

## 2.4. Fysische verstoring en verlies van de zeebodem (D6)

Vera Van Lancker, Lars Kint en Giacomo Montereale Gavazzi

- (1) Zeebodemhabitats zijn onderhevig aan een alomtegenwoordige visserijdruk, maar ook aan drukken gerelateerd aan aggregaatextractie, baggeren en storten, windmolenparken, pijpleidingen en kabels. Windmolens en energiekabels zijn sinds 2011 met bijna 200% toegenomen. Voor het BDNZ, met reeds 100% bezetting van visserij, werd in de periode 2011-2016 geen significante extra stijging waargenomen in het ruimtelijk bereik van de andere drukken. Er worden hierbij echter nog geen ver-veld en cumulatieve effecten verrekend.
- (2) Er zijn nog geen ruimtelijke beheersacties van kracht die de visserijdruk verminderen. Niet tegenstaande werden in het Marien Ruimtelijk Plan reeds vier deelzones opgenomen en afgebakend met voorschriften wat visserijtechnieken betreft.
- (3) Een significante methodologische vooruitgang werd geboekt in de akoestische kartering van zeebodemhabitats (slib, zand en grofkorrelige sediment). Veranderingen werden waargenomen t.o.v. de sedimentkartering in de initiële beoordeling, maar zijn vooral te wijten aan een verschil in methodologische benadering. Er is nood aan een multi-criteria benadering om zeebodemveranderingen ten gevolge van menselijke activiteiten te kunnen duiden.
- (4) Een methodiek werd ontwikkeld om verzanding in grindgebieden te kwantificeren. Tijdsreeksen van akoestische metingen van de zeebodem toonden vooral schommelingen binnen de foutenmarge. Meer gedetailleerde zeebodemclassificaties lieten toe variaties in de grind/zand verhouding te duiden die

### 2.4.1. Inleiding

De Goede Milieutoestand wordt bereikt wanneer de integriteit van de zeebodem zodanig is dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name de benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast. Fysische verstoring en verlies van de zeebodem is een eerste luik in de beoordeling van de zeebodemintegriteit en onderbouwt de evaluatie van de status van mariene benthische habitats (Sectie 3.5).

Fysisch verlies wordt gedefinieerd als een permanente verandering van de zeebodem gedurende twee cycli (12 jaar) of meer (Walmsley et al., 2017). Daarentegen is fysische verstoring een verandering in de zeebodem dat kan worden hersteld als de activiteit die verantwoordelijk is voor dergelijke fysische drukken ophoudt te bestaan. De effectieve aanwijzing 'verlies' of 'verstoring' per activiteit is echter voor interpretatie vatbaar en kan verschillen per lidstaat (zie Kint et al., 2018 voor een discussie).

Om het ruimtelijke bereik van fysisch verlies en verstoring van het zeebodemmilieu te bepalen, zijn verschillende benaderingen mogelijk. Op schaal van het BDNZ kunnen alle menselijke activiteiten die de aard van de zeebodem beïnvloeden in kaart worden gebracht. Dit wordt bewerkstelligd doordat alle activiteiten een meldingsplicht hebben en schepen uitgerust zijn met elektronische monitoringssystemen die posities en activiteiten registreren. De effectieve drukken zijn moeilijker te bepalen en hiervoor zijn staalnames en een meer gedetailleerde kartering

van de zeebodem noodzakelijk.

Voor de bepaling van de effecten van visserij is dit moeilijk haalbaar gezien deze activiteit het hele BDNZ bestrijkt. Daarom is het effectiever om voor deelgebieden beheersmaatregelen te treffen die bepaalde visserijtechnieken niet of verminderd toelaten. Door herhaalde kartering van bepaalde gebieden is het bovendien mogelijk veranderingen in de vorm van de zeebodem en haar sedimentsamenstelling in detail op te volgen.

Voor de evaluatie van de fysische veranderingen aan het zeebodemmilieu werden fysische verstoring en verlies van de zeebodem dan ook op verschillende schaalniveaus gekarteerd:

- (1) Kartering in ruimte en tijd (2011-2016) van alle drukken ten gevolge van menselijke activiteiten in navolging van de nieuwe Commissiebeslissing.
- (2) Kartering en opvolging van de ruimtelijke beheersacties die tot doel hebben om de drukken gerelateerd aan visserij te verminderen. Milieudoelen:
  - Positieve trend wat betreft het zeebodemoppervlak dat permanent gespaard blijft van verstoringen als gevolg van vistuig dat de bodem raakt binnen de verschillende benthische habitattypes wat op zijn beurt resulteert in een natuurlijke ontwikkeling van de benthische fauna en flora en de kunstmatige opsplitsing van de zeebodem tot een minimum beperkt.
  - Positieve trend wat betreft het zeebodemoppervlak dat enkel verstoord wordt door alternatief, milieuvriendelijker vistuig, welke een substantiële reductie van de bodemberoering nastreeft, binnen de verschillende benthische habitattypes, wat resulteert in een verbeterde benthische habitatkwaliteit en de kunstmatige opsplitsing van de zeebodem tot een minimum beperkt.
- (3) Kartering en opvolging van het voorkomen van grootschalige benthische habitats op schaal van het BDNZ gebruikmakende van akoestische meetmethodes, bemonsteringen en observaties. Milieudoel:
  - Het ruimtelijk bereik en de spreiding van de EUNIS habitats van niveau 3 (zanderige modder tot modder, modderig zand tot zand en grindhoudend sediment), evenals dat van grindbedden schommelen - in verhouding tot de referentiestatus zoals beschreven in de Initiële beoordeling – binnen een marge die zich beperkt tot de accuraatheid van de huidige distributiemappen.
- (4) Trendkartering van de evolutie van de morfologie en het type substraat in grindbedden in twee testzones met behulp van akoestische meettechnieken, bemonsteringen en observaties. Milieudoel:
  - Binnen in de grindbedden te definiëren testzones mag de verhouding van de oppervlakken met harde substraten (meer bepaald de oppervlakken die gekoloniseerd worden door epifauna van hard substraat) ten opzichte van de oppervlakken met zacht sediment (meer bepaald oppervlakken bovenop het hard substraat en die de ontwikkeling van de substraatfauna verhinderen) geen negatieve trend vertonen.

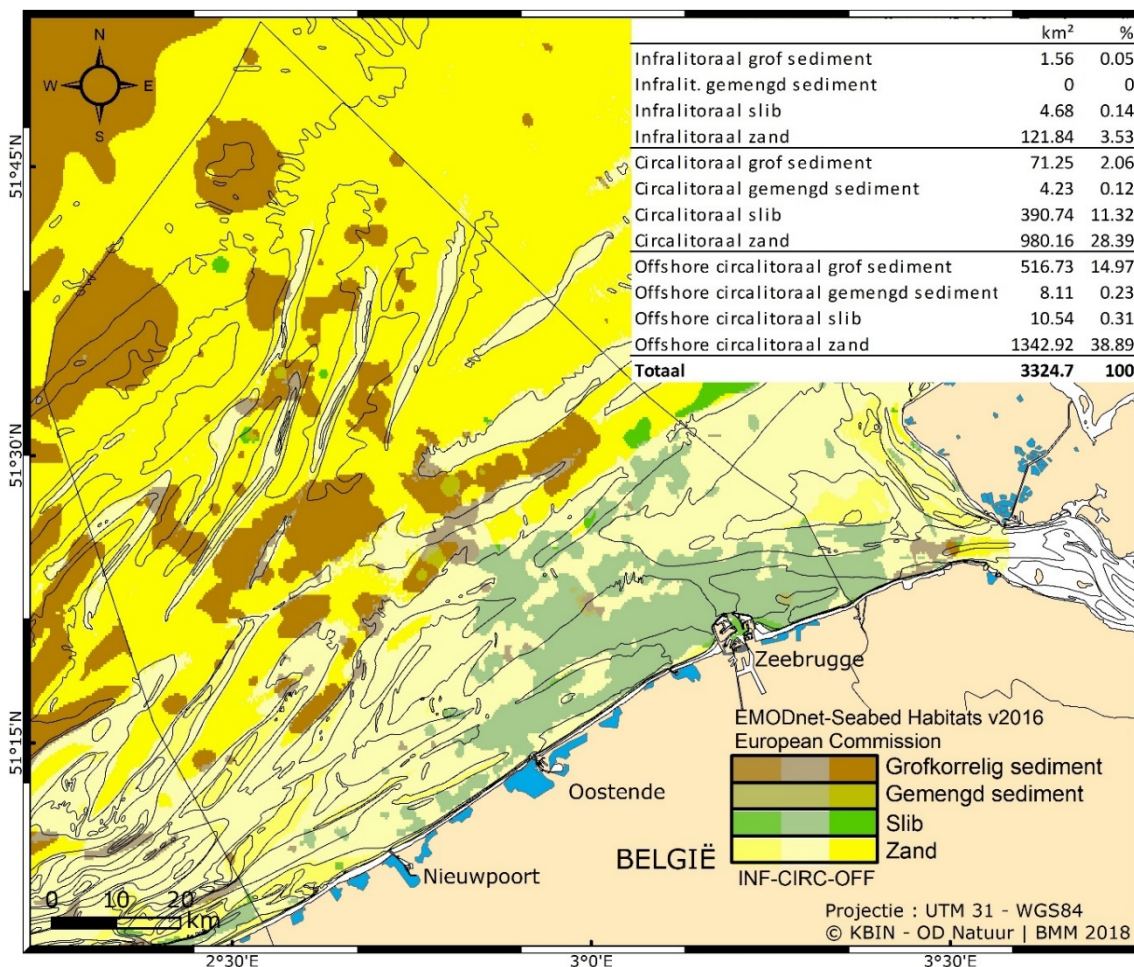
Er zijn geen één-op-één overeenstemmingen met OSPAR indicatoren, behalve voor OSPAR indicator BH4 omtrent habitatverlies.

### 2.4.2. Achtergrond

Het leven in zee (e.g., schelpdieren, platvissen, wormen, bacteriën) is sterk gebonden aan de aard en kwaliteit van de zeebodem. De sedimentsamenstelling (i.e. slib, zand, grind) levert dan ook een belangrijk habitat of huis aan vele soorten die in de bodem leven. Dit habitat kent een natuurlijke dynamiek, en is toenemend onderhevig aan menselijke drukken.

Het karteren van fysisch verlies (i.e., door vaste structuren in zee) en fysieke verstoring (i.e., erosie, verzanding, verslibbing) van het zeebodemhabitat is belangrijk als eerste waarschuwing voor een mogelijke achteruitgang van de biodiversiteit. Veelal is dit gekoppeld aan toenemende menselijke activiteiten, in de ruimte en tijd gespreid. De meeste drukken zijn lokaal en beheersbaar doordat veranderingen in het zeebodemmilieu regelmatig opgevolgd worden door de bevoegde instanties. Voor drukken die hele rechtsgebieden bestrijken, zoals visserij, is het echter heel moeilijk veranderingen op te volgen. Ruimtelijke beheersmaatregelen, die bepaalde visserijtechnieken niet of verminderd toelaten, zijn dan meer aangewezen.

