



**Kaderrichtlijn Mariene Strategie,  
Beschrijvend element 6: Zeebodintegriteit  
Ruimtelijke analyse van Fysisch Verlies en Verstoring**

- **D6C1 Fysisch verlies van de zeebodem (ruimtelijke omvang en verspreiding)**
- **D6C2 Fysische verstoring van de zeebodem (ruimtelijke omvang en verspreiding)**

*Lars Kint, Giacomo Montereale Gavazzi en Vera Van Lancker*

MSFD-D6/I/LK/201804/NL/SR01

Vorbereid voor  
FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu

OD NATUUR  
100 Gulledelle  
B-1200 Brussel

## **Inhoudstabel**

Inleiding	3
Methodologie	11
Resultaten	16
Discussie en Conclusie	32
Bronnen	35
Referenties	37

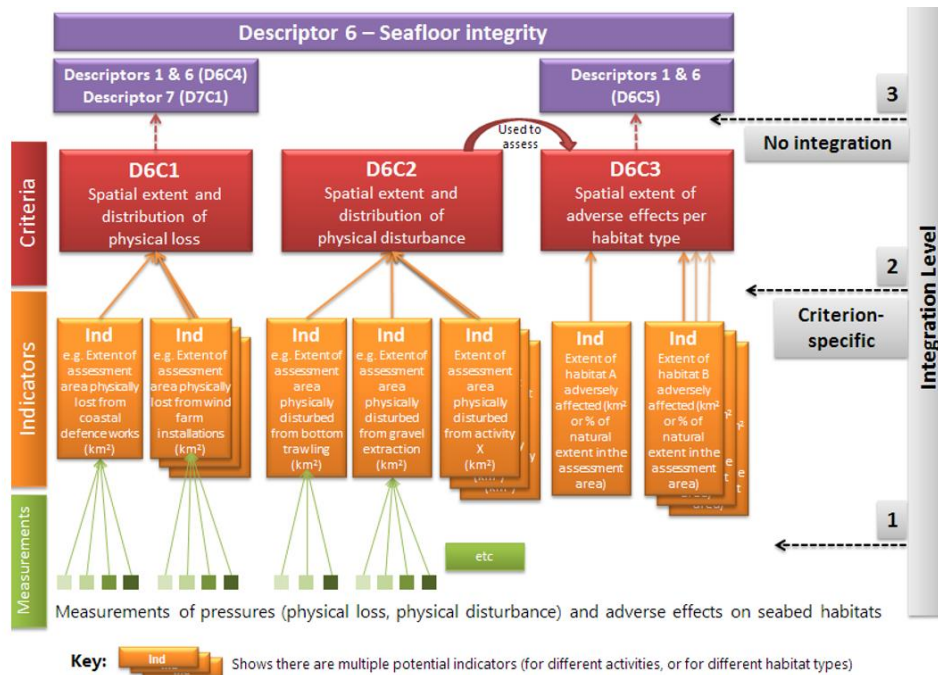
## **Referentie**

Kint, L., Montereale Gavazzi, G., Van Lancker, V., 2018. Kaderrichtlijn Mariene Strategie. Beschrijvend element 6: Zeebodemintegriteit. Ruimtelijke analyse fysisch verlies en fysische verstoring. Brussel, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, 41 p.

## Inleiding

De Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRMS, 2008/56/EU) vereist een beoordeling voor de huidige milieutoestand van de mariene wateren van alle Europese lidstaten en hun overheersende drukken en impacten (Walmsley et al., 2017). Deze beoordelingen dienen nauw gekoppeld te worden aan de bepalingen inzake goede milieutoestand. De criteria en methodologische normen zijn vastgelegd door de Europese Commissie en vormen de basis voor het beoordelen van de mate waarin de goede milieutoestand is bereikt.

Descriptor 6 omvat de integriteit van de zeebodem, waarbij de structuur en functies van (bentische) ecosystemen niet nadelig mogen beïnvloed worden. De criteria van het Commissie Besluit 2010/477/EU zijn zeebodemdrukken, D6C1 en D6C2, en hun impacten, D6C3 (figuur 1). D6C1 omvat het fysisch verlies van de zeebodem door bijvoorbeeld offshore windmolenparken; D6C2 omvat de fysieke verstoring, zoals deze ten gevolge van bodemberoerende visserijtechnieken, zand- en grindextractie. Beide criteria zijn gerelateerd aan de ruimtelijke omvang en distributie van zeebodembelasting, hetgeen in D6C3 wordt omgezet naar de schadelijke effecten voor het bentische ecosysteem. De D6C1 en D6C2 criteria hebben geen drempelwaarden en zijn niet direct bedoeld tot een beoordeling van Descriptor 6, maar worden gebruikt bij de beoordeling van andere criteria, zoals D6C4 habitatomvang (verlies) en D7C1 ruimtelijke omvang en verspreiding van permanente veranderingen van hydrografische omstandigheden.

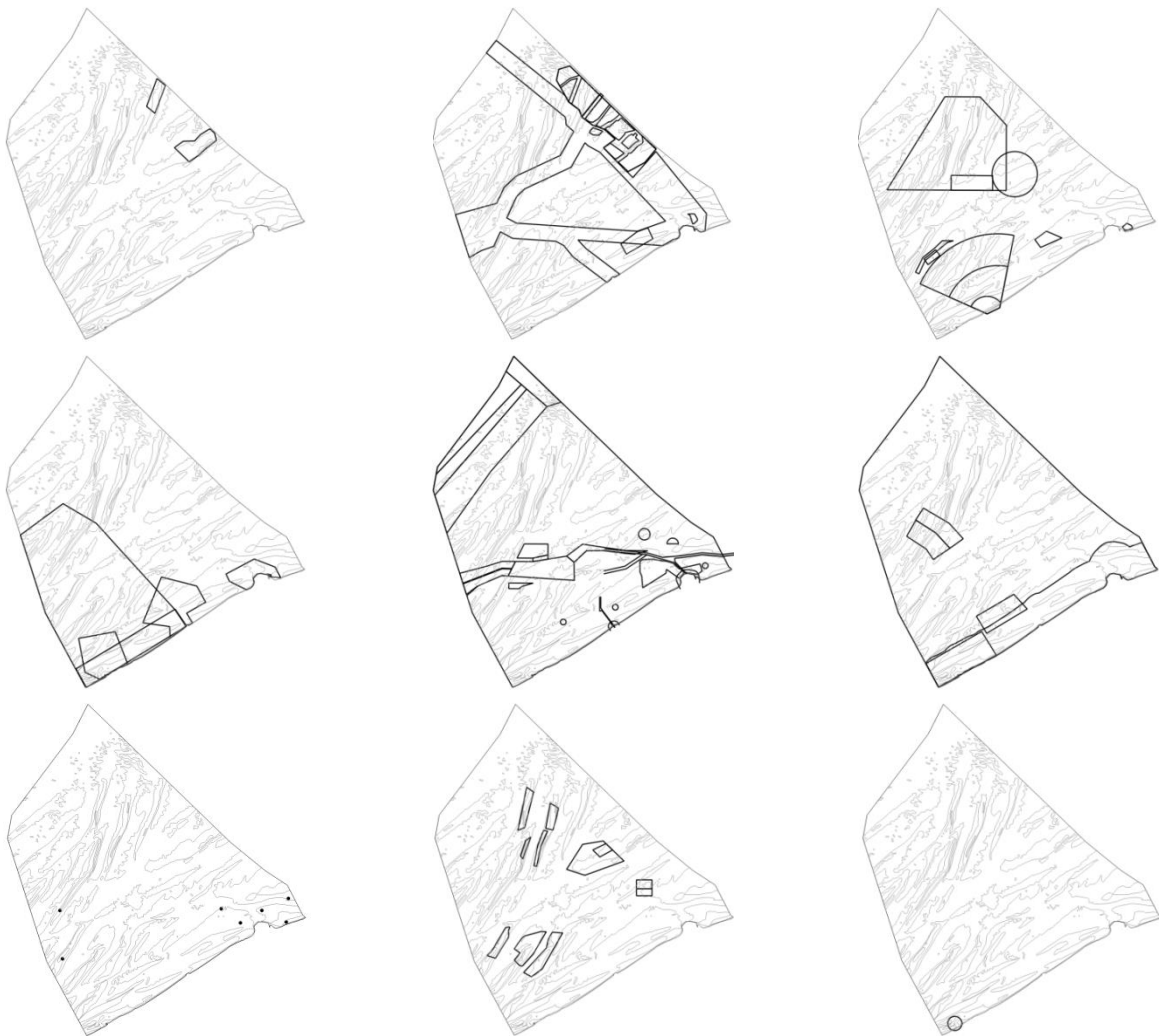


Figuur 1. Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRMS): Descriptor 6 - Zeebodemintegriteit (Walmsley et al., 2017).

