij benadering Gaussiaans). Waarschijnlijk duidt dit op een blokkade in het systeem of een onvolledige analyse. In de uiteindelijke rapportage zullen we voor deze stalen het “normaal” verdeelde staal als resultaat verder meenemen. Naast deze stalen met duidelijke aantoonbare afwijkende resultaten (met grote verschilwaarde tussen het originele en het duplostaal) zijn er nog andere stalenparen met een grote afwijking maar het is in deze gevallen niet mogelijk om de vinger te leggen op de oorzaak, of welk analyseresultaat het best is.

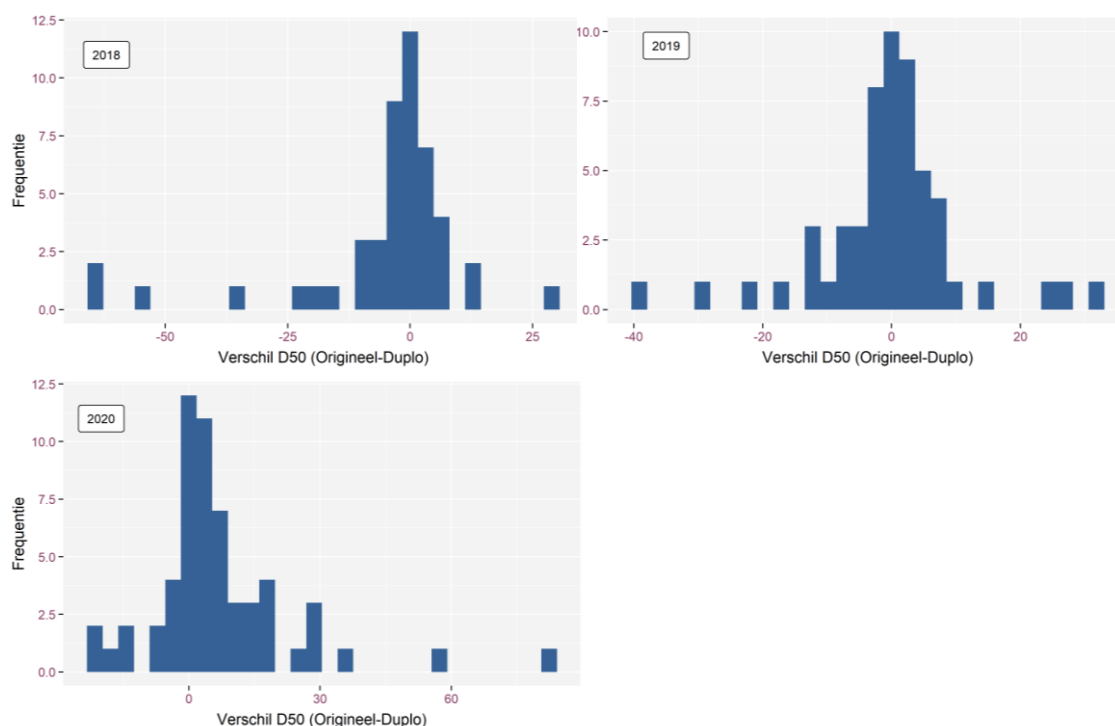


Figuur 13: Relatie tussen de D50 bepaald op het origineel substaal, en de D50 bepaald op het substaal van de duplo voor 2018-2020. De diagonale lijn geeft de perfecte 1 op 1 overeenkomst tussen beiden weer.