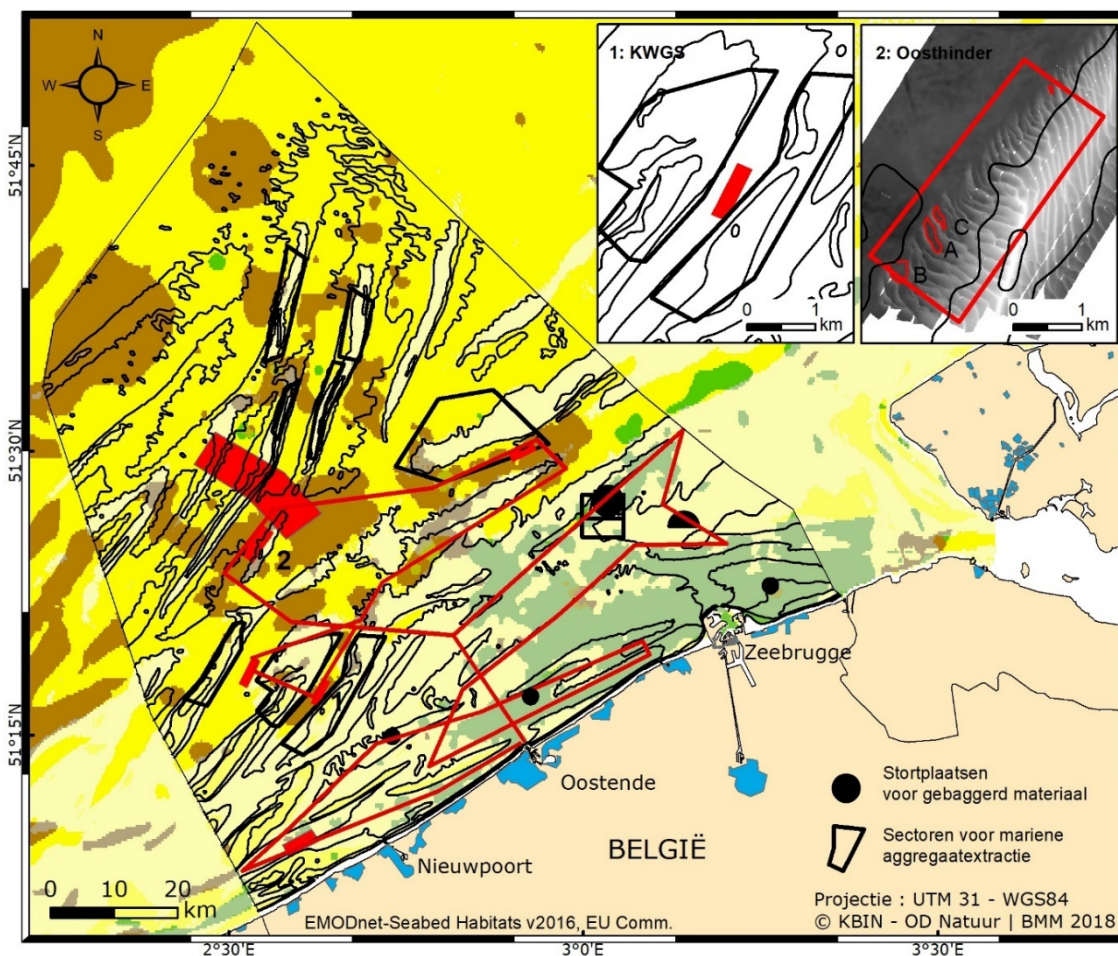
Menselijke activiteiten kunnen echter ook effecten hebben buiten de zones waar ze plaatsvinden. Daarom is het belangrijk om het voorkomen en de verspreiding van het habitat (Figuur 2.12), met name sedimentsamenstelling en de vorm van de zeebodem, met grotere nauwkeurigheid te karteren en op te volgen. Hoge resolutie akoestische meettechnieken, in combinatie met staalnames, laten toe om de zeebodem in al haar dimensies te karteren, alsook de processen die het zeebodemmilieu veranderen. Als detailstudie werden hiervoor de natuurlijke grindbedden gekozen. Grindbedden zijn belangrijke habitats, maar staan toenemend onder druk. Reeds 150 jaar wordt gevestigd in de gebieden waar grind voorkomt, maar ook is er een gestadige toename van andere activiteiten waaronder de ontginning van zeebodemsedimenten. Dit kan veranderende sedimentatiepatronen in een gebied als gevolg hebben en is een belangrijke bron aan informatie voor toekomstige beheersmaatregelen.



Figuur 2.13. Grootschalige habitattypes waarvan het voorkomen en de distributie in de tijd wordt opgevolgd. Zie tabel 2.11 voor de definitie van infralitoraal, circalitoraal en offshore circalitoraal.

### 2.4.3. Geografisch gebied

Fysisch verlies en verstoring werden op schaal van het BDNZ gekarteerd. Veranderingen in de ruimtelijke verspreiding van de grootschalige sedimenttypes werden opgevolgd langsheen transecten en in deelgebieden. De trendkartering van de evolutie hard versus zacht substraat werd uitgevoerd in twee grindgebieden in het Vlaamse Banken Habitatrichtlijnengebied: (1) Vlaamse Banken: geul tussen de zandbanken Kwintebank en Buitenratel; (2) Hinder Banken: westzijde van de Oosthinder zandbank. Zie Figuur 2.14 voor een overzicht.



Figuur 2.14. Transecten en deelgebieden die werden gekarteerd met multibeamtechnologie om de evolutie in de distributie van grootschalige sedimenttypes (Figuur 2.13) te kwantificeren. De grindgebieden waar tijdsreeksen van multibeamdata toelieten om de evolutie van hard versus zacht substraat doorheen de tijd te kwantificeren zijn rechtsboven aangeduid.

#### 2.4.4. Methodologie

- (1) Kartering in ruimte en tijd (2011-2016) van alle drukken ten gevolge van menselijke activiteiten. Publiek beschikbare data werden opgevraagd bij de bevoegde instanties. Zie Tabel 2.3 voor een overzicht.

Tabel 2.3. Overzicht van de menselijke activiteiten die tot fysisch verlies en/of versterking van de zeebodem kunnen leiden.

Menselijke druk	Bron
Aquacultuur	KBIN-OD Natuur en BMM
Baggeren en lossen van gebaggerd materiaal	Vlaamse Overheid. De afdeling Maritieme Toegang en het Agentschap voor Maritieme Diensten en Kust (Afdeling Kust) zijn respectievelijk verantwoordelijk voor het onderhoud van de maritieme toegangskanalen en -poorten naar de havens en naar de Schelde en de jachthavens.

Aggregaatextractie	KBIN-OD Natuur en BMM FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Dienst Continentaal Plat
Haveninfrastructuur	Vlaamse Overheid, Mobiliteit en Openbare Werken (MOW), Afdeling Maritieme Toegang
Meetpalen en radarstations	KBIN-OD Natuur en BMM Vlaamse Overheid, Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK), Afdeling Kust; Vlaamse Hydrografie
Pijpleidingen	KBIN-OD Natuur en BMM FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Dienst Continentaal Plat
Energiekabels	KBIN-OD Natuur en BMM
Telecommunicatiekabels	KBIN-OD Natuur en BMM FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Dienst Continentaal Plat
Visserij	OSPAR Intermediaire evaluatie 2017 ( <a href="https://odims.ospar.org">https://odims.ospar.org</a> )
Oorlogsmunitie	KBIN-OD Natuur en BMM
Windmolenparken	KBIN-OD Natuur en BMM
Wrakken	KBIN-OD Natuur en BMM Vlaamse Overheid, Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK), Afdeling Kust; Vlaamse Hydrografie

De data werden geïmporteerd in een geografisch informatiesysteem om het ruimtelijke bereik en voorkomen te kwantificeren. Dit resulteerde in een portfolio van activiteiten per jaar. Vervolgens werd per activiteit die de zeebodem permanent bedekt of die resulteert in langdurige abrasie of sedimentatie een oppervlakte voor fysisch verlies berekend. Dit ruimtelijk verlies is gebaseerd op de effectieve dimensies van de activiteit. Voor fysieke verstoring werd een buffer bijgerekend gebaseerd op literatuurgegevens (Kint et al., 2018). Voor de periode 2011–2016 werd dit, per activiteit, berekend per jaar teneinde een trend te kunnen bepalen. Voor een trendevaluatie werd finaal het percentuele aandeel van de oppervlakten in relatie tot het oppervlakte van het BDNZ (3454 km<sup>2</sup>) bepaald. Hiervoor werd de basislijn, zoals gedefinieerd in 2012<sup>1</sup>, gebruikt als referentie. Eenzelfde methodologie werd gehanteerd om het fysisch verlies en de fysieke verstoring per grootschalig habitattypen te bepalen.

(2) Kartering en opvolging van de ruimtelijke beheersacties die tot doel hebben om de drukken gerelateerd aan visserij te verminderen.

Om de evolutie naar dit doel te bereiken werden in het Belgische KRMS maatregelenprogramma expliciet ruimtelijke beheersacties geformuleerd die verband houden met de betrokken sectoren (meer bepaald afbakening van zones waar visserij wordt uitgesloten en zones die enkel toegankelijk zijn voor

<sup>1</sup> De basislijn stemt overeen met de laagwaterlijn van de kust, of van bij eb droogvallende bodemverheffingen indien deze zich binnen de twaalf zeemijl vanaf die laagwaterlijn bevinden, hetzij vanaf de uiteinden van permanente havenwerken welke buiten voornoemde laagwaterlijn uitsteken, zoals op de officiële Belgische, op grote schaal uitgevoerde, zeekaarten is aangeduid (Wet tot bepaling van de breedte van de territoriale zee van België 6/10/1987, Art. §1). De basislijn wordt bepaald door de Vlaamse Hydrografie.

milieuvriendelijker vistuig dat de bodem raakt).

(3) Kartering en opvolging van het voorkomen van grootschalige benthische habitats in het BDNZ.

In de initiële beoordeling (Belgische Staat, 2012a) werd een distributiekaart opgenomen van de grootschalige habitattypes (EUNIS level 3 habitats). In een eerste stap werd deze distributiekaart herzien, op basis van een uitgebreidere dataset en een meer verfijnde karteringsschaal (1:250.000 vs. 1:1.000.000) (zie 2.4.8). Het dataproduct is louter gebaseerd op een interpolatie van puntwaarnemingen.

Als opvolgingsmethodologie van de initiële beoordeling werd het gebruik van hoge resolutie multibeamtechnologie vooropgesteld. Multibeam is een akoestische meettechniek die toelaat de diepte (m) van de zeebodem nauwkeurig op te meten, evenals de terugverstrooiingswaarden ('backscatter', in decibelwaarden (dB)) van het akoestisch signaal te registreren. Mits aan een hoge frequentie (e.g. 300 kHz) wordt gemeten, zijn deze waarden een proxy van de aard van het sediment, doch is de akoestische reflectie afhankelijk van een combinatie aan zeebodemeigenschappen zoals de korrelgrootte, de aard en grootte van de ruwheid van de zeebodem (e.g. schelpengehalte), en het al dan niet indringen van het signaal in de zeebodem (bijvoorbeeld in slib). Het onderzoek van deze relaties, met als doel de zeebodem in sedimenttypes te kunnen classificeren, is nog volop in ontwikkeling en vereist het verzamelen van akoestische gegevens, in combinatie met staalnames en visuele observaties.

Dergelijke datasets werden in de periode 2015-2017 verzameld langsheen strategisch geplande transecten (405 km, met de schepen RV Belgica en RV Simon Stevin) die alle grootschalige habitattypes van het BDNZ doorkruisten, inclusief de gebieden met een grote kans op het voorkomen van grind. Bijkomend werden een aantal kleinere deelgebieden geselecteerd waar de zeebodem volledig in kaart werd gebracht. Door statistische analyse van de data konden akoestische signaturen worden gedefinieerd met gelijkaardige kenmerken. Om een vergelijking met de initiële beoordeling toe te laten, werd de zeebodem geclassificeerd naar drie groepen: slib, zand en grofkorrelig sediment, inclusief grind. De staalnames en visuele observaties (aantal: 157) werden gebruikt om de zeebodemclassificatie te trainen en valideren, alsook om de accuraatheid ervan te bepalen. Figuur 2.14 geeft een overzicht van de gebieden waar nieuwe multibeam data en complementaire bemonsteringen werden uitgevoerd.

(4) Trendkartering van de evolutie van substraattypen in grindbedden in twee testzones.