Deze bijlage focust op de criteria D6C1 fysisch verlies en D6C2 fysieke verstoring zowel per menselijke activiteit (indicator), als per grootschalig habitattype. Voor de distributie van het grootschalig habitattype wordt gebruik gemaakt van publiek toegankelijke dataproducten, beschikbaar en

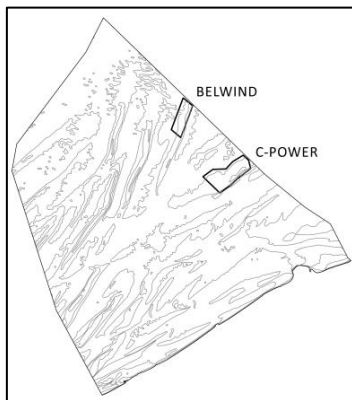
geharmoniseerd voor de hele Noordzee (EMODnet broad-scale seabed habitat map for Europe, 2016). In deze KRMS-cyclus werd de periode 2011 tot en met 2016 beschouwd voor de Belgische beoordeling van D6C1 en D6C2. D6C3 wordt hier niet besproken.

Het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ) is één van de meest bevaren zeeën ter wereld. Het vormt een gekende scheepsroute naar wereldhavens als Antwerpen, Rotterdam en Zeebrugge. Tal van menselijke activiteiten vinden plaats zoals baggerwerken, ontginning van zand, militaire oefeningen, visserij, wetenschappelijk onderzoek (figuur 2). Mede het BDNZ beperkt is en het aantal activiteiten erop zeer groot, is een ruimtelijke ordening nodig. Een Marien Ruimtelijk Plan (MRP) voor het BDNZ werd opgesteld in 2014 (Koninklijk Besluit tot vaststelling van het marien ruimtelijk plan van 20 maart 2014; C-2014/24098). Het plan moet de beschikbare mariene ruimte zo efficiënt mogelijk benutten en terzelfdertijd zorgen dat ecologische, economische en sociale doeleinden worden nagestreefd.



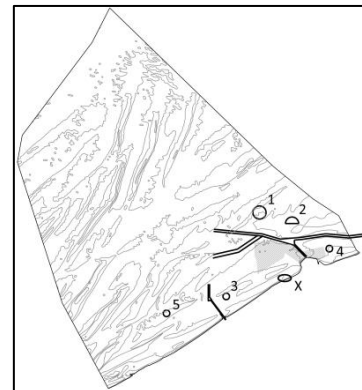
**Figuur 2. Marien Ruimtelijk Plan (2014-2020): a. Voorziena aquacultuurzones; b. Energie, kabels en pijpleidingen; c. Militair gebruik; d. Natuurbescherming; e. Scheepvaart, havens en baggerwerken; f. Visserij; g. Wetenschappelijk onderzoek, meetpalen, radars en masten; h. Mariene aggregaatextractie; i. Speciale zones voor zeekering (kustbescherming) zeewaarts van de basislijn (<https://odnature.naturalsciences.be/mumm/nl/human-activities/marine-spatial-plan>).**

Voor deze studie werd, vertrekkende van de ruimtelijke indeling uit 2014, een inventarisatie opgemaakt van menselijke activiteiten die druk uitoefenen op de plaatselijke zeebodem en haar habitats in het BDNZ (tabel 20, zie Bronnen). De landwaartse zijde van de analyse is de basislijn van 2012, zoals bepaald door de Vlaamse Hydrografie. De basislijn stemt overeen met de laagwaterlijn van de kust, of van bij eb droogvallende bodemverheffingen indien deze zich binnen de twaalf zeemijl van de laagwaterlijn bevinden, hetzij vanaf de uiteinden van permanente havenwerken, dewelke buiten de 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). Hieronder wordt een kort overzicht gegeven van alle activiteiten die in de analyse zijn meegenomen. Het bijhorend kaartmateriaal is beschikbaar als datalagen ('shapefiles') in een geografisch informatiesysteem en voorzien van de nodige metadata. Hierbij werd vertrokken van de gegevens in het MRP; weliswaar werden data toegevoegd en werden alle metadata aangevuld en geverifieerd.

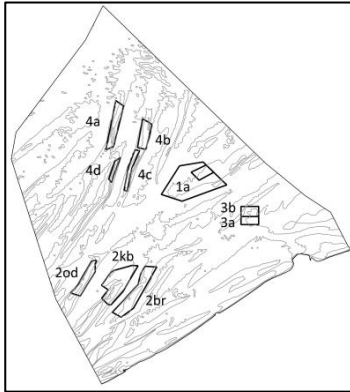


**Aquacultuur** is een innovatieve en duurzame technologie voor het kweken van vissen, schaaldieren, schelpdieren en waterplanten. Het kan de voedselproductie bevorderen en overbevissing tegengaan. In het BDNZ zijn twee zones opgenomen in het MRP waar aquacultuur is toegestaan: de Belwind (fase 1) concessiezone en de C-Power concessiezone, twee windparken die reeds in uitvoering zijn. Voorwaarde is dat deze activiteiten de eutrofiëring van het zeewater in deze gebieden verminderen. Ondanks dat de afgelopen jaren nieuwe ideeën zijn ontstaan voor aquacultuuractiviteiten, vindt er nog geen commerciële aquacultuur plaats in het BDNZ.

**Storten en baggeren** op zee is naar federale wet van 20 januari 1999 vastgelegd. Een vergunning is vereist waarvan de specificaties zijn opgenomen in het Koninklijk Besluit (KB) van 12 maart 2000, en dewelke is herzien in het KB van 18 oktober 2013. Het baggeren gebeurt meestal in de scheepvaartroutes en verkeersstromen richting Belgische havens en Scheldehavens, en is nodig om de veiligheid en de efficiëntie van het maritiem transport te garanderen. Het MRP situeert vijf stortzones en één reservatiezone voor het storten van baggerspecie en inerte materialen van natuurlijke oorsprong afkomstig uit het BDNZ. In 2011, dus vóór de vastlegging van het MRP in 2014, waren twee tijdelijke stortzones (loszone X) voorzien nabij de kust van Blankenberge. Een syntheserapport wordt opgemaakt iedere vijf jaar, een voortgangsrapport om de 2.5 jaar. De periode van het syntheseverslag is van 2012 tot en met 2016, wat grotendeels samenvalt met de eerste KRMS-cyclus (2011-2016). De Divisie Maritieme Toegang en het Agentschap voor Maritieme Diensten en Kust (Afdeling Kust) van de Vlaamse Overheid zijn verantwoordelijk voor het onderhoud van de maritieme toegangskanalen en -poorten naar de havens en naar de Schelde. Zij beheren de bagger- en storthoeveelheden. Het internationaal kader voor storten van baggerspecie op zee is de Londen conventie van 1972, de OSPAR conventie van 1992 en het Londen protocol van 1996. Baggerintensiteitsrapporten zijn beschikbaar. Voor de synthesere-



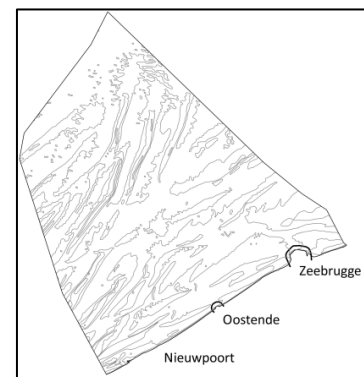
rapporten zie Lauwaert et al. (2012, 2016); voor een overzicht van al het onderzoek zie Van den Eynde et al. (2015).