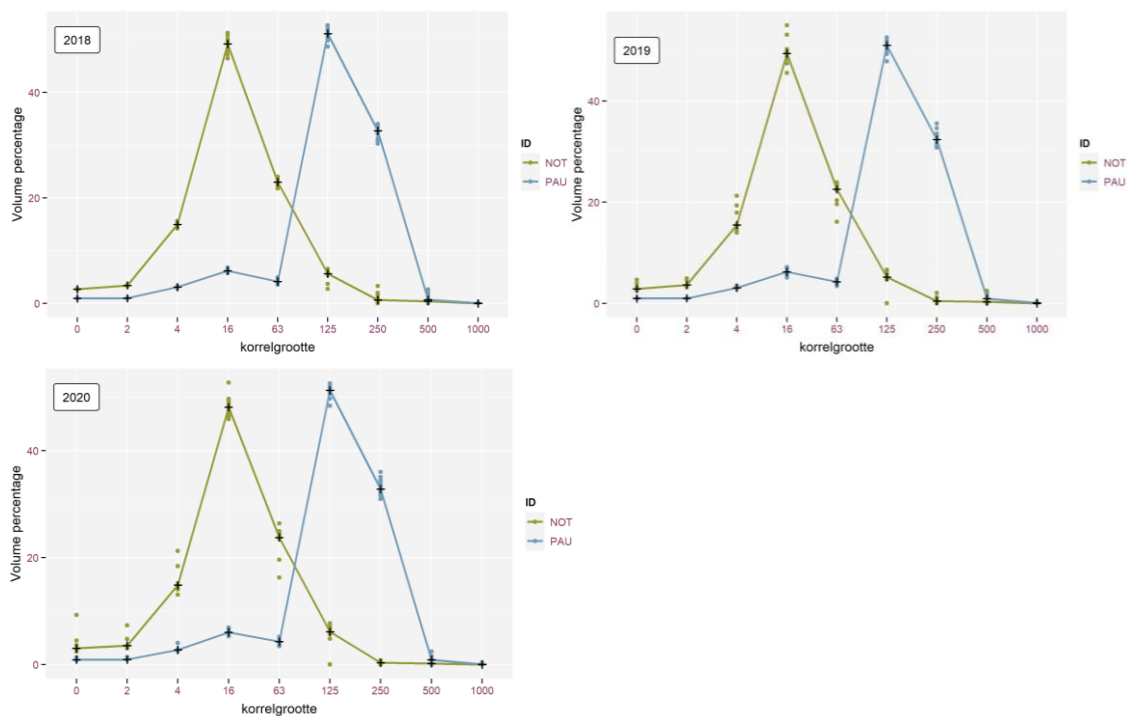
Tabel 3: Mediaan, gemiddelde en standaarddeviatie van het verschil in mediane korrelgrootte D50 tussen het originele substaal en het duplosubstaal voor de analysecampagnes van sedimentstalen van de Zeeschelde uit 2018-2020.

Jaar	Mediaan verschil	Gemiddelde verschil	Standaard deviatie	Aantal stalen
2018	-1.13	-5,23	17,42	48
2019	0.35	-0,39	11,46	55
2020	3.96	7,04	16,90	58



Figuur 14: Histogram van de verschillen in D50 tussen het originele substaal en het substaal gebruikt voor de duplo.

Een mogelijke oorzaak voor verschillen tussen twee opeenvolgende substalen uit één staal is het “Brazil nut effect”. Bij mengsels bestaande uit verschillende korrelgroottes treedt na verstoring een verticale sortering op waarbij de grotere korrels bovenaan komen te liggen en de kleinere korrels onderaan. Hoewel de genomen sedimentstalen manueel gemengd worden vóór verwerking, is het niet onlogisch dat er kleine verschillen overblijven op het ogenblik dat er substalen genomen worden. Enerzijds was het oorspronkelijk sedimentstaal wellicht verticaal gestratificeerd zodat homogenisatie nodig is. Anderzijds is perfect mengen geen sinecure en is dit mengproces ook een soort van verstoring, die zelf ook aanleiding kan zijn tot het “Brazil nut effect”. Dit toont aan hoe belangrijk deze voorbereidende stap is, maar ook hoe moeilijk het is om een perfect gemengd staal te bekomen, en er dus kleine variatie tussen substalen kan zijn.



Figuur 15: Korrelgrootteverdeling in volumefrequentie per grootteklasse voor de referentiestalen NOT PAU voor de verschillende herhaalde metingen in 2018-2020.

Tabel 4: Minimale, maximale, gemiddelde, standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt van de mediane korrelgrootte (D50) voor de referentiestalen NOT en PAU voor de jaren 2018-2020. Ook wordt het aantal replicate stalen gegeven (# duplo).