Voor de bepaling van de ratio grind/zand doorheen de tijd werd eveneens gebruik gemaakt van multibeamtechnologie. Twee grindrijke gebieden werden gekozen waar tijdsreeksen van multibeamgegevens voorhanden waren (2004-2016, RV Belgica). Per tijdsreeks werd het ruimtelijk bereik van de zeebodentypen gekwantificeerd. In tegenstelling tot voorgaande analyse waar zeebodentypen in de klassen slib, zand en grofkorrelig sediment werden ingedeeld, werd hier de zeebodem in groter detail geclassificeerd, met name in fijn zand, gemiddeld zand met schelpenmateriaal, en grof zand met grind. De evolutie in de absolute waarden in de multibeamterugverstrooiingswaarden werd geanalyseerd in de tijd, alsook het voorkomen van de sedimentklassen. Tenslotte werd de verhouding bepaald van de oppervlakken met harde substraten (grind) ten opzichte van de oppervlakken met zacht sediment (zand) in de grindbedden. De methodologische benadering werd gepubliceerd in Montereale-Gavazzi et al. (2017).



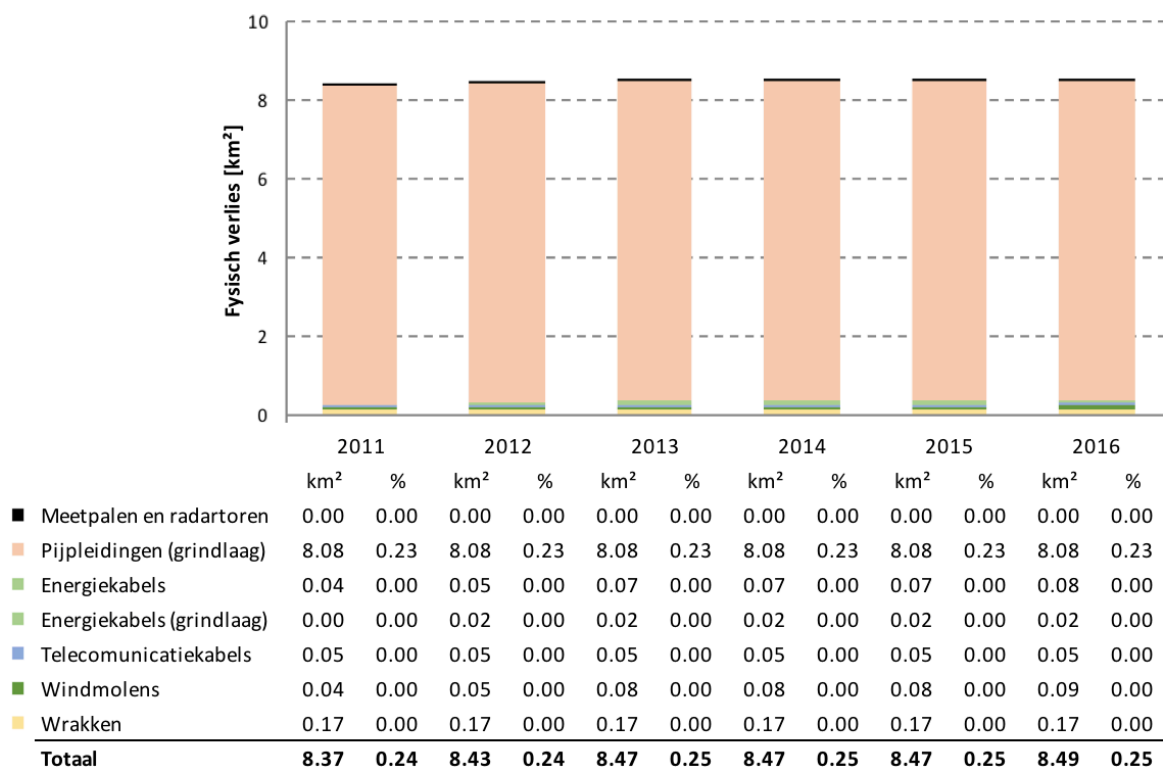
## 2.4.5. Resultaten en trend

(1) Kartering in ruimte en tijd (2011-2016) van alle drukken ten gevolge van menselijke activiteiten.

Fysisch verlies door het installeren van meetpalen en radarstations (0.002 km<sup>2</sup>), pijpleidingen (8.08 km<sup>2</sup>), telecommunicatiekabels (0.05 km<sup>2</sup>) en wrakken (0.17 km<sup>2</sup>) is constant gebleven gedurende de periode 2011-2016. Enkel een stijging in fysisch verlies is te merken door de installatie van windmolens, van 0.04 km<sup>2</sup> in 2011 naar 0.09 km<sup>2</sup> in 2016, en de aanleg van bijhorende energiekabels, van 0.04 km<sup>2</sup> in 2011 naar 0.08 km<sup>2</sup> in 2016. In de toekomst wordt een verdere stijging verwacht door de constructie van nieuwe windmolenparken én eventueel nieuwe innovatieve technieken in aquacultuur en hernieuwbare energie. Deze huidige stijging is verwaarloosbaar in verhouding tot de oppervlakte van het BDNZ (0,25%). Hieruit kan geconcludeerd worden dat het fysisch verlies van de zeebodem door menselijke activiteiten in het BDNZ (Figuur 2.15) laag en constant is gebleven gedurende de eerste KRMS-cyclus (Tabel 2.4). Het dient opgemerkt dat de huidige haveninfrastructuur zich landwaarts van de basislijn bevindt, en dus geen impact heeft op de cijfers.

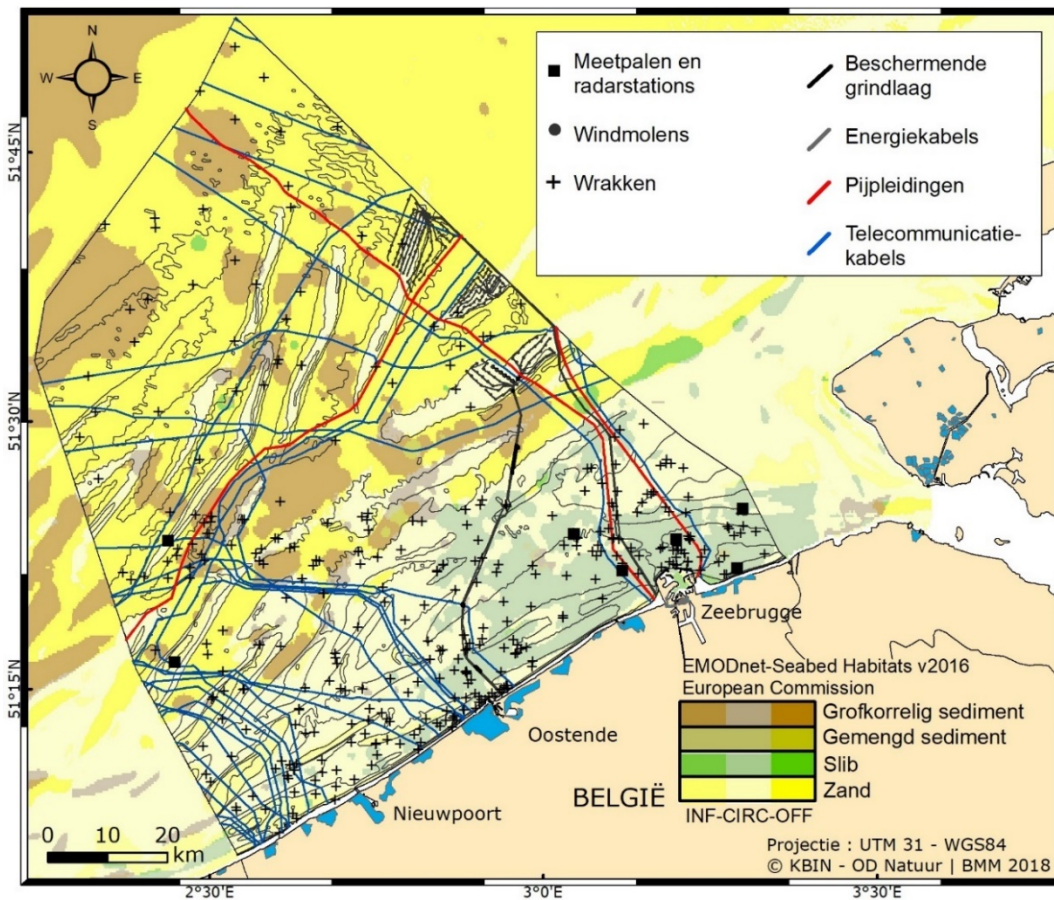
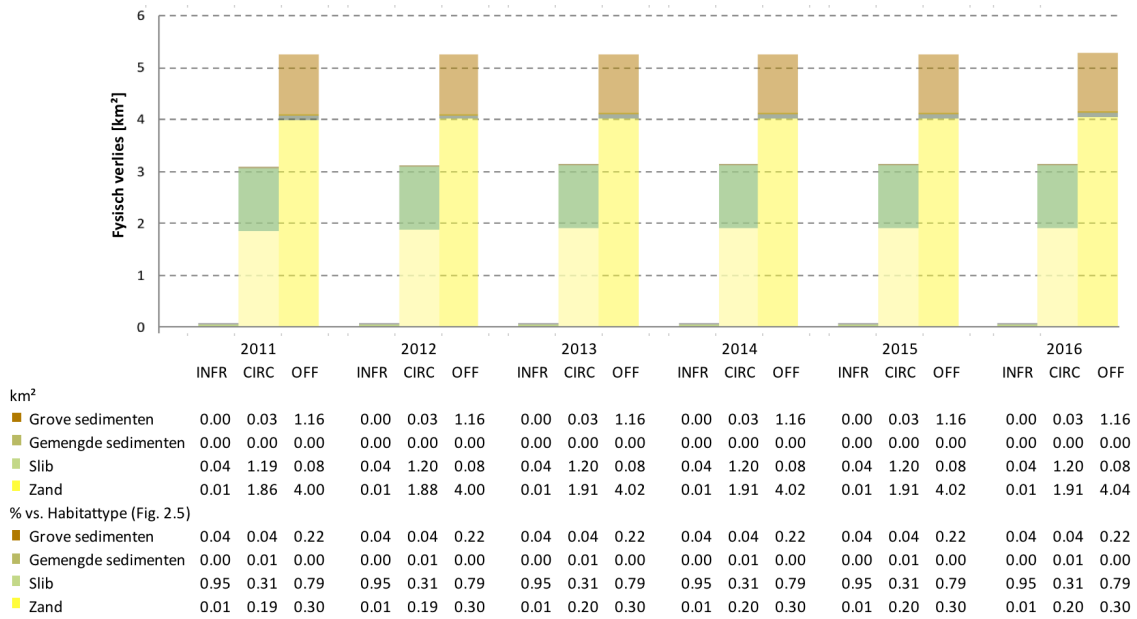
Uit een evaluatie van fysisch verlies per grootschalig habitattypen blijkt dat circalittorale en infralittorale grofkorrelige en gemengde habitattypen beperkt worden aangetast, evenals de zeewaartse zandige en gemengde habitats (Tabel 2.5). Ten gevolge van steenstortingen over de gaspijpleidingen ondervinden circalittorale en de meer zeewaartse gebieden (groeve sedimenten, slib en zanden) een gering fysisch verlies.

Tabel 2.4. Fysisch verlies per menselijke activiteit per jaar in km<sup>2</sup> en % t.o.v. BDNZ.





Tabel 2.5. Fysisch verlies per grootschalig habitattype per jaar in km<sup>2</sup> en % in het BDNZ.