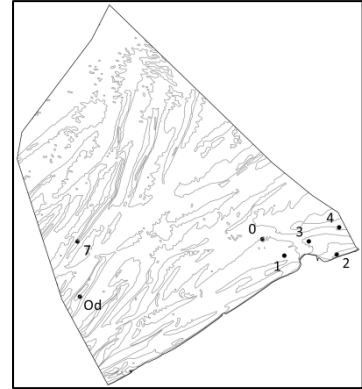
**Aggregaatextractie**, het winnen van zand en grind, begon in België in 1976. Door de uitputting van de zandgroeves op het land ontstond er een groeiende interesse voor de exploitatie van zeezand. Ongeveer 80% van het zeezand wordt aangewend voor de bouwsector. Daarnaast is de uitvoering van zandsuppleties (opspuitingen) de belangrijkste maatregel voor zeewering langs de Belgische kust. Vier zones voor zandwinning zijn vastgelegd in het MRP. Een zone 1 in de Zeelandbanken met sector 1a op de Thorntonbank. In de Vlaamse Banken regio bevindt zich sector 2 op de Kwintebank (2kb), Buitenratel (2br) en Oostdyck (2od). Zone 3 ligt ter hoogte van de Vlakte van de Raan, meer bepaald op het westelijk

deel dat Sierra Ventana wordt genoemd. Hier zijn twee sectoren gedefinieerd: sector 3a waar thans ontginning mogelijk is en sector 3b waar ontginning is toegelaten na het stopzetten van baggerwerkzaamheden. Tenslotte een zone 4 groepeert vier sectoren op de Hinderbanken: Noordhinder (4a), Oosthinder-noord (4b), Oosthinder-centraal (4c) en Westhinder (4d). Om de impact van de zandwinning op het milieu te controleren is een referentiegebied opgenomen binnen zone 1. De winning van zand en grind is in dit gebied verboden. Binnen de zones 2 en 3 zijn bepaalde delen (Buiten Ratel, centrale Kwintebank, noordelijke Kwintebank) momenteel gesloten gezien hier de wettelijk bepaalde drempel, met name meer dan 5 m ten opzichte van het referentieniveau, voor ontginning werd overschreden. Voor de sectoren 2kb, 2br en 2od werd vooropgesteld om het ontginbaar volume zand jaarlijks te verminderen (KB van 1 september 2004 betreffende de voorwaarden en de toekenningsprocedure van concessies voor de exploratie en de exploitatie van de minerale en andere niet-levende rijkdommen in de territoriale zee en op het continentaal plat), én is de ontginning van grind verboden. De intensiteit betreft zandwinning is met de jaren gestegen. De effecten van aggregaatextractie worden opgevolgd door een continu monitoringsprogramma. De resultaten worden om de drie jaar voorgesteld tijdens een studiedag. Voor de laatste bevindingen zie Degrendele en Vandenreycken (eds.) (2017); voor een overzicht van al het onderzoek zie Van Lancker et al. (2015). Voorkomen en intensiteiten van deze activiteit worden jaarlijks confidentieel gerapporteerd (Van den Branden, 2013; 2014; 2016; 2017).

In het MRP zijn potentiële uitbreidingen opgenomen betreffende de **haveninfrastructuur** van Oostende en Zeebrugge. Indien verzoenbaar met de huidige havenontwikkeling of met de toekomstige uitbreiding van de betrokken zeehavens, kunnen andere menselijke activiteiten zoals de exploitatie en installatie voor hernieuwbare energie-opslag afgestemd worden en nog steeds toegelaten zijn. De laatste uitbreidingen van de haven van Zeebrugge dateren van de jaren '70 en '80, die van Oostende van 2007. Het dient vermeld dat de huidige haveninfrastructuur nagenoeg volledig binnen de basislijn (2012) ligt.

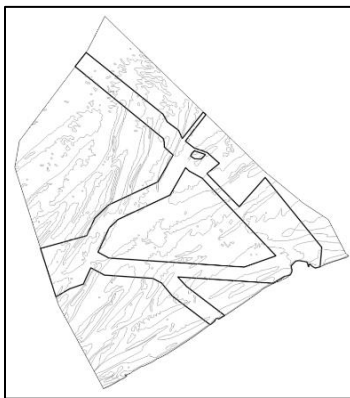


Het BDNZ telt **één radartoren en zes meetpalen**. De radartoren, gesitueerd op de Oostdyck, is sinds 2003 operationeel en begeleidt de schepen richting Belgische zeehavens en Scheldehavens. Het maakt deel uit van een netwerk van radartorens, hetgeen een betere zichtbaarheid van de scheepvaartbeweging toelaat aan de Belgisch-Franse grens. De zes meetpalen, samen met verscheidene boeien, fungeren als een geïntegreerd systeem, het meetnet van de Vlaamse Hydrografie of het meetnet Vlaamse Banken (Lambrecht en Schrijvers, 2005).



- MOW 0 Wandelaar
- MOW 1 A2
- MOW 2 Appelzak
- MOW 3 Bol van Heist
- MOW 4 Bol van Knokke (Scheur Wielingen)
- MOW 7 Westhinder

De meetpalen en boeien verzamelen oceanografische en meteorologische gegevens langsheen de Belgische kust en in het BDNZ. Voorspellingen van tijhoogten, golven, wind en zichtbaarheid zijn te vinden bij de Vlaamse Overheid, Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK), Afdeling Kust, Vlaamse Hydrografie (<http://www.agentschapmdk.be>). Metingen op zee zijn noodzakelijk om nauwkeurige zee- en weersvoorspellingen te garanderen en een veilig verloop van de scheepvaart te garanderen.

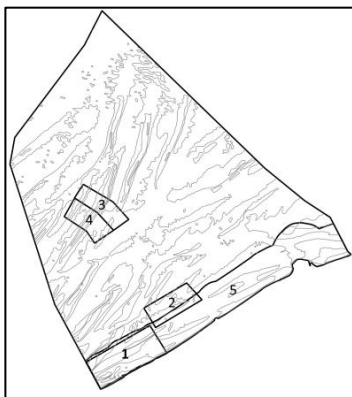
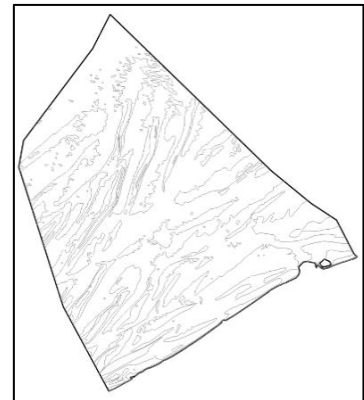


**Leidingen en Kabels.** Drie pijpleidingen, allen gaspijpleidingen, doorkruisen het BDNZ: Franpipe (sinds 1998), Interconnector (sinds 1998) en Zeepipe (sinds 1993). De Franpipe, ook NorFra-pijpleiding genoemd, verbindt Noorwegen met de haven van Duinkerke (Frankrijk), de Interconnector gaat van Zeebrugge naar Bacton (Groot-Brittannië) en de Zeepipe eveneens van Zeebrugge naar Noorwegen. De gaspijpleidingen hebben een diameter van ongeveer één meter, worden 70 centimeter tot twee meter diep ingegraven in de zeebodem en vervolgens bedekt met een beschermende grindlaag. Binnen het BDNZ loopt ongeveer 161.5 km aan gaspijpleidingen. **Vijf energie-exportkabels**