Naam	jaar	Max D50	Min D50	Sd D50	Gemiddelde D50	# duplo	CV
NOT	2018	44,76	40,30	1,16	42,19	18	2,75
NOT	2019	44,60	32,32	2,96	41,18	23	7,19
NOT	2020	47,07	27,08	3,96	42,65	25	9,27
PAU	2018	224,48	213,75	2,60	219,48	19	1,18
PAU	2019	225,10	215,59	2,65	219,41	23	1,21
PAU	2020	227,66	215,51	2,66	220,12	25	1,21

De gemiddelde D50 op basis van 18 tot 25 metingen per jaar verschilde maar 0.71 µm tussen verschillende jaren voor PAU, en 1.47 voor NOT. De individuele herhaalde testen voor de NOT en PAU sedimenten gaven gemiddeld een zeer goede herhaalbaarheid van een enkele meting aan voor de D50. Voor het zandige PAU sediment is de herhaalbaarheid bijzonder goed met

een variatiecoëfficiënt (CV) die zeer constant overheen de drie jaren erg laag rond de 1.2 ligt. Voor het meer slibbig NOT sediment ligt de variatiecoëfficiënt een stuk hoger met in 2020 een CV van 9.27. Hoewel een CV kleiner dan 10 vaak nog als een vrij goede herhaalbaarheid gezien wordt, is dit voor een analytische labotest aan de hoge kant. Ongeveer 7 % van de metingen in deze jaren verschilt meer dan 2 standaarddeviaties (sd) van het gemiddelde. Waarom afwijkende metingen gebeuren is niet geweten, maar het valt op dat het nooit gebeurde bij het zandigere sediment (Figuur 8). Mogelijk geven deze resultaten aan dat vooral bij bepaling van de korrelgrootteverdeling voor vrij slibbige tot kleiige substraten de kans op een afwijkende meting wat hoger ligt. De standaarddeviatie werd in 2015 al eens nagegaan voor het bepalen van de D50 bij deze sedimentstalen NOT en PAU (Van Ryckegem, niet gepubliceerd). De standaarddeviatie lag voor NOT en PAU toen rond de 4µm, nu ligt deze voor alle drie de jaren onder deze waarde, wat suggereert dat de herhaalbaarheid ongeveer gelijk gebleven is of licht verbeterd is. Omdat de meeste sedimenten in de Zeeschelde (in het intertidaal) eerder slibbig zijn en dus meer op NOT lijken, moet rekening gehouden worden met de kans op een iets afwijkende meting van ongeveer 7%. Dit percentage is iets hoger dan in 2016 toen het op ongeveer 4% lag (percentage gevallen dat meer dan 2 standaarddeviaties verschilt van de gemiddelde waarde). De vrij lage variatiecoëfficiënt en Figuur 15 geven echter aan dat de afwijkingen nog relatief dicht bij de werkelijke waarden liggen.



5 CONCLUSIES EN DISCUSSIE

Het Instituut voor Natuur en Bosonderzoek team Estuaria heeft sinds 2018 een nieuw monitoringsinitiatief lopen in de Zeeschelde bestaande uit 34 raaien (zogenaamde benthosraaien). De doelstellingen en mogelijke winsten zijn divers, maar één van de prioriteiten is om het effect van sedimentatie en erosie op de benthosgemeenschap te onderzoeken. Dit is tot dusver een blinde vlek, die niet met de lopende monitoring aan de hand van random staalnamepunten kan worden beantwoord. Een verhoogde dynamiek en de effecten daarvan op de biologische gemeenschap is bovendien een van de actuele bezorgdheden. Het is niét de bedoeling van dit rapport om een overzicht te geven van (patronen in) sedimentatie-erosie op slikken langsheen de Zeeschelde. Daartoe loopt reeds een ander langlopend monitoringsproject aan de hand van zogenaamde toporaaien. Deze toporaaien worden veel preciezer ingemeten waardoor veel betrouwbaardere inschattingen van sedimentatie-erosie en totaal-volume-veranderingen mogelijk zijn. De bedoeling van dit rapport is wél om een beschrijving van de patronen in korrelgrootteverdeling, gehalte organische stof en sedimentatie-erosie op de bethosraaien te geven, en te kijken of sedimentatie-erosie leidt tot veranderingen in de andere parameters. Dit rapport wil ook kijken in hoeverre de natuurlijke veranderingen langsheen de benthosraaien een voldoende ruim en gelijk verdeeld pallet aan mogelijke (verschil)waardes (hoogteveranderingen, korrelgrootte en organische stof) oplevert, die toelaten om de effecten ervan op benthos te bepalen, en of dus een vervolgrapport dat naar effecten op benthos kijkt in deze fase al zinvol is.