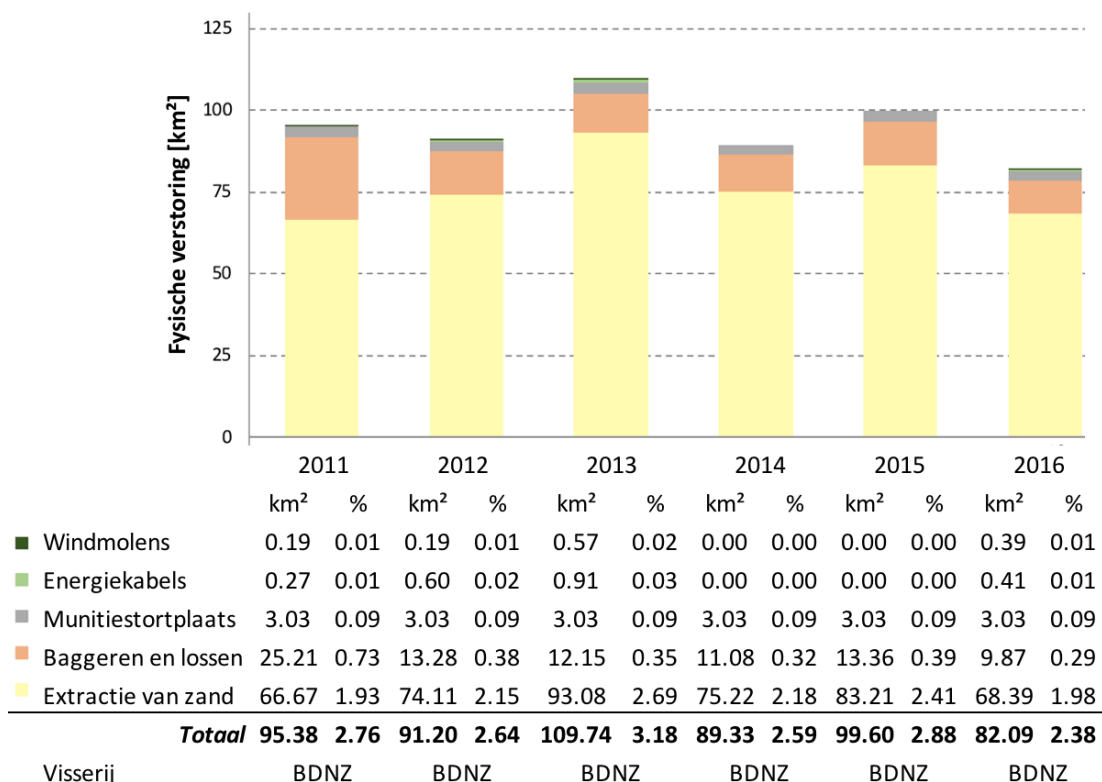


Figuur 2.15. Fysisch verlies per grootschalig habitattype in het BDNZ voor de periode 2011 -2016 (niet op schaal).

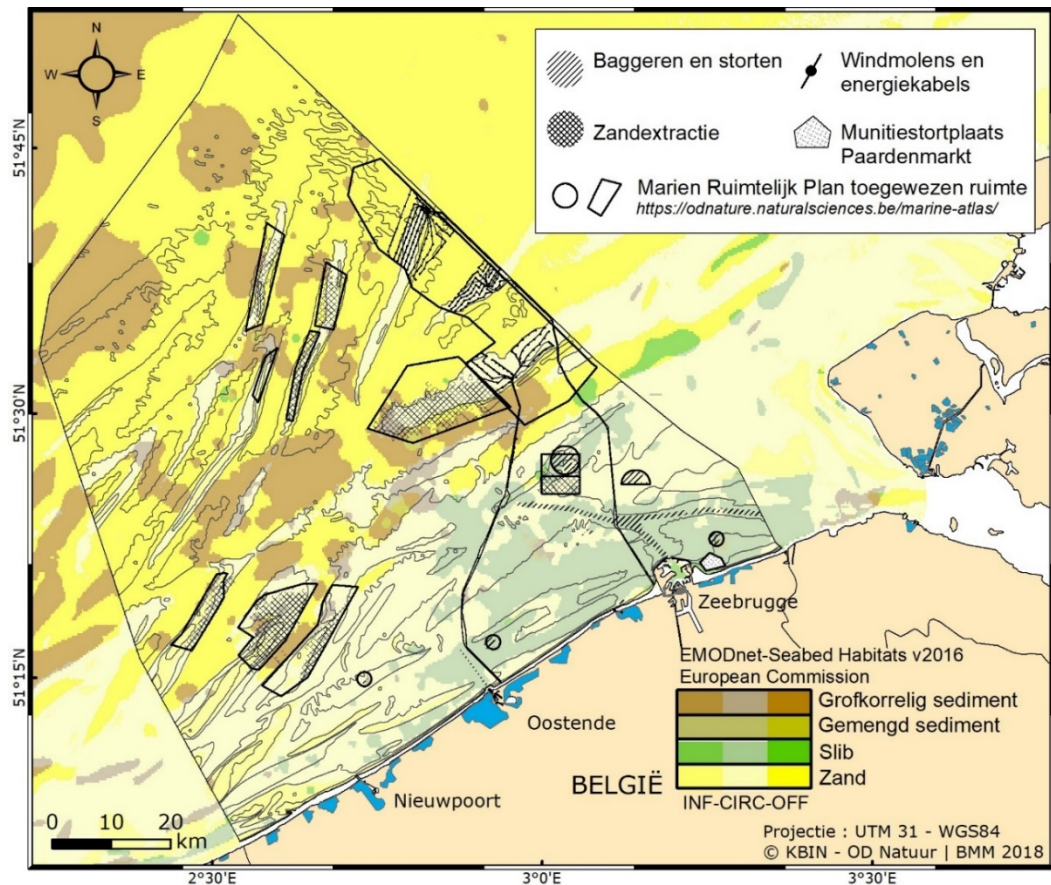
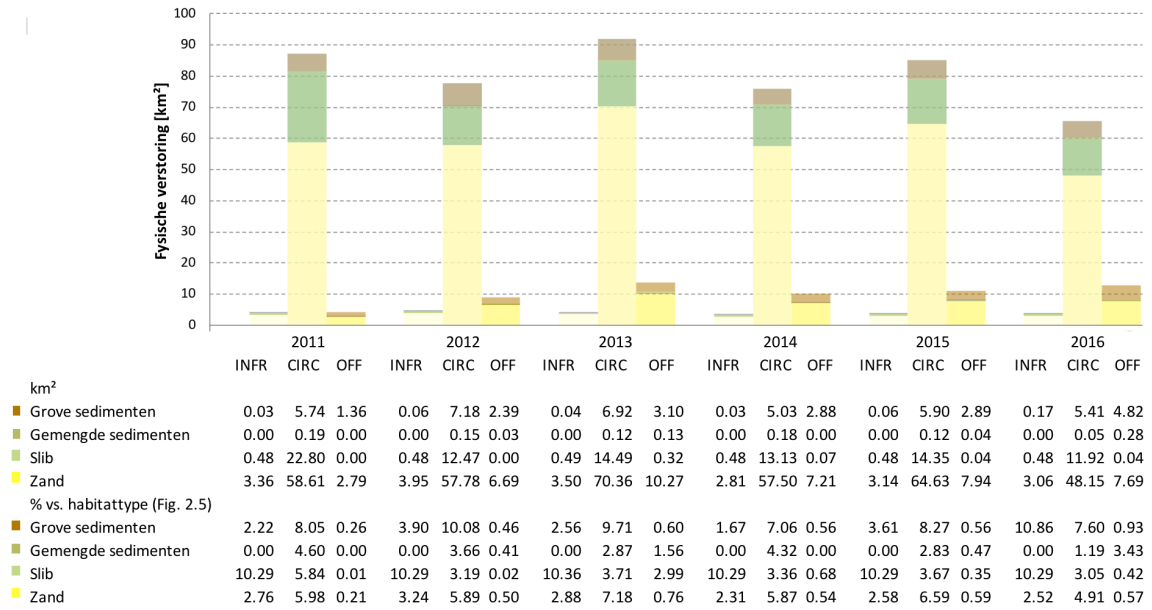
Het ruimtelijk bereik van fysieke verstoring is het grootst voor bodemberoerende visserij. Bijkomend worden gebieden verstoord door het baggeren en lossen van gebaggerd materiaal, zandwinning, de installatie van windmolenparken en bijhorende kabellegging (Figuur 2.16). Voor de periode van 2011 tot en met 2016 blijkt de fysieke verstoring van de zeebodem nagenoeg constant. Sommige activiteiten zijn permanent, andere kennen een jaar-tot-jaar variatie. Bovenop bodemberoerende visserij wordt gemiddeld een extra oppervlakte van 2.5 à 3% van het BDNZ per jaar verstoord door andere menselijke activiteiten (Tabel 2.6).

Een evaluatie van fysieke verstoring per grootschalig habitattypetoon toont dat baggerwerken en het lossen van gebaggerd materiaal vooral samenvalt met de circalittorale slib- en zandhabitats; mariene aggregaatextractie met de circalittorale tot zeewaartse zandige en grofkorrelige habitats. De oorlogsmunitiestortplaats 'Paardenmarkt' valt vooral samen met infralittorale slibhabitats. Het voorkomen van de zeewaarts gelegen gemengde sedimenten en slibhabitats worden fragmentarisch verstoord door mariene aggregaatextractie (merkbaar in 2013, 2014 en 2016, Tabel 2.7).

Tabel 2.6. Fysieke verstoring per menselijke activiteit per jaar in km<sup>2</sup> en % t.o.v. BDNZ.

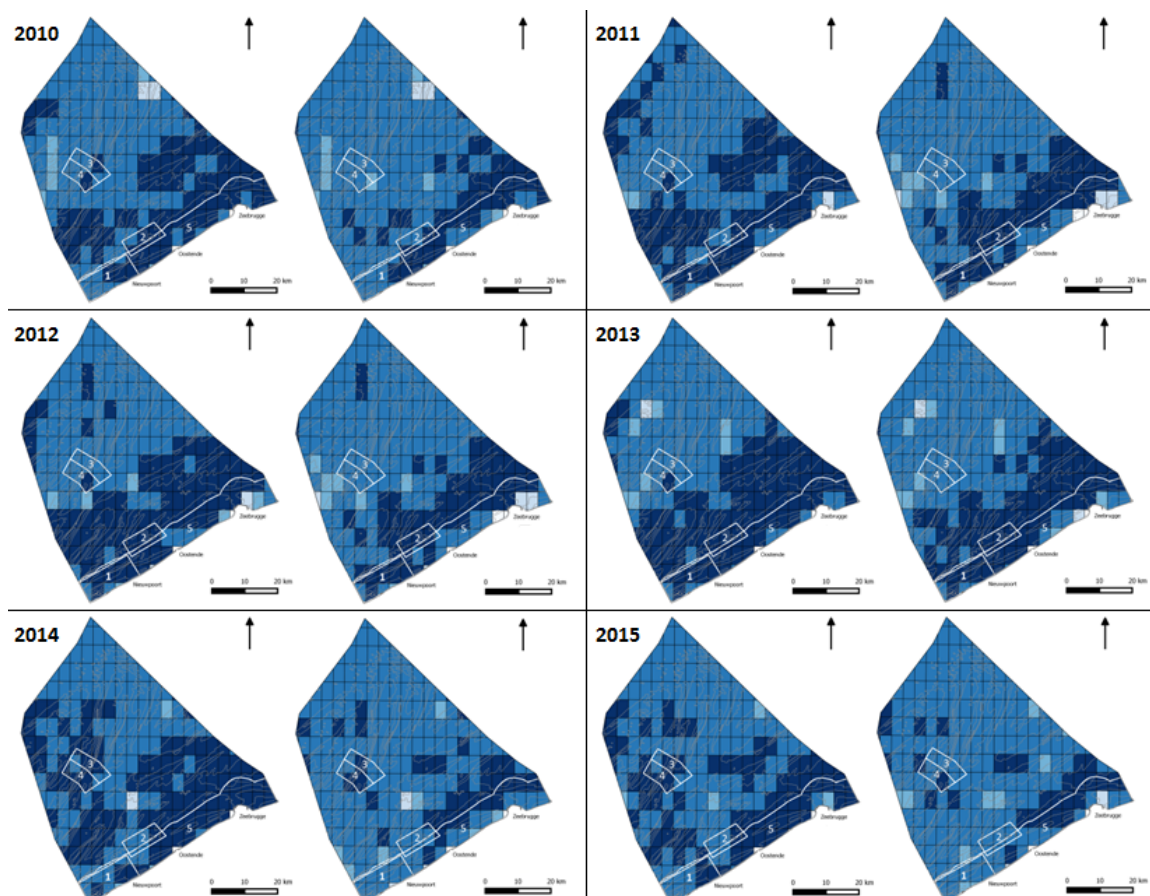


Tabel 2.7. Extra jaarlijks fysieke verstooring per grootschalig habitattypen per jaar in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016) bovenop de alomtegenwoordige bodemverstorende visserij.