doorlopen anno 2016 het BDNZ en zijn reeds in gebruik: één Belwind (2010), twee C-Power (2008 en 2012), één Nobelwind (2013) en één Northwind (2013); een totaal van 172 km aan exportkabels. Zes extra kabelvergunningen zijn afgeleverd: Norther (2), Northwester 2 (1), Mermaid (1), Rentel (1) en Seastar (1). Om toekomstige kabellegging te reduceren en een verdere wirwar aan exportkabels in het BDNZ te vermijden, is een meer gestructureerd kabeltraject uitgestippeld en is een 'stopcontact op zee' goedgekeurd. Het offshore hoogspanningsplatform, dat halfweg 2019 veertig kilometer voor de kust van Zeebrugge geïnstalleerd wordt, zal alvast vier windmolenparken (Northwester 2, Mermaid, Rentel en Seastar) aansluiten en verbinden met het Stevin-netwerk aan land door middel van drie onderzeese exportkabels. Naast de exportkabels, zijn ook tal van in-veldkabels en reservekabels aanwezig in de

windmolenzone en de kabelcorridor in het BDNZ. In-veldekabels zijn doorgaans dunner in diameter dan de export- en reservekabels. Er liggen **27** oude, 20<sup>e</sup>-eeuwse **telecommunicatiekabels** in het BDNZ: Concerto 1 East, Concerto 1 South, Farland (of UK-NL 13), Hermes 2 (of Hermes South), Meridian, Pan European Crossing (PEC), Rembrandt 2, Rioja 2, Rioja 3, SEA-ME-WE 3, Tangerine, TAT-14 (I), 6 UK-BE kabels, 1 UK-NL kabel en 7 onbekende kabels. In 2018 zal ook de NEMO-hoogspanningskabel worden aangelegd tussen Richborough (Groot-Brittannië) en Zeebrugge. Telecommunicatiekabels worden 60 tot 90 centimeter diep in de zeebodem ingegraven. Twee soorten kabels zijn van toepassing: de coaxkabels en de glasvezelkabels. De coaxkabels, waarvan nog één in gebruik is, zijn gelegd tussen 1950 en 1988. Sinds de introductie van de glasvezelkabels in de jaren '80 worden enkel nog dergelijke kabels gelegd. De totale lengte van alle telecommunicatiekabels bedraagt 937 km. Het MRP voorziet een corridor, of afgebakende zone, voor het leggen van kabels en pijpleidingen. Afwijkingen kunnen worden toegestaan mits voldoende gemotiveerde dwingende redenen en toegestaan door de bevoegde ministers.

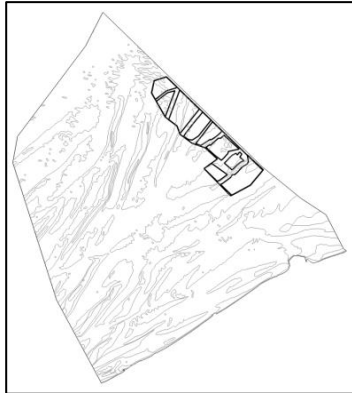
In het MRP is tevens een zone gespecificeerd met betrekking tot munitie. Voor deze analyse werd de **oorlogsmunitiestortplaats 'Paardenmarkt'** weerhouden, een vijfhoekig gebied dat werd afgebakend vlak voor de kust van Knokke-Heist. Munitie en gifgasgranaten, afkomstig uit de Eerste Wereldoorlog, werden gevonden tijdens baggerwerken in 1971 en de aanwezigheid van granaten eveneens bevestigd door een magnetometrisch onderzoek in 1988. De munitie is gedeeltelijk bedekt onder een dunne laag sediment en verkeert als dusdanig in een opmerkelijk goede staat. Op regelmatige tijdstippen worden staalnames genomen om mogelijke verontreiniging op te sporen en bijgevolg te kunnen optreden. Een anker- en visverbod geldt voor de zone van ongeveer 3 km<sup>2</sup>.



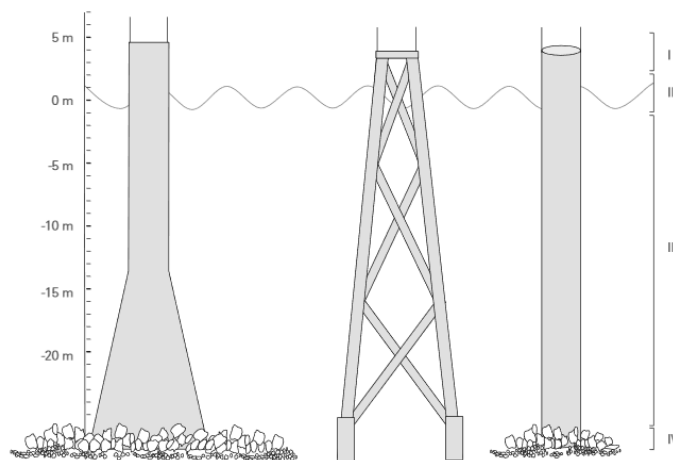
**Visserij** is alomtegenwoordig in het BDNZ en andere Europese zeeën. Bodemberoerende visserijtechnieken, het actief vissen door het slepen van vistuigen over de zeebodem, zorgen voor fysieke verstoring en schade van de zeebodem en hun habitats. De zeevisserij wordt anno 2016 in geen enkel gebied verboden, maar er zijn reeds deelzones afgebakend met ruimtelijke voorschriften wat visserijtechnieken betreft. Alternatieve bodemberoerende vistechneiken hebben als doel de impact op de bodem te verminderen. Met het oog op het bereiken van de goede milieutoestand wordt binnen het Belgisch zeegebied vijf zones aangeduid om de bodemintegriteit te behouden. Een eerste zone waarbij het gebruik van rolsloffen op het vistuig wordt toegepast, en voor garnalvisserij is een zeeflap verplicht. In zone twee worden enkel niet-bodemberoerende visserijtechnieken toegestaan, alsook het uittesten van alternatieve bodemberoerende vistechneiken. Er is een overgangperiode van drie jaar, waarbij bestaande (bodemberoerende) technieken nog zijn toegelaten. De derde zone voorziet dat enkel niet-bodemberoerende visserijtechnieken toegelaten zijn. De voorwaarden voor zone vier zijn het gebruik van niet-bodemberoerende visserijtechnieken en het uittesten van alternatieve technieken. Om de bodemintegriteit te garanderen wordt de visserij binnen de zone van 4.5 zeemijlen van de kust (zone



5), gemeten vanaf de basislijn, verboden voor de vissersvaartuigen met een bruto-opbrengst van meer dan 70 ton.



Om de Europese kerndoelstellingen, 20% minder uitstoot van broeikasgassen t.o.v. 1990 en 20% van de energie moet bestaan uit duurzame energiebronnen, te bereiken, heeft de Belgische Overheid een zone van 238 km<sup>2</sup> (7% van het BDNZ) opengesteld voor hernieuwbare energie, meer bepaald windenergie. Tegen 2020 dient de volledige zone ingevuld te zijn met ongeveer 400 à 430 windmolens, wat energie moet opleveren voor 2.2 à 2.3 miljoen gezinnen en hetgeen een kwart van de energie oplevert die België uit duurzame energiebronnen moet halen om de doelstellingen te bereiken. Negen bouwprojecten voor **windmolenparken** zijn goedgekeurd en hebben een vergunning verkregen. Belwind (2010), C-Power (3 fases: 2008, 2011 en 2012) en Northwind (2013) zijn reeds operationeel. Nobelwind (2016) en Rentel (2017) zijn in opbouw. De andere windmolenparken (Mermaid, Norther, Northwester 2 en Seastar) zitten nog in een administratieve fase waarbij vooronderzoeken dienen te gebeuren zoals een milieueffectenrapport (MER). Een milieueffectenbeoordeling (MEB) wordt nadien opgesteld door de wetenschappelijke dienst Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) van de Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur) binnen het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN). De windmolenparken, gesitueerd van noordwest naar zuidoost, zijn Mermaid, Northwester 2, Belwind + Nobelwind, Seastar, Northwind, Rentel, C-Power en Norther. Drie types fundering van windmolens zijn aanwezig in deze zone voor hernieuwbare energie: gravitaire funderingen, Jacket funderingen en monopiles (figuur 3). Het referentiegebied binnen de mariene aggregaatextractiezone 1 dient eveneens als monitoringsgebied voor de impact van de windmolenparken op het milieu. Voor monitoringsresultaten van de effecten van de windmolenparken op het mariene milieu wordt verwezen naar Degraer et al. (2016a). Een synthese wordt gegeven in Degraer et al. (2016b).