Sedimentatie-erosie gemeten tussen 2 tijdstippen met een jaar verschil blijkt heel frequent op de onderzochte raaien in de grootteorde tot ongeveer 20 cm, al is het geheel aan raaien redelijk in evenwicht (totaal verschil over alle punten en alle raaien erg klein). Deze toestand in balans geeft waarschijnlijk aan dat de raaien goed verdeeld liggen over de Zeeschelde, omdat we op systeemchaal geen plotse verschillen tussen jaren verwachten. Onze vaststellingen volstaan niet en waren ook niet bedoeld om uitspraken te doen over de systeembalans. Daarvoor zijn andere technieken en metingen noodzakelijk (zie o.a. Van Braeckel et al., 2019b). Grotere hoogteverschillen zijn weinig frequent en lopen op tot ongeveer een halve meter. De standaarddeviaties van de hoogteveranderingen tussen jaren namen toe van bovenaan de slikken naar onderaan tot tegen de laagwaterlijn. Dit duidt waarschijnlijk op een toenemende sedimentatie-erosie dynamiek naar onderen toen, wat een typisch fenomeen is dat we eerder voor de Zeeschelde rapporteerden (Van Braeckel et al., 2019a). Helemaal bovenaan tegen de schorrand is er ook een toename van deze dynamiek, waarschijnlijk doordat dit punt steeds dicht tegen de schorklif aanligt, waar ook zeer dynamische veranderingen kunnen optreden als gevolg van schorerosie. De data overspannen drie jaren en laten dus toe om 2 opeenvolgende verschilwaarden (erosie-sedimentatie) te berekenen. Belangrijk is dat we de verschillende combinaties van verandering aantreffen: punten die eerst eroderen en nadien sedimenteren of omgekeerd, en punten die twee jaar naeen sedimenteren of twee jaar naeen eroderen, al zijn er wel weinig punten in deze laatste groep. Hiermee kan het cumulatief effect van sedimentatie-erosie op benthos bekeken worden.

We vinden weinig evidentie voor veranderingen in mediane korrelgrootte en organische stof gehalte bij hoogteveranderingen. Dat is een gunstige situatie, omdat het toelaat om unieke effecten van hoogteveranderingen te bekijken. Alles bij elkaar is de conclusie dus dat de



natuurlijke abiotische uitgangssituatie op de raaien gunstig is om naar effecten van sedimentatie-erosie (doorheen de tijd) op benthos te kijken.

Ten slotte wordt in dit rapport een uitgebreide kwaliteitscontrole gepresenteerd van de INBO analysemethode voor korrelgrootteverdeling (adhv een Coultern counter). De herhaalbaarheid van de metingen blijkt doorgaans vrij hoog, maar afwijkende metingen komen voor in ca. 7% van de gevallen. Toch geeft ook in die gevallen de D50 meestal nog de juiste sedimentklasse aan waartoe het sediment behoort.



Referenties

Van Braeckel A., Belliard J.-P., Meire D., Van de Meutter F., Silinski A., Temmerman S., De Roo S., Kolokythas G., Levi Y., Bouma T., et al. 2019a: Wave climate and sediment dynamics in the tidal flats and marshes of Galgeschoor. Reports of the Research Institute for Nature and Forest 2019 (48). Research Institute for Nature and Forest, Brussels, [https://pureportal.inbo.be/portal/en/publications/wave-climate-and-sediment-dynamics-in-the-tidal-flats-and-marshes-of-galgeschoor\(d4064894-3e41-49e4-b86c-39296e81e18f\).html](https://pureportal.inbo.be/portal/en/publications/wave-climate-and-sediment-dynamics-in-the-tidal-flats-and-marshes-of-galgeschoor(d4064894-3e41-49e4-b86c-39296e81e18f).html).

Van Braeckel A., Elsen R., & Van Ryckegem G. 2019b: MONEOS monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie en diversiteit Habitats. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, [https://pureportal.inbo.be/portal/en/publications/moneos-monitoringsoverzicht-en-1ste-lijnsrapportage-geomorfologie-en-diversiteit-habitats\(cf4cb24e-7b7f-40cb-8e8c-0e6bb185fbbf\).html](https://pureportal.inbo.be/portal/en/publications/moneos-monitoringsoverzicht-en-1ste-lijnsrapportage-geomorfologie-en-diversiteit-habitats(cf4cb24e-7b7f-40cb-8e8c-0e6bb185fbbf).html).

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Buerms D., De Beukelaer J., et al. 2017: MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO : Toestand Zeeschelde 2016 Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie , diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem G., Vanoverbeke J., Van Braeckel A., Van de Meutter F., Mertens W., Mertens A., & Breine J. 2021: MONEOS - Datarapport INBO : toestand Zeeschelde 2020. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