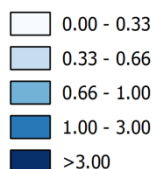


Figuur 2.16. Fysieke verstooring (cumulatief) in het BDNZ voor de periode 2011-2016 (op schaal). Bodemberoerende visserij is alomtegenwoordig.





**Legende**



Figuur 2.17. Intensiteit van visserij, uitgedrukt in Swept Area Ratio (SAR) (aantal keer/jaar) door bodemberoerende visserijtechnieken aan het oppervlak (links) en voor de ondergrond (> 2 cm) (rechts) van de zeebodem. Data van OSPAR 2017, <https://odims.ospar.org>. 1, 2, 3, 4 en 5 verwijzen naar zones in het Belgisch Maritiem Ruimtelijk Plan waarvoor ruimtelijke beheersacties van visserij zijn voorgesteld. Zie Kint et al. (2018) voor meer duiding bij de visserijgegevens.

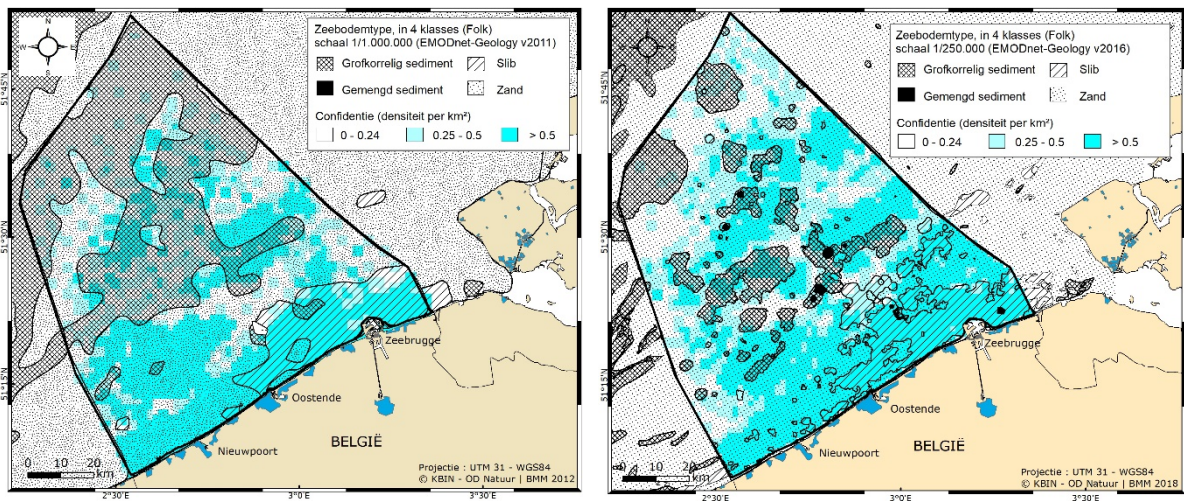
(2) Kartering en opvolging van de ruimtelijke beheersacties die tot doel hebben om de drukken gerelateerd aan visserij te verminderen.

In deze 1<sup>ste</sup> cyclus van de KRMS, heeft België in haar Maritiem Ruimtelijk Plan (KB van 20/03/2014, Art.6.§1) enkele zones voorgesteld met ruimtelijke beheersacties voor visserij. Er is een zone 3 waar een exclusie van bodemberoerende visserij wordt vooropgesteld; zone 1 waar bepaalde voorwaarden voor bodemberoerende visserij moeten worden toegepast; en zones 2 en zone 4 die enkel nog als testgebied voor nieuwe, alternatieve visserijtechnieken beschikbaar zullen zijn.

### (3) Kartering en opvolging van het voorkomen van grootschalige benthische habitats in het BDNZ.

#### Herziening initiële beoordeling

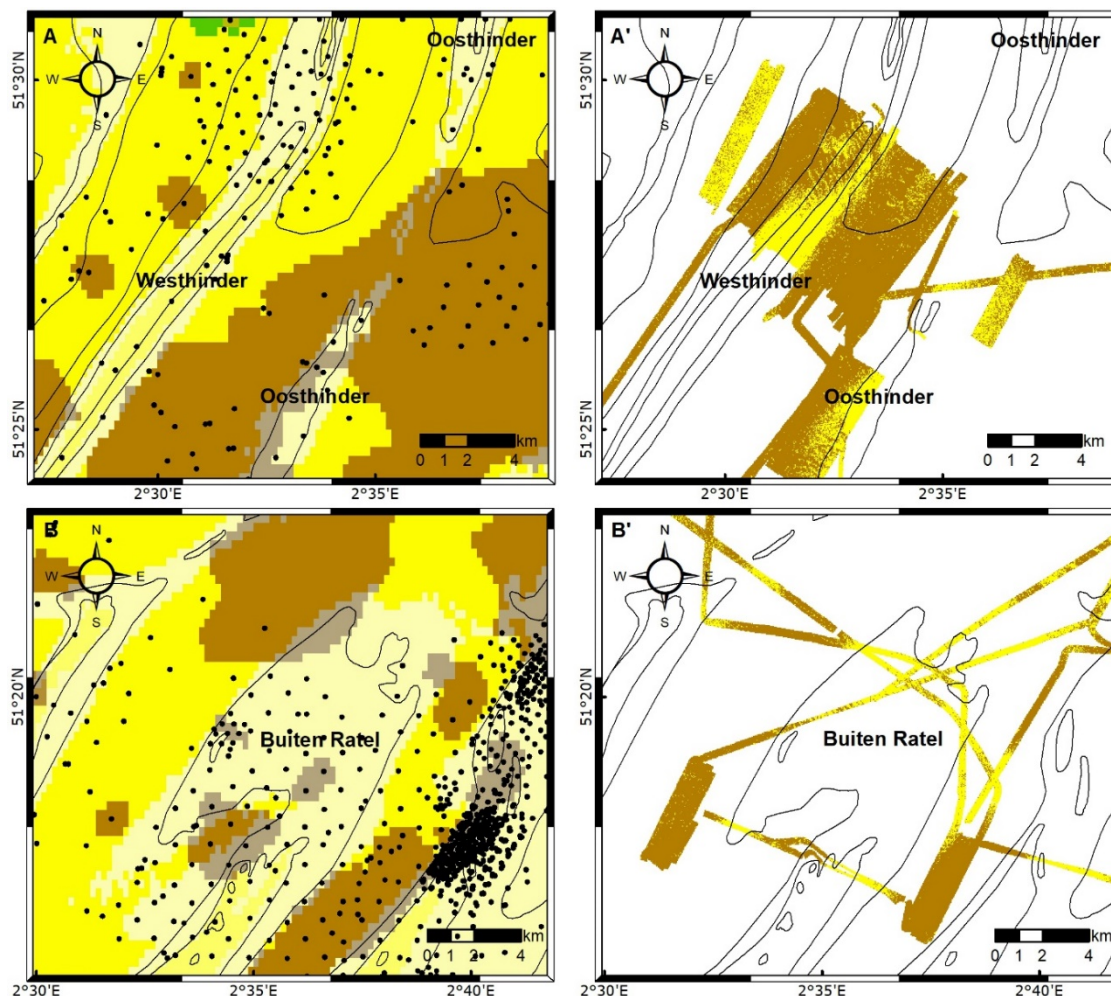
De vernieuwde kartering van slibvoorkomens, zand en grofkorrelig sediment, nu op schaal 1/250.000 en op basis van meer staalnames, leidde vooral tot een verfijning in de distributie van de grofkorrelige sedimenten. De kartering resulteerde ook in meer kleinere slibgebieden in de kustnabije zone, maar ook in een meer zeewaartse uitbreiding van slibvoorkomens (Figuur 2.18).



Figuur 2.18. Voorkomen en distributie van de grootschalige sedimenttypes slib, zand en grofkorrelige sedimenten in 2012 (Stevenson et al., 2012) en 2016 (European Commission, 2012b) (Folkclassificatie), alsook een maat van confidentie op basis van puntdensiteit per km<sup>2</sup>.

#### Opvolging sedimentveranderingen met multibeamtechnologie

Op basis van verschillen in multibeamterugverstrooiingswaarden kon het voorkomen van de sedimentklassen slib, zand en grofkorrelig sediment, zoals gekarteerd in de initiële beoordeling, ook akoestisch worden opgevolgd. Figuur 2.19 toont voorbeelden van hoe met multibeam de zeebodem kan worden geclassificeerd in sedimenttypes, alsook hoe dit zich verhoudt ten opzichte van kaartproducten bekomen door interpolatie van puntwaarnemingen. De vergelijking van het volledig geclassificeerde datagrid met de resultaten van de initiële beoordeling op schaal van het BDNZ toont momenteel echter nog grote verschillen en vergt verder onderzoek (zie 2.4.8). De uitdaging blijft om veranderingen te kunnen duiden binnen een context van natuurlijke en menselijk gestuurde invloeden.



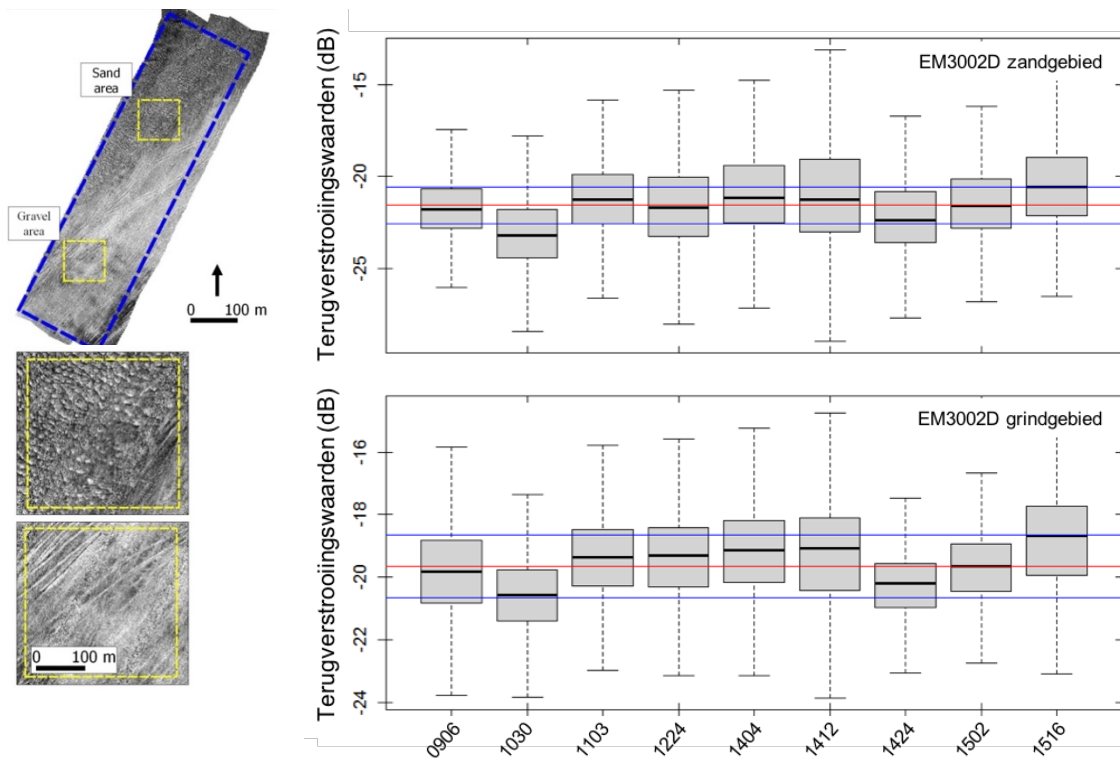
Figuur 2.19. Ruimtelijke verspreiding van zandige sedimenten (geel) en grofkorrelige sedimenten (bruin) in twee zandbankgebieden (A: Hinder Banken; B: Vlaamse Banken, Buiten Ratel) op basis van een interpolatie van puntstaalnames (links) en een classificatie afgeleid van multibeamopnames (rechts).