Figuur 3. Types windmolenfundering: gravitaire fundering (links), Jacket fundering (midden) en monopile (rechts) (Degraer et al., 2013).

**Wrakken** zijn van alle tijden. Het hoofdaandeel van de wrakkendatabase bestaat uit vracht- en oorlogsschepen, zoals U-boten, uit de oorlogsperiodes.

**Kustverdedigingswerken** liggen landwaarts van de basislijn en zijn derhalve niet opgenomen in deze analyse.

## Methodologie

Alle menselijke activiteiten in het BDNZ werden geïnventariseerd voor de periode 2011 tot en met 2016, 1<sup>e</sup> KRMS-cyclus. Hiervoor werden data aangevraagd bij de desbetreffende data-holders (tabel 20, zie Bronnen) of data afkomstig uit hun dataportalen.

### *Aard van de brongegevens*

Het Departement van Mobiliteit en Openbare Werken (MOW), Maritieme Toegang van de Vlaamse Overheid leverde omhullende shapefiles aan over het baggeren en lossen van gebaggerd materiaal. Mede beheren ze de informatie omtrent uitbreidingen van de Belgische zeehavens. Via FOD Economie, Middenstand en Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Dienst Continentaal Plat werd voor alle zandextractiezones een dataset verkregen die per ontginningsvaartuig geografische positiegegevens omvatte, afkomstig van een automatisch registreertoestel (Black Box of Electronic Monitoring System, EMS). Voor ieder schip wordt om de 30 seconden een 'ping'-signaal geregistreerd met hun desbetreffende positie. Het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) beheert alle data omtrent de bouw van windmolenparken op zee. Informatie betreffende windmolens, energiekabels en erosiebeschermende grindlagen zijn direct beschikbaar. Telecommunicatiekabels en pijpleidingen zijn afkomstig van reeds bestaande (officiële) shapefiles van het BMM en van de FOD Economie, Dienst Continentaal Plat. Positiegegevens over de (scheeps)wrakken in het BDNZ werden verkregen via websites van de Vlaamse Overheid: Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK) en Agentschap Onroerend Erfgoed. Coördinaten voor meetpalen, de radartoren aan de Oostdyck en de munitiestortplaats 'Paardenmarkt' werden voornamelijk gehaald uit het MRP. Voor visserijgegevens dient ieder visserij-schip uitgerust te zijn met een Vessel Monitoring System (VMS) die de locaties registreert per visserijactiviteit. Deze data, samen met logboekgegevens, worden gebruikt om visserijactiviteiten te karteren. Het is belangrijk te melden dat rapportage van logboekdata enkel verplicht is voor schepen met een lengte van meer dan 10 m. In de OSPAR rapporten (OSPAR, 2011-2015a,b; 2014) wordt dan ook gemeld dat er een onderschatting is van de visserijactiviteit, en dan vooral in de kustwateren waar schepen < 10 m actief zijn. Voor de periode 2010-2012 werd een detailanalyse uitgevoerd van de visserij-activiteit door de Belgische vloot van de Vlaamse Overheid, Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO) (Pecceu et al., 2014). Voor de huidige analyse, die de periode 2011-2015 omvat, werd gebruik gemaakt van dataproducten die publiekelijk beschikbaar worden gesteld door OSPAR, in het kader van haar intermediaire evaluatie van het mariene milieu (<https://odims.ospar.org>). De datalagen geven visserij-intensiteiten aan in de gehele Noordzee. De resolutie van de kartering is echter beperkt tot 3.5 km x 5.5 km (0.05° x 0.05°), in tegenstelling tot de ILVO analyse op 3 km x 3 km. Datalagen zijn beschikbaar voor zowel oppervlakteberoering (< 3 cm) en diepere beroering (> 3 cm) van de zeebodem. Oppervlakte-abrasie wordt gedefinieerd als de schade aan de zeebodem zelf; bij diepere abrasie wordt de penetratie en/of verstoring van het substraat onder het zeebodemoppervlak meegenomen. De diepte van penetratie verschilt per visserijtechniek, en per ondergrond (slib versus grof zand). Zie Eigaard et al. (2016a) voor een overzicht van de technieken, en hun penetratie per substraattype. De visserij-intensiteiten worden bepaald door een vermenigvuldiging van de breedte van de bodemberoerende visteknik in meters, de

gemiddelde snelheid van het schip in knopen en de duur van het vissen. Deze berekening werd ondernomen per metier, een groep van visserijtechnieken met gelijkaardige kenmerken, per jaar. Een jaarlijkse ratio (Swept Area Ratio; SAR) werd berekend voor iedere cel (3.5 km x 5.5 km; 0.05° x 0.05°) door het totaal verstoorde gebied per cel per jaar te delen door de totale oppervlakte van iedere cel. Voor de huidige ruimtelijke analyse werd een classificatie opgesteld met een intensiteitsschaling van 'geen' (SAR = 0) tot 'zeer hoog' (SAR > 3). Voor meer detail wordt verwezen naar de OSPAR rapporten (OSPAR, 2011-2015a), alsook naar Eigaard et al. (2016a,b) voor de methodologische benadering en bespreking van de resultaten.

#### *Metadata van de datalagen ('shapefiles')*

Afkomstig van de brongegevens zijn nieuwe shapefiles gecreëerd specifiek voor de KRMS. De structuur en de laaginhoud van de metadatavelden werd zo eenvoudig mogelijk gehouden. Ruwe positionele datagegevens werden herleid naar hun initiële coördinaten in WGS84 (UTM zone 31N). Een eenvoudige naamgeving per activiteit per zone werd in gebruik genomen. Het jaar waarin de zeebodemintegriteit werd aangetast door industriële activiteit of mariene werken wordt aanzien als het jaarlijks fysisch verlies of fysische verstoring. Voor iedere activiteit is een buffer gevonden, die zijn invloed en impact op de zeebodem goed weergeeft (tabel 1, zie verder). Een eenvoudig confidentieniveau werd aangegeven voor de kwaliteit van de positiegegevens van de menselijke activiteiten in het BDNZ. Een 1 voor een hoge confidentie indien officiële coördinaten werden gebruikt, een 2 voor officiële geschatte coördinaten en een 3 voor lage confidentie wanneer een niet-officiële schatting van de coördinaten is gebeurd. De officiële bronnen kan men terugvinden in tabel 20 (zie Bronnen). Het totaal fysisch verlies of verstoring per jaar en/of per zone ('AREA') werd in het metadataveld van de shapefiles mee opgenomen.

#### *Bepalen van het ruimtelijk bereik van fysisch verlies en verstoring*

De positionele gegevens werden gevisualiseerd en geanalyseerd in het geografisch informatiesysteem Quantum GIS (QGIS). Puntdata werden omgezet naar lijndata ('Points2One'), voorzien van exacte dimensiebuffers (fysisch verlies) of vermeerderd met een ruimere buffer (fysische verstoring) en omgezet naar polygoondata (tabel 1). Geen extra buffers werden aangebracht voor bagger- en stortgegevens gezien deze reeds met een omhullende polygoon werden aangeleverd. Een algemene buffer van 150 m werd gekozen voor de zandextractiedata (Foden et al, 2011; Newel et al., 1998; Gajewski & Uscinowicz, 1993), al lijkt een variërende buffer per extractiegebied die hydrodynamische en sedimentcondities verrekent meer van toepassing in toekomstige analyses. Voor meetpalen in het BDNZ en palen van de radartoren nabij de Oostdyck nemen we een buffer van 10 m, vergelijkbaar met die voor monopiles bij windmolens (zie verder). Pijpleidingen hebben een diameter van ongeveer één meter (40 à 42 inch). Een grindlaag met breedte 50 m (Ballard et al., 2014) beschermt de pijpleidingen tegen het hydrodynamisch klimaat en de menselijke activiteiten op zee. Een buffer van 25 m is gebruikt in de QGIS-analyse. Drie soorten energiekabels zijn van toepassing: exportkabels, in-veldkabels en reservekabels. Door de aanlevering van alle gegevens inzake de bouw en installatie van windmolenparken kan men stellen dat export- en reservekabels een maximale diameter hebben van 0.3 m (buffer = 0.15 m), veldkabels beschikken over een maximale diameter van 0.15 m (buffer = 0.075 m).

Er is enkel weet van een beschermende grindlaag in de eerste fase van C-Power: een beschermingslaag met breedte 2 m is aanwezig over bepaalde delen van de kabeltrajecten en met diameter 100 m in de nabijheid van de pijpleiding Interconnector én de telecommunicatiekabel Concerto 1 South. Buffers van respectievelijk 1 m en 50 m werden gebruikt. Het leggen van de energiekabels voor de windmolenparken zorgt voor een gemiddelde geulverstoring, een verstoring ontstaan door geulvorming en abrasie, met buffer 5 m (Foden et al., 2011). De coaxkabels, type telecommunicatiekabel, hebben een diameter van 0.04 tot 0.1 m, terwijl modernere glasvezelkabels een diameter hebben van 0.02 tot 0.05 m (Verfaillie et al., 2005). Niettegenstaande is in de literatuur geen coaxtelecommunicatiekabel beschreven in het BDNZ die breder is dan 0.05 m. Een buffer van 0.025 m is bijgevolg gebruikt voor beide soorten kabels. In tegenstelling tot Foden et al. (2011) werden, afhankelijk van het type fundering, verschillende ruimtelijke buffers gebruikt voor de windmolenfunderingen. Voor monopiles wordt een buffer van 10 m vooropgesteld, voor gravitaire funderingen een buffer van 12.5 m. De Jacket fundering bestaat uit vier dunne palen met elk een diameter van 2 m. Vier cirkelvormige buffers van 7.5 m werden geopteerd, maar is in QGIS moeilijk te bewerkstelligen. Eén vereenvoudigde buffer van 15 m, wat overeenstemt met eenzelfde fysisch verlies, werd als oplossing genomen. Voor 'Offshore Transformation Stations' (OTS), waar energiekabels samenkomen, werd een identieke buffer van 15 m gehanteerd. Foden et al. (2011) gebruikte een uniforme buffer van 17.5 m voor elk type windmolen. Een buffer van 50 m voor de geulverstoring van de zeebodem werd voorzien in het bouwjaar van de windmolens (Foden et al., 2011; Rees, 2006). Wrakken met gekende dimensies, afkomstig van multibeam bathymetrische technieken, werden gebruikt als maatstaf voor de buffer van alle wrakken, zowel met gekende als ongekende afmetingen. Een gemiddelde diameter van 25 m, buffer 12.5 m, was uiteindelijk de meest representatieve weergave voor wrakken in het BDNZ. Ter vergelijking, buffers voor wrakken in de UK bedraagt 17.5 m (Foden et al., 2011). Een kartering van alle (scheeps)wrakken op basis van multibeam bathymetrie zou in de toekomst een meer representatief beeld moeten geven van dergelijk fysisch verlies en verstoring.

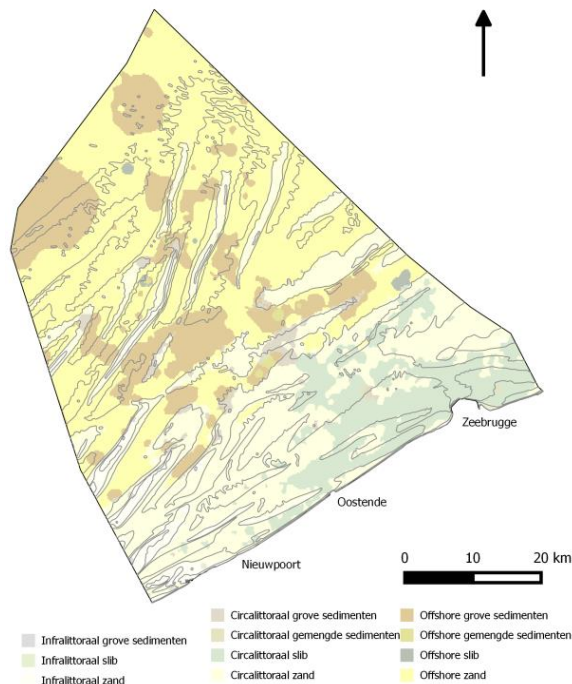
**Tabel 1. Buffers per indicator voor fysisch verlies en fysieke verstoring.**

	Buffer [m]	Referentie
Baggeren en lossen	/	/
Energiekabels (inveld)	0.075	/
Energiekabels (export/reserve)	0.150	/
Energiekabels (grindlaag)	1	/
Energiekabels (geulverstoring)	5	Allan (1998); Carter et al. (2009); Foden et al. (2011)
Extractie van zand	150	Gajewski & Uscinowicz (1993); Foden et al. (2011); Newel et al. (1998)
Meetpalen en radartoren	10	/
Oorlogsmunitie	/	/
Pijpleidingen (grindlaag)	25	Ballard et al. (2014)
Telecommunicatiekabels	0.025	Verfaillie et al. (2005)
Visserij	/	/
Windmolens (monopile)	10	/
Windmolens (gravitaire fundering)	12.5	/
Windmolens (Jacket fundering)	15	/

Windpark (OTS)	15	/
Windmolens (geulverstoring)	50	Foden et al. (2011); Rees (2006)
Wrakken	12.5	Foden et al. (2011); Eastwood et al. (2007)

Polygoondata werden bijgesneden ('geclipped') volgens de delinatie van het BDNZ met een kustbasislijn anno 2012, het begin van de eerste KRMS-cyclus. Overkoepelende polygonen werden in elkaar opgelost ('gedissolved') om geen dubbele telling te veroorzaken. Een geometrische analyse werd uitgevoerd om de oppervlakten in fysisch verlies en fysieke verstoring te kunnen schatten. Voor iedere indicator die fysieke druk veroorzaakt werden zowel numerieke waarden in km<sup>2</sup>, als percentages ten opzichte van het BDNZ (3454,45 km<sup>2</sup>) en ten opzichte van de grootschalige habitattypes (figuur 4 en tabel 2) berekend.

Voor de verspreiding van de grootschalige habitattypes werden de KRMS dominante habitats genomen, zoals gemodelleerd en voor de gehele Noordzee publiekelijk beschikbaar gesteld door het EMODnet Seabed Habitats consortium (2016). Het voorkomen van het substraattypen is echter afkomstig van EMODnet Geology (2016) waarbinnen het KBIN instond voor de kartering. Hiervoor werd de 2016 versie van de database SediCURVE@SEA (Van Lancker, 2009) gebruikt. Op basis van percentages slib, zand en grind, in combinatie met dieptezonatie en golfenergie, werden de volgende habitats gedefinieerd: infralittorale, circalittorale en offshore grove sedimenten, gemengde sedimenten, slibsubstraten en zanden. Infralittorale gemengde sedimenten werden niet gekarteerd in het BDNZ.



Tabel 2. Grootschalige fysieke habitatzones in km<sup>2</sup> en in %.

	km <sup>2</sup>	%
Infralittoraal grove sedimenten	1.56	0.05
Infralitt. gemengde sedimenten	0.00	0.00
Infralittoraal slib	4.68	0.14
Infralittoraal zand	121.84	3.53
Circalittoraal grove sedimenten	71.25	2.06
Circalittoraal gemengde sedimenten	4.23	0.12
Circalittoraal slib	390.74	11.32
Circalittoraal zand	980.16	28.39
Offshore grove sedimenten	516.73	14.97
Offshore gemengde sedimenten	8.11	0.23
Offshore slib	10.54	0.31
Offshore zand	1342.92	38.89
<b>Totaal</b>	<b>3324.70</b>	<b>100.00</b>

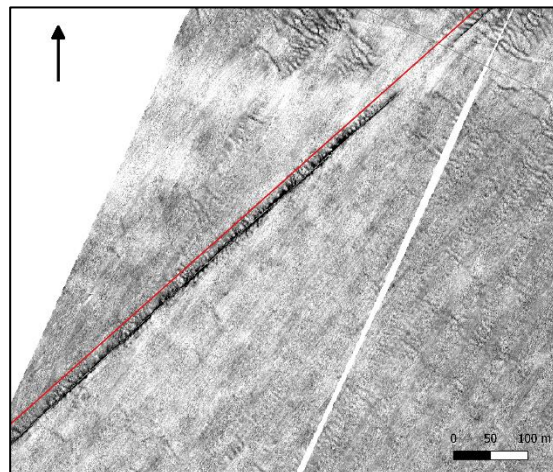
Figuur 4. Grootschalige fysieke habitatzones (EMODnet Seabed Habitats initiative, 2016).