(4) Trendkartering van de evolutie van substraattypen in grindbedden in twee testzones.

*Vlaamse Banken testzone ('KWGS')*

De testzone in de geul tussen de Kwinte Bank en Buiten Ratel (zie 2.4.3) wordt gekenmerkt door zandig grind met in het noorden meer zand, en in het zuiden meer grind (Figuur 2.20). De absolute decibelwaarden van de multibeamterugverstrooiingswaarden over de negen opnames (2009-2015) met RV Belgica (EM3002D) toonden schommelingen binnen de instrumentafhankelijke  $\pm 1$  dB variatie (Hammerstad, 2000) (Figuur 2.20). Geen duidelijke trend kon worden waargenomen.





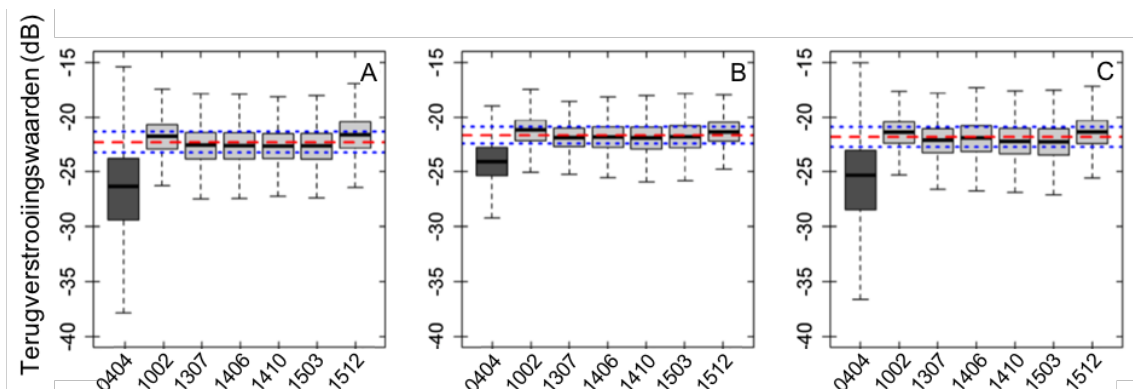
Figuur 2.20. Variatie in de terugverstrooiingswaarden (dB) (gemiddeld over een typisch zand- en grindgebied) in de periode 2009 tot 2015 (x-axis: jjmm), in een grindrijk gebied in de Vlaamse Banken (Figuur 2.13 voor locatie). Rode en blauwe lijnen geven respectievelijk een gewogen gemiddelde en  $\pm 1 \sigma$  fout op de metingen. Data van RV Belgica EM3002D multibeam echosounder.

De KWGS zone heeft doorheen de tijd éénzelfde diepteverloop (Roche et al., 2018), waardoor de geringe verschillen in multibeamterugverstrooiingswaarden (dB) als stabiel worden beschouwd en dit gebied als referentie werd gekozen voor de kalibratie van multibeamdata (zie 2.4.7).

#### Hinder Banken testzone

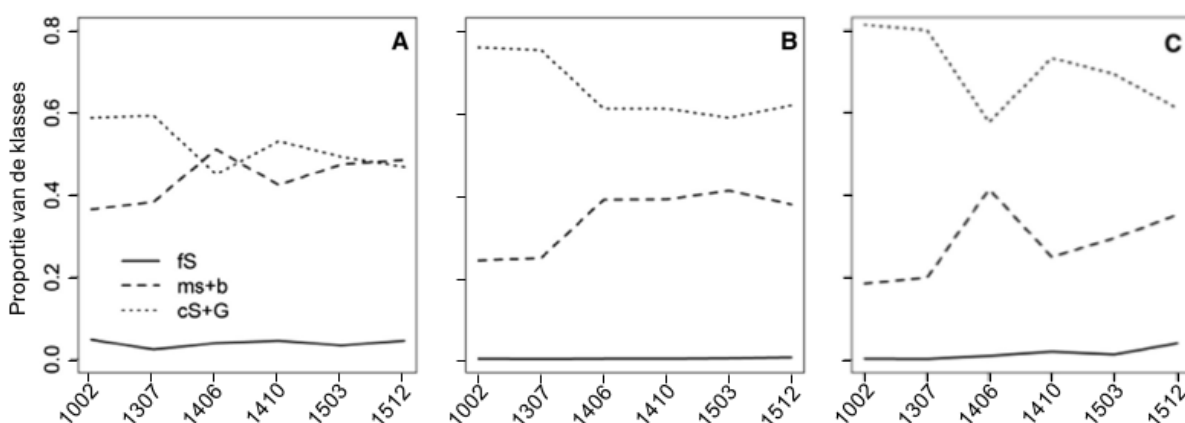
Grindbedden komen voor in de troggen van de hoge, steile duinen aan de westrand van de Oosthinder zandbank (Figuur 2.14). De analyse van de evolutie in de absolute decibelwaarden (dB) van de multibeamterugverstrooiingswaarden in drie duintroggen (A, B, C) toonde een variatie van  $\pm 1$  dB, dus binnen de instrumentafhankelijke foutenmarge (Hammerstad, 2000) (Figuur 2.21) (Montereale-Gavazzi et al., 2017).



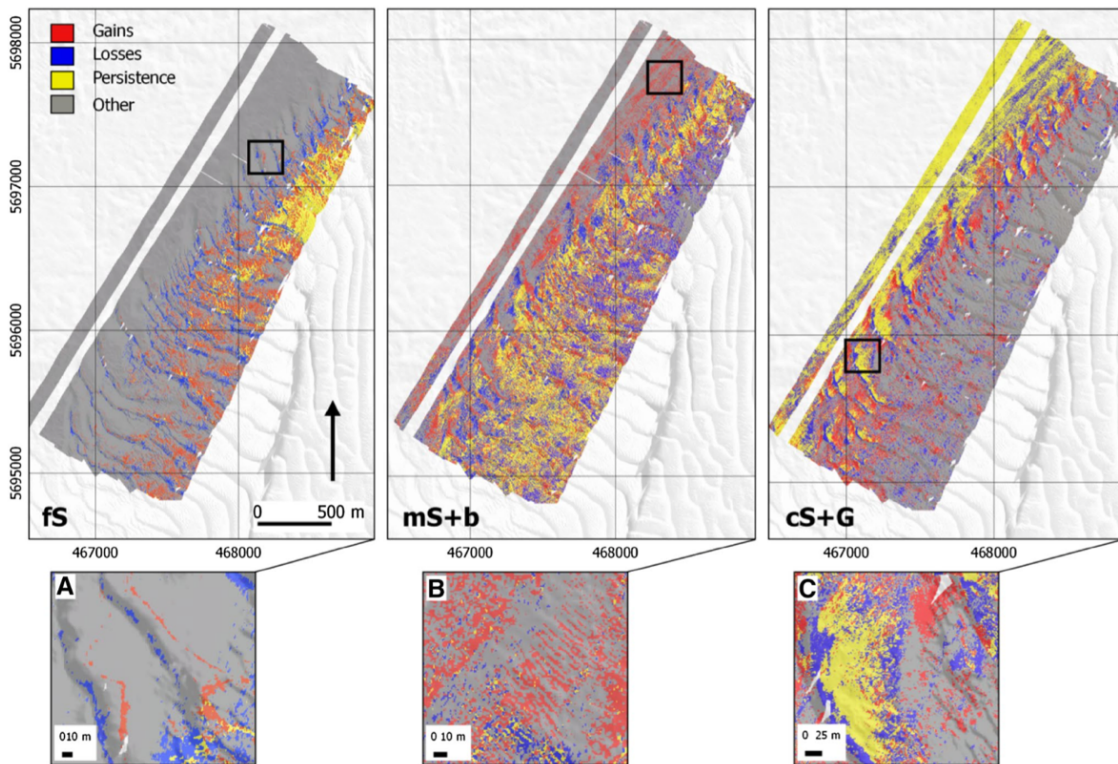


Figuur 2.21. Variatie in de terugverstrooiingswaarden (dB) (gemiddeld per deelgebied, Figuur 2.14) in de periode 2004 tot 2015 (x-axis: jjmm), in enkele grindbedden in de Hinder Banken (RV Belgica EM3002D). Rode en blauwe gestipte lijnen geven respectievelijk een gewogen gemiddelde en  $\pm 1 \sigma$  fout op de metingen. Het grote verschil in waarden tussen 0404 en de andere tijdsmomenten is het verschil in multibeamechosounder (Montereale-Gavazzi et al., 2017).

Visuele observaties en staalnames toonden echter een zandaanrijking, evenals een bijmenging van fijnkorrelig materiaal (Van Lancker et al., 2016) waardoor een bijkomende analyse over een ruimer gebied werd uitgevoerd. Bij deze analyse werd elke tijdsreeks eerst geclassificeerd naar het voorkomen van fijn zand, gemiddeld zand met schelpenmateriaal, en grof zand met grind, en werd daaropvolgend de grind/zand verhouding gekarteerd (Figuur 2.22). Voor de periode 2010-2015 werd hierbij een afname gedetecteerd van het grindvoorkomen in juni 2014, gevolgd door herstel en terug een lichte afname. Vervolgens werd het aandeel winst, verlies en nettoveranderingen van de zeebodemklassen ruimtelijk gekwantificeerd (Figuur 2.23). De ruimtelijke patronen doen vermoeden dat de verschillen vooral te wijten zijn aan sedimentdynamische veranderingen. Zie Montereale-Gavazzi et al. (2017) voor gedetailleerde resultaten.



Figuur 2.22. Kartering van de onderlinge verhouding van de sedimentklassen fijn zand (fs), middelgrof zand met schelpenmateriaal (ms+b), en grof zand en grind (cS+G) in de periode 2010 tot 2015 (x-axis: jjmm), in enkele grindbedden in de Hinder Banken (per deelgebied, zie Figuur 2.14) (RV Belgica EM3002D). Merk op dat de toename/afname van grof zand en grind vooral gepaard gaat met een verandering in het voorkomen van gemiddeld zand met bioklastisch materiaal (Montereale-Gavazzi et al., 2017).



Figuur 2.23. Veranderingen (2010 versus 2014) in het ruimtelijk voorkomen van zeebodemklassen in enkele grindbedden in de Hinder Banken (fs: fijn zand; mS+b: middelgrof zand met schelpenmateriaal; cS+G: grof zand en grind) in termen van winst, verlies en behoud in ruimtelijk voorkomen (Montereale-Gavazzi et al., 2017).

## 2.4.6. Conclusies

(1) Kartering in ruimte en tijd (2011-2016) van alle drukken ten gevolge van menselijke activiteiten.

Het ruimtelijk bereik van fysisch verlies in het BDNZ is beperkt. Het grootste verlies van het oorspronkelijk habitatype is vooral gerelateerd aan beschermende steenstortingen over de gaspijpleidingen. Het aandeel van windmolens, energie- en telecommunicatiekabels, wrakken, meetpalen en radarstations in het BDNZ is beperkt in ruimtegebruik. Gezien haveninfrastructuur zich landwaarts van de 2012 basislijn bevindt, heeft deze geen invloed op de cijfers.