### Bepalen van het confidentieniveau van de data

Zoveel mogelijk brongegevens (documenten, shapefiles, coördinaten) werden verzameld van de bevoegde instanties per menselijke activiteit (tabel 20, zie Bronnen). Soms werden shapefiles ter beschikking gesteld (baggeren en lossen van gebaggerd materiaal), soms EMS data die door de instantie op kwaliteit waren gecontroleerd (mariene aggregaatextractie). Aan dergelijke data werd het hoogste confidentieniveau 1 toegewezen. Data over energiekabels en windmolens komen rechtstreeks van officiële documenten beheerd door de BMM. Desondanks schommelt het confidentieniveau van de energiekabels tussen 1 (officiële coördinaten) en 2 (officiële voorafgaande indicaties weergegeven in de aanvraagprocedure). Het merendeel van de meetpalen komt uit het MRP, waarvan de locaties goed gekend zijn. Een lagere confidentie werd gegeven aan data die niet precies de activiteit weergeven. De oorlogsmunitie krijgt een betrouwbaarheidsniveau 3, aangezien met een omhullende polygoon van de munitiestortplaats werd gewerkt en geen exacte locaties van de munitie gekend is. Voor pijpleidingen en telecommunicatiekabels zijn officiële shapefiles in acht genomen, echter werden op bepaalde locaties afwijkingen van ongeveer 15 m waargenomen ten opzichte van nieuw ingemeten multibeam-data (figuur 5). Dit kan te maken hebben met onnauwkeurige positiegegevens, doch op bepaalde plaatsen zijn de pijpleidingen ook onderhevig aan natuurlijke bewegingen. In zijn algemeenheid wordt daarom een tweede confidentieniveau toegekend. Voor de visserijgegevens zijn shapefiles, bestaande uit grids van 3.5 km x 5.5 km (0.05° x 0.05°), overgenomen van de OSPAR Intermediaire Evaluatie. Een preciese inschatting van de fysische verstoring door bodemberoerende visserijtechnieken was niet mogelijk. Het laagste confidentieniveau 3 is toegewezen. Positionering van (scheeps)wrakken werd overgenomen van officiële websites van de Vlaamse Overheid, niet tegenstaande werd een gemiddelde buffer genomen in plaats van de effectieve dimensies, dewelke niet altijd beschikbaar waren: betrouwbaarheidsniveau 2 (Tabel 3).

Tabel 3. Confidentie per indicator.

	Confidentie
Baggeren en lossen	1
Energiekabels	1-2
Extractie van zand	1
Meetpalen en radartoren	1-2
Oorlogsmunitie	3
Pijpleidingen	2
Telecommunicatiekabels	2
Visserij	3
Windmolens	1
Wrakken	2



Figuur 5. Offset pijpleidingen van 15 m tussen officiële shapefiles (rood) en multibeam backscatter data (zwart). Hier wellicht te wijten aan onnauwkeurige positioneringsgegevens.

## Resultaten

### *Bepalen van het fysisch verlies*

Meetpalen en radartorens, pijpleidingen, beschermende grindlagen inclusief, telecommunicatie- en energiekabels, windmolens en (scheeps)wrakken worden voor België geklasseerd als fysisch verlies van de zeebodem (figuur 8). Het fysisch verlies wordt zowel bepaald in oppervlaktematen (in km<sup>2</sup>) als in percentages ten opzichte van het gehele BDNZ (3454,45 km<sup>2</sup>) (tabel 4 en 6), als ten opzichte van de grootschalige habitatzones (tabel 5 en 7).

Gedurende 2011 tot en met 2016 zijn geen extra meetpalen of radartorens geïnstalleerd, waardoor het fysisch verlies constant bleef op 2472 m<sup>2</sup> (0.00 km<sup>2</sup>). Beschermende grindlagen, geplaatst over de gaspijpleidingen begin jaren '90, zorgt voor een extra verlies van 0.23 % van het initieel zeebodemsubstraat, hetgeen overeenkomt met een verlies van 8.08 km<sup>2</sup>. Dit heeft het meest effect op de circalittorale en offshore zanden met een respectievelijke daling van ongeveer 1.90 km<sup>2</sup> (- 0.20 %) en ongeveer 4.00 km<sup>2</sup> (- 0.30 %); de slibsubstraten met infralittoraal een verlies van 0.04 km<sup>2</sup> (- 0.95 %), circalittoraal 1.20 km<sup>2</sup> (- 0.31 %) en offshore 0.08 km<sup>2</sup> (- 0.79 %); én de grove offshore sedimenten met een verlies van 1.16 km<sup>2</sup> (- 0.22 %). De verliezen te wijten aan het voorkomen van oude, 20<sup>e</sup>-eeuwse telecommunicatiekabels en het leggen van nieuwe energiekabels voor windmolenparken zorgen in 2016 voor een respectievelijk substraatverlies van 46868 m<sup>2</sup> (0.05 km<sup>2</sup>) en 78820 m<sup>2</sup> (0.08 km<sup>2</sup>). Voor energiekabels is dit een stijging t.o.v. 2011, van 0.04 km<sup>2</sup> naar de reeds vermelde 0.08 km<sup>2</sup>. Percentueel zijn dergelijke waarden nagenoeg verwaarloosbaar, zowel voor het totaal verlies als voor de verliezen per grootschalige fysische habitatzones. Net als voor de pijpleidingen zijn in bepaalde stroken beschermende grindlagen voorzien bovenop de energiekabels. Windmolens anno 2011 zorgden voor een verlies van 37970 m<sup>2</sup> (0.04 km<sup>2</sup>) in zeebodemsubstraat, hetgeen toenam naar 94443 m<sup>2</sup> (0.09 km<sup>2</sup>) in 2016. Wrakken in het BDNZ impliceren een totaal verlies van 0.17 km<sup>2</sup>. Het hedendaags totaal fysisch verlies bedraagt 8.49 km<sup>2</sup>, hetgeen 0.25 % inneemt van het totale BDNZ.

Het fysisch verlies in het BDNZ is voor meer dan 95 % het gevolg van de grindlagen over de gaspijpleidingen (figuur 6). De overige indicatoren (meetpalen en radartoren, telecommunicatie- en energiekabels met bijhorende grindlagen, windmolens en wrakken) zorgen voor de resterende percentages van het totaal fysisch verlies. In habitattypes uitgedrukt, is bijna de helft van het totaal fysisch verlies te vinden in de offshore zanden, 14 % in offshore grove sedimenten, 22 à 23 % in circalittoraal zand en 14 % in circalittoraal slib (figuur 7). De resterende habitattypes leiden in verhouding een beperkt fysisch verlies ( $\leq 1$  %).



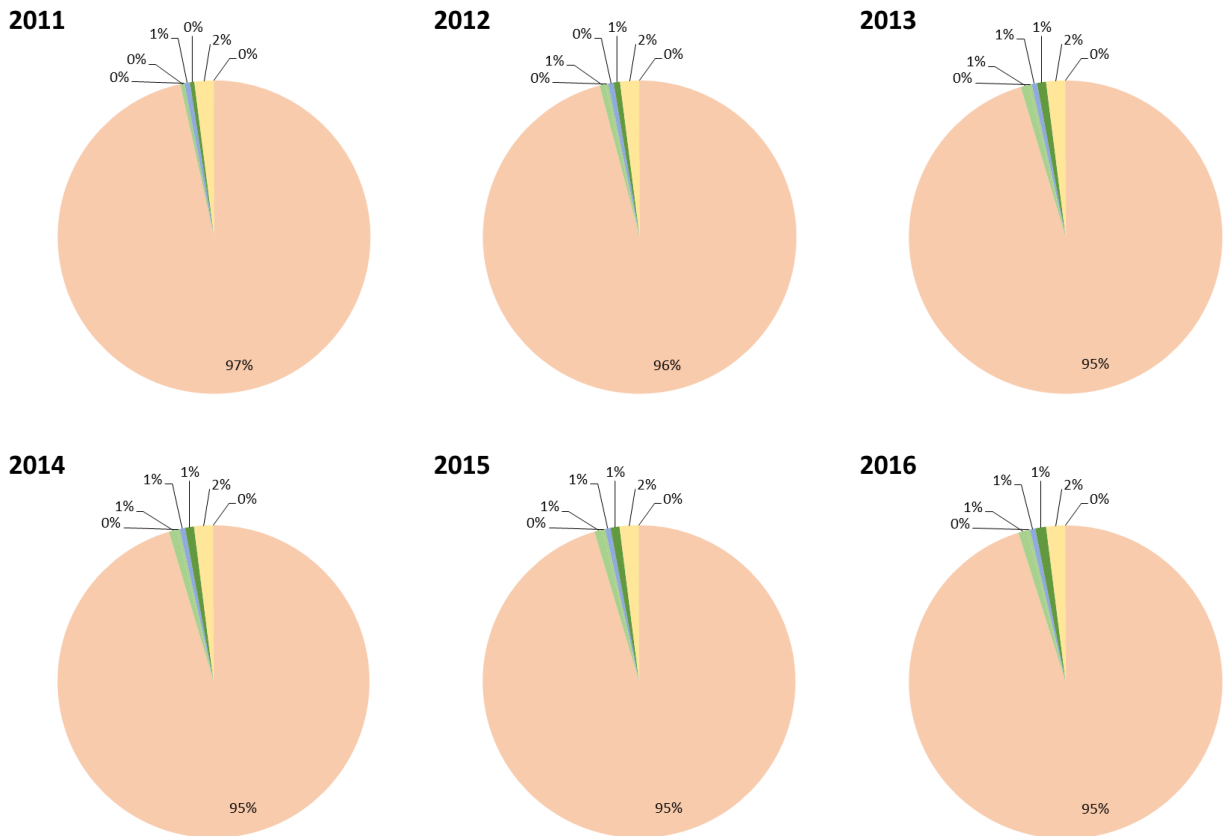
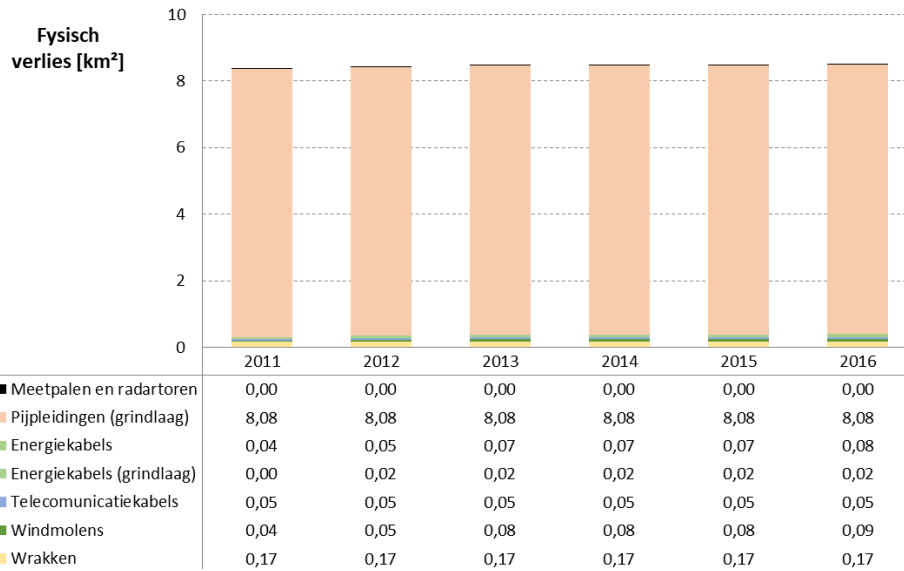
**Tabel 4. Cumulatief fysisch verlies per activiteit in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Meetpalen en radartoren	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pijpleidingen (grindlaag)	8.08	0.23	8.08	0.23	8.08	0.23	8.08	0.23	8.08	0.23	8.08	0.23
Energiekabels	0.04	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00
Energiekabels (grindlaag)	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
Telecommunicatiekabels	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00
Windmolens	0.04	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.09	0.00
Wrakken	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00
Totaal	8.37	0.24	8.43	0.24	8.47	0.25	8.47	0.25	8.47	0.25	8.49	0.25

**Tabel 5. Cumulatief fysisch verlies per grootschalige habitatzones in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

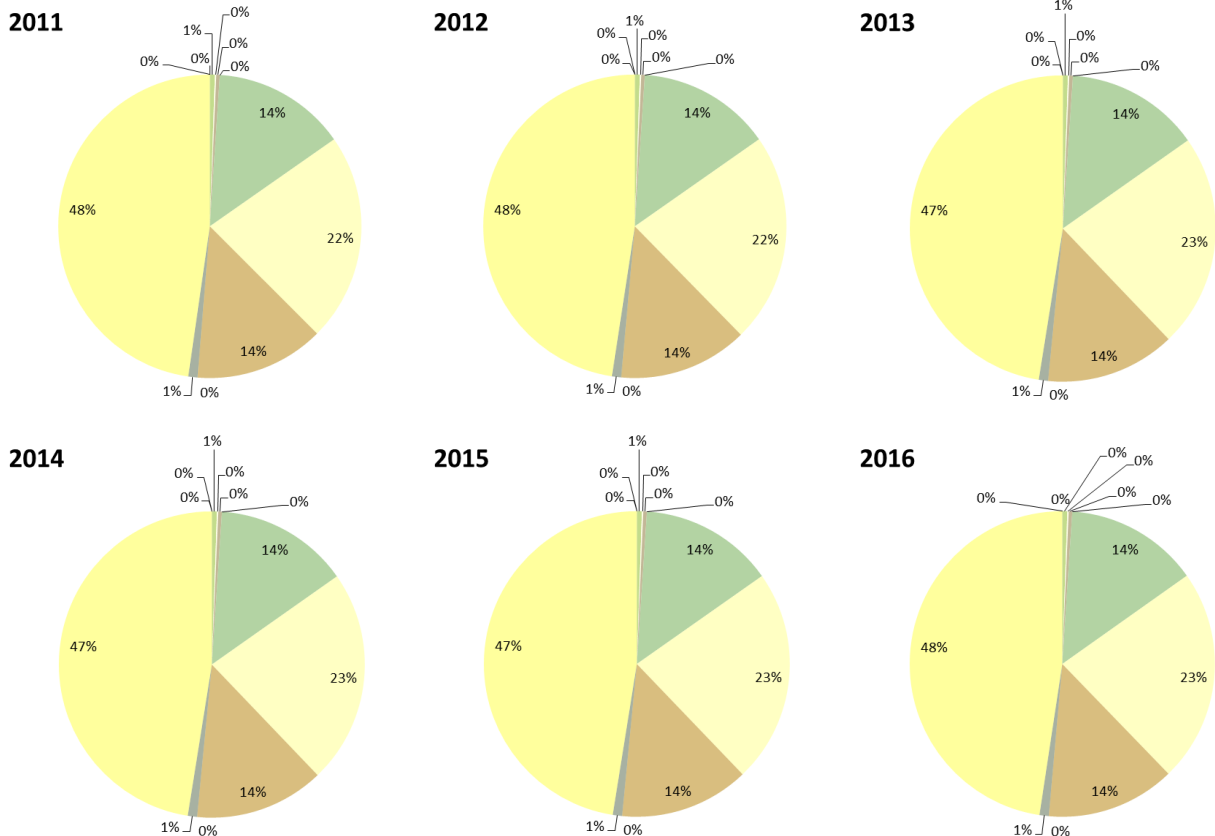