Fysische verstoring is moeilijker in te schatten en is momenteel beperkt tot de effectieve locaties van de menselijke activiteiten, vermeerderd met een theoretische buffer. Visserij is alomtegenwoordig. OSPAR gegevens voor de periode 2011-2015 toonden voor het gehele BDNZ belangrijke ruimtelijke verschillen in visserij-intensiteit, weliswaar met de grootste intensiteiten in de kustnabije zone waar infralittorale en circalittorale slibvoorkomens en zand domineren. In deze gebieden dragen baggeren en lossen van gebaggerd materiaal bij tot de fysische verstoring. Mariene aggregaatextractie verstoort vooral de zeewaarts gelegen zanden en grofkorrelige sedimenten. Er zijn geen belangrijke toe- of afnames over de periode 2011-2016.

(2) Kartering en opvolging van de ruimtelijke beheersacties die tot doel hebben om de drukken gerelateerd aan visserij te verminderen.

Ruimtelijke beheersacties zijn voorgesteld in het KRMS maatregelenprogramma.

(3) Kartering van het voorkomen van grootschalige benthische habitats in het BDNZ.

De initiële beoordeling van het voorkomen van grootschalige benthische habitats in het BDNZ werd herzien op basis van een vernieuwde database, en een hogere resolutie kartering op schaal van 1:250.000. De hieraan gerelateerde sedimenttypes konden ook akoestisch worden gekarteerd en de methodiek laat toe om veranderingsprocessen (i.e., abrasie, verzanding) te duiden. Onderzoek is nog in ontwikkeling voor een ontplooiing op een meer regionale schaal. Bovendien zullen pas in volgende KRMS cycli gelijkaardige akoestische datasets worden bekomen die met de huidige datasets kunnen worden vergeleken.

(4) Trendkartering van de evolutie van substraattypen in grindbedden in twee testzones.

De zeebodemevolutie in de natuurlijke grindbedden bleef veelal binnen het bereik van de foutenveloppe eigen aan de metingen en methodologieën. Om beter te kunnen ingrijpen op kleine, maar vaak significante veranderingen (bijvoorbeeld verzanding en verslibbing), zijn meer nauwkeurige metingen nodig (centimeteraccuraatheid). Combinatie met staalnames en visuele observaties is cruciaal om de veranderingen te duiden.

#### **2.4.7. Kwaliteitsaspecten**

(1) Kartering in ruimte en tijd (2011-2016) van alle drukken ten gevolge van menselijke activiteiten.

##### *Kwaliteit van de dataset*

Alle data werden voorzien van de best beschikbare metadata (e.g., identificatie, geografische posities, datum of periode, dimensies, dataholder), alsook werd een betrouwbaarheidslabel toegevoegd om de kwaliteit van de bron van de gegevens of coördinaten aan te geven (e.g., coördinaten van pijpleidingen zijn slechts indicatief beschikbaar). Het was niet altijd mogelijk tijdsgegevens van menselijke activiteiten te verkrijgen. Dit was vooral problematisch bij oude telecommunicatiekabels van de 20<sup>e</sup> eeuw, maar dit heeft geen invloed op de huidige KRMS evaluatie.

##### *Hiaten en onzekerheid in kennis en methodes*

Er is geen éénduidige definitie van wat onder fysisch verlies of fysieke verstoring valt. Fysisch verlies kan bijvoorbeeld ook resulteren uit een langdurige (twee KRMS evaluatiecycli) verstoring van de zeebodem. De database en methodologische benadering laten echter toe om het label verlies of verstoring aan te passen met voortschrijdend inzicht. Het ruimtelijk bereik van fysieke verstoring is nu beperkt tot de locatie van de activiteit zelf, vermeerderd met een buffer. In sommige gevallen is deze gebaseerd op berekeningen, in andere gevallen op een schatting. Dit werd onderbouwd op basis van literatuurgegevens (Kint et al., 2018).

In deze evaluatie van de drukken zijn de data vooral gebruikt in termen van voorkomen of niet-voorkomen van de activiteit, zonder rekening te houden met intensiteit. Voor de visserijgegevens waren enkel intensiteitsdatagrids beschikbaar (OSPAR). Voor de assumpties die hierbij werden gemaakt wordt verwezen naar

de OSPAR website (<https://odims.ospar.org>).

### *Aanbevelingen*

Een uniform en goed gestructureerd dataprotocol is nodig voor iedere menselijke activiteit die fysische verstoring en/of verlies teweegbrengt in het mariene milieu. Zo is er vaak een gebrek aan informatie omtrent de gebruikte materialen (e.g., type, soort, dimensies) en omtrent de effectieve begindatum van de verstoring.

Bepaling van de impactbuffers, verder dan de locatie van de activiteit zelf (ver-veld effecten), wordt idealiter op regionale schaal afgestemd. Dit dient onderbouwd te worden met wetenschappelijk onderzoek, gebruikmakende van metingen van verschillende ecosysteemcomponenten en numerieke modellen die het hydrodynamisch en golfklimaat, en de aard van de zeebodem verrekenen in de effectenstudies.

In volgende KRMS cycli dienen idealiter de evaluaties ook rekening te houden met de intensiteiten van de activiteiten, alsook cumulatieve effecten. Voor een voorbeeld van hoe intensiteiten verder kunnen gebruikt worden om fysische schade te evalueren wordt verwezen naar de OSPAR intermediare evaluatie 2017, ruimtelijke extensie van fysische schade aan dominante en speciale habitats (OSPAR indicator BH3).

(2) Kartering en opvolging van de ruimtelijke beheersacties die tot doel hebben om de drukken gerelateerd aan visserij te verminderen. Nog niet van toepassing

(3) Kartering van het voorkomen van grootschalige benthische habitats in het BDNZ.

### *Kwaliteit van de dataset*

Diepteregistraties met behulp van multibeamtechnologie zijn gekoppeld aan precisiepositionering, waardoor deze accuraat zijn in plaats en ruimte. RV Belgica's EM3002D multibeam echosounder voldoet aan de 'IHO S44 Special Order' kwaliteitscriteria. Onder deze IHO standaard is de totale verticale onzekerheid van de dieptemetingen  $\pm 0.26$  m en  $\pm 0.34$  m in 10 m en 30 m waterdiepte, respectievelijk (binnen een confidentie-interval van  $\pm 95\%$ ).

Er bestaan nog geen kwaliteitscriteria voor multibeamterugverstrooiingswaarden wat betekent dat datasets van verschillende schepen en/of verschillende campagnes niet in het origineel formaat kunnen samengebracht worden. Daarom werd per dataset een zeebodemclassificatie uitgevoerd en werden nadien de classificaties gecombineerd tot één thematisch datagrid. De accuraatheid van de classificaties werd geëvalueerd door kruisvalidatie tussen de voorspelde thematische kaarten en de bemonsteringen en visuele observaties (naar Foody, 2002). Een globale accuraatheid en geassocieerde betrouwbaarheidsintervallen werden berekend.

De staalnames werden visueel beschreven gebruikmakende van een protocol. Deelmonsters werden geanalyseerd met een laserdiffractometer (Malvern Mastersizer 3000). De fractie boven 3 mm (i.e. grind en schelpenmateriaal) werd visueel in klassen onderverdeeld. Uiteindelijk werden de data gecombineerd naar de drie grote sedimentklassen: slib, zand, en grove sedimenten.

### *Hiaten en onzekerheid in kennis en methodes*

Het voorkomen van de grootschalige benthische habitats werd in de huidige opvolging uitgevoerd met multibeamtechnologie wat toelaat zeebodembedekkend en in detail te karteren. Resultaten werden vergeleken met de sedimentklassekaarten van de herziene initiële beoordeling, geproduceerd op basis van interpolaties van beschikbare bemonsteringen in de periode 1900-2016. Interpolatie is gebaseerd op de ruimtelijke structuur van de punten en hun verbanden, en het gekozen interpolatie-algoritme. De schaal van de kartering (1:250.000) laat niet toe lokale complexiteit en variatie te kwantificeren. Bijkomend zijn puntwaarnemingen representatief voor de bovenste 10 cm van de zeebodem, terwijl multibeam veelal de toplaag karteert. Vergelijking met de multibeamdataset (10 m resolutie) is dus inherent verschillend, en een gelijkaardige analyse is pas mogelijk wanneer multibeammetingen in de tijd kunnen vergeleken worden (i.e., bij volgende KRMS evaluatiecycli).

Anderzijds is ook gebleken dat de accuraatheid van de multibeamclassificaties in vergelijking met de staalnames en observaties ook beperkingen kent (globale accuraatheid van 0.61/1). Hierbij dient beklemt toont dat classificatie naar het voorkomen van slib, zand en grofkorrelig sediment heel generaliserend is en misclassificaties kunnen ontstaan bij het clusteren van gelijkaardig reflecterende pixels. Dit omwille van andere variabelen dan korrelgrootte die de reflectiviteit van het akoestische signaal beïnvloeden zoals aard en ruwheid van het sediment (bv. schelpen versus grind), porositeit, compactheid van de zeebodem. Ook kunnen verhoogde concentraties van gesuspendeerd materiaal in de waterkolom een invloed hebben op de terugverstrooiingswaarden nabij de bodem. De invloed van al deze variaties is momenteel in onderzoek. Tot slot is er ook de natuurlijke dynamiek van een systeem wat impliceert dat de oppervlaktelaag aan veranderingen onderhevig is.

### *Aanbevelingen*

Verbeterde classificatiealgoritmes dienen ontwikkeld waarbij extra parameters ter verfijning van de classificaties worden meegenomen. Ook is nog verder onderzoek nodig naar de optimale resolutie van de classificatie en de bemonsteringen (strategie en aantal stalen).

Het dient beklemt toont dat de monitoringsbenadering in deze KRMS fase beperkt is in aantal observaties en staalnames. Voor een schaalvergroting zijn samenwerkingen nodig tussen verschillende karteringsinitiatieven. Om dataproducten van meerdere partijen te kunnen samenbrengen, is overleg opgestart om acquisitie- en verwerkingsparameters onderling af te stemmen. Mogelijkheden worden onderzocht om dit verder te valoriseren in een structureel (inter)nationaal karteringsprogramma.

Om de oorzaken van veranderingen te verklaren is een multi-criteria beoordeling nodig. Hierbij is het belangrijk om, per gridcel, over een kennisbasis te beschikken die eerder probabiliteiten van het voorkomen van de sedimentklassen geeft, alsook de verschillende databronnen die de verschillen in de oppervlakesedimentkenmerken kunnen verklaren (i.e., geologie, sedimentdynamiek, sedimentprocessen). Bijkomend is het ook belangrijk onzekerheden te kwantificeren die te maken hebben met de staalname-, en analysetechnieken (i.e., Van Veen versus Hamon grab bemonsteringen in grindgebieden; zevingen versus laseranalyses; interpolatiefouten; metadatagegevens). Een kennisdatabank die dergelijke vraagstukken helpt te onderbouwen is in ontwikkeling (Van Lancker et al., 2017).

(4) Trendkartering van de evolutie van substraattypen in grindbedden in twee testzones.

Voor de kwaliteit van de multibeam diepte- en terugverstrooiingswaarden wordt naar punt (3) verwezen, en naar Montereale-Gavazzi et al. (2017) voor een uitgebreide discussie. Voor de tijdsreeksanalyse (2004-2015) van multibeamterugverstrooiingswaarden werden de waarden vergeleken met datasets van een 'stabiel' gebied waarvan de variatie gekend is (Roche et al., 2018), en werd, althans voor de RV Belgica datasets, een relatieve kalibratie uitgevoerd. Datasets van RV Simon Stevin toonden een te grote variatie om in de tijdsreeksanalyse mee te nemen. Data van een ouder multibeamstelsel van RV Belgica (Kongsberg EM1002S, 100 kHz) waren niet vergelijkbaar met de recente Kongsberg EM3002D data, en in dieptes van 30 m hebben de dieptewaarden van dit echolood slechts een nauwkeurigheid van  $\pm 0.63$  m binnen een confidentie-interval van  $\pm 95\%$ . Voor de terugverstrooiingswaarden wordt een  $\pm 1$  dB variatie beschouwd als instrumentafhankelijke foutenmarge (Hammerstad, 2000). De geclassificeerde datasets werden onderworpen aan dezelfde accuraatheidsberekeningen als hierboven beschreven.

#### *Hiaten en onzekerheid in kennis en methodes*

Ondanks de hoge nauwkeurigheid van de multibeammetingen blijft een foutenmarge, van bijvoorbeeld  $\pm 0.30$  m, op de metingen te hoog om kleinschalige, maar potentieel significante veranderingen wetenschappelijk te kunnen onderbouwen. Met de huidige technologie blijft het dan ook heel moeilijk om bijvoorbeeld een verzandingsproces op basis van akoestische metingen te kwantificeren.

Lange tijdsreeksen combineren onvermijdelijk datasets van verschillende echosounders en mogelijks van verschillende schepen. Dataverwerkingsbenaderingen zijn in ontwikkeling om dit maximaal op te vangen bij de langetermijnsopvolging van de evolutie van de terugverstrooiingswaarden.

#### *Aanbevelingen*

Centimeter-nauwkeurige dieptemetingen zijn nodig om veranderingen in de zeebodem met statistische significantie te kunnen detecteren. Staalnames en vooral visuele observaties, complementair aan multibeammetingen, zijn cruciaal om het akoestisch signaal te valideren. Tijd- en kostenefficiënte benaderingen dienen verder te worden uitgewerkt.

In een tijdsreeksanalyse is kwaliteitscontrole en relatieve kalibratie van multibeamterugverstrooiingswaarden belangrijk. Hierbij is het aangewezen te investeren in referentiegebieden met gekende variaties die toegankelijk zijn voor verschillende schepen. De KWGS zone is een dergelijk gebied (Roche et al., 2018) en zal dan ook regelmatig worden opgemeten om natuurlijke schommelingen vast te stellen. Dit laat toe om diepte- en dB variatie van andere gebieden te evalueren.

De uiteindelijke koppeling van gedetecteerde veranderingen aan natuurlijke versus antropogene oorzaken vereist een multidisciplinaire benadering met aandacht voor de processen die de veranderingen sturen.

### **2.4.8. Data en analyse**

(1) Kartering in ruimte en tijd (2011-2016) van alle drukken ten gevolge van menselijke activiteiten.

Nagenoeg alle data werden rechtstreeks verkregen van de bevoegde instanties, of via hun dataportaal. Visserij-intensiteitsdata werden via het OSPAR dataportaal bekomen (<https://odims.ospar.org>).

Vervolgens werden alle coördinaatgegevens omgezet naar WGS84 (UTM31). In een geografisch informatiesysteem werden alle datapunten, -lijnen en -polygonen omgezet naar nieuwe polygoon-data op basis van ofwel exacte dimensies (fysische verlies) ofwel verantwoorde buffers (fysische verstoring). Fysisch verlies en fysische verstoring door menselijke activiteiten werden afzonderlijk geanalyseerd. Overlappende polygonen werden samengebracht om dubbele verrekening van ruimtegebruik te vermijden. Ter bepaling van exacte dimensies en buffers werd zoveel mogelijk informatie uit de brongegevens gehaald. Bijkomend werd literatuur geraadpleegd, of werden inschattingen gemaakt (Kint et al., 2018). Data zijn beschikbaar als GIS bestanden en datatabellen.

(2) Kartering en opvolging van de ruimtelijke beheersacties die tot doel hebben om de drukken gerelateerd aan visserij te verminderen. Nog niet van toepassing.

(3) Kartering en opvolging van het voorkomen van grootschalige benthische habitats in het BDNZ.

Voor de herziening van de sedimentklassekaarten in de initiële beoordeling (Belgische Staat, 2012) werd een uitgebreidere dataset (aantal: 5672) met percentages slib (< 0.063 mm), zand (0.063 – 2 mm), en grind (> 2 mm), gecompileerd (SediCURVE@SEA, periode 1900-2016; opzet zie Van Lancker, 2009) en geclassificeerd naar vier Folk klassen. Deze benadering werd gekozen gezien dergelijke kartering kon uitgevoerd worden op schaal van de Europese mariene wateren wat resulteerde in transnationale geharmoniseerde producten (e.g., EMODnet-Geology, European Commission, 2016a,b). De grote sedimenttypes werden vervolgens gecombineerd met dieptezonatie en golfenergie om aldus het voorkomen van de grootschalige benthische habitats te karteren (*sensu* Commissiebeslissing 2017/848, 17/5/2017). Dit proces werd uitgevoerd binnen EMODnet Seabed Habitats (European Commission, 2016c).

Multibeamdata werden verwerkt met een gespecialiseerd programma (Fledermaus Geocoder FMGT v7.4.5.b). Voor zeebodemclassificatie werd een k-means clusteringsalgoritme (Hartigan & Wong, 1979) gebruikt. K-means clustering is een niet-gesuperviseerde, snelle en objectieve, herhaalbare classificatie die op een eenvoudige, iteratieve manier toelaat om omvangrijke datasets te clusteren. Uiteindelijk werden de data geaggregeerd tot één thematisch rasterbestand en werden alle thematische datasets statistisch gevalideerd ten opzichte van de bemonsteringen en visuele observaties. Voor de bepaling van sedimentveranderingen t.o.v. initiële beoordeling werden alle datasets op éénzelfde resolutie (i.e., 10 m) en grid gehergroepeerd en paarwijs geanalyseerd.

(4) Trendkartering van de evolutie van substraattypen in grindbedden in twee testzones.

Om een trendkartering over een langere periode te kunnen uitvoeren werden bestaande en nieuwe datasets gecombineerd: voor het KWGS gebied werden data van FOD Economie aangevuld met datasets van KBIN-OD Natuur; voor de Oosthinder zandbank waren de data afkomstig van KBIN-OD Natuur en Universiteit Gent (Figuur 2.14). De tijdsreeksen van multibeamterugverstrooiingswaarden werden onderworpen aan dezelfde procedures als hierboven beschreven. Hierbij werden ook diepteveranderingen doorheen de tijdsreeks gekwantificeerd waarvoor de data verwerkt en getijdegecorrigeerd werden in het programma QPS QIMERA (v.1.2.4.429a). Veranderingen werden volgens twee benaderingen gekwantificeerd: analyse van niet geclassificeerde gemiddelde decibelwaarden binnen deelgebieden, en postclassificatie/ensemble benadering waarbij gebruik



gemaakt werd van geclassificeerde, thematische informatie. Zie Montereale-Gavazzi et al. (2017) voor een gedetailleerde beschrijving van de data-analyse.

Data en metadata van de analyses die leidden tot een beoordeling zijn ter beschikking in het BMDC ([www.bmdc.be](http://www.bmdc.be)).

#### 2.4.9. Referenties

- Belgische Staat (2012). Initiële Beoordeling voor de Belgische mariene wateren. Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 8 lid 1a & 1b. BMM, Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België, 81 pp.
- European Commission (2016a). European Marine Observation Data Network (EMODnet) Thematic Lot n° 2 Geology ([www.emodnet-geology.eu](http://www.emodnet-geology.eu)). EMODnet Phase 2 – Final Report Reporting Period: 16/10/2013 – 14/10/2016. European Commission’s Directorate- General for Maritime Affairs and Fisheries (DG MARE). Download: <https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/en/node/3946>
- European Commission (2016b). European Marine Observation Data Network (EMODnet) Geology project Seabed substrate 1:250 000 – Europe. European Commission’s Directorate- General for Maritime Affairs and Fisheries (DG MARE). Download: [www.emodnet-geology.eu](http://www.emodnet-geology.eu)
- European Commission (2016c). European Marine Observation Data Network (EMODnet) Seabed Habitats project. European Commission’s Directorate- General for Maritime Affairs and Fisheries (DG MARE). Download: [www.emodnet-seabedhabitats.eu](http://www.emodnet-seabedhabitats.eu).
- Folk, R.L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62 (4), 344-359.
- Foody, G.M. (2002). Status of land covers classification accuracy assessment. *Remote Sens Environ* 80, 185–201.
- Hammerstad E (2000) EM technical note: backscattering and seabed image reflectivity 1–5.
- Hartigan, J. A., & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)* 28(1), 100-108.
- Kint, L., Montereale Gavazzi, G. & Van Lancker, V., 2018. Kaderrichtlijn Mariene Strategie. Beschrijvend element 6: Zeebodintegriteit. Ruimtelijke analyse fysisch verlies en fysische verstoring. Brussel, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, 41 p.
- Long, D. (2006). Seabed sediment classification. MESH Project Document < [http://www. searchmesh.net/PDF/GMHM3\\_Detailed\\_explanation\\_of\\_seabed\\_sediment\\_classification](http://www.searchmesh.net/PDF/GMHM3_Detailed_explanation_of_seabed_sediment_classification).
- Montereale-Gavazzi, G., Roche, M., Lurton, X., Degrendele, K., Terseleer, N., & Van Lancker, V. (2017). Seafloor change detection using multibeam echosounder backscatter: case study on the Belgian part of the North Sea. *Marine Geophysical Research*, 1-19.
- OSPAR (2017). Intermediate Assessment. GIS Data layers on fishing intensity surface and subsurface (<https://odims.ospar.org>).
- Pontius, R.G. & Santacruz, A. (2015) differ: metrics of difference for comparing Pairs of maps. R package version 0.0–4. <https://CRAN.R-project.org/package=differ>. Accessed 10 Nov 2016
- Roche, M., Degrendele, K., Vrignaud, C., Loyer, S., Le Bas, T. Augustin, J.-M. and Lurton, X. (2018). Control of the

- repeatability of high frequency multibeam echosounder backscatter by using natural reference areas. Marine Geophysical Research. <https://doi.org/10.1007/s11001-018-9343-x>
- Stevenson, S., Kotilainen, A., Kaskela, A., Alanen, U., Asch, K., Schubert, C., van Heteren S., van de Ven, T., Thorsnes, T., Verbruggen, K., Robinson, A., Guinan, J., Glaves, H. & the Project Team (2012). EMODnet-Geology Project Maintenance Report. Preparatory Actions for a European Marine Observation and Data Network. Lot No 2 – Geological data. EC Contract No. MARE/2008/03
- Van Lancker, V. (2009). SediCURVE@SEA: a multiparameter sediment database, in support of environmental assessments at sea. In: Van Lancker, V. et al. QUantification of Erosion/Sedimentation patterns to Trace the natural versus anthropogenic sediment dynamics (QUEST4D). Final Report Phase 1. Science for Sustainable Development. Brussels: Belgian Science Policy 2009 – 63p + Annexes.
- Van Lancker, V., Baeye, M., Montereale-Gavazzi, G. & Van den Eynde, D. (2016). Monitoring of the impact of the extraction of marine aggregates, in casu sand, in the zone of the Hinder Banks. Period 1/1 – 31/12 2015 and Synthesis of results 2011-2015. Brussels, RBINS-OD Nature. Report <MOZ4-ZAGRI/I/VVL/2016/EN/SR01>, 84 pp. (+5 Annexes, 190 p).
- Van Lancker, V., F. Francken, K. Lars, N. Terseleer Lillo, D. Van den Eynde, L. De Mol, G. De Tré, R. De Mol, T. Missiaen, V. Hademenos, M. Bakker, F. Busschers, D. Maljers, J. Stafleu and S. Van Heteren (2017). Building a 4D Voxel-Based Decision Support System for a Sustainable Management of Marine Geological Resources, In: 'Oceanographic and Marine Cross-Domain Data Management for Sustainable Development, P. Diviacco, A. Leadbetter and H. Glaves (eds.), IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-5225-0700-0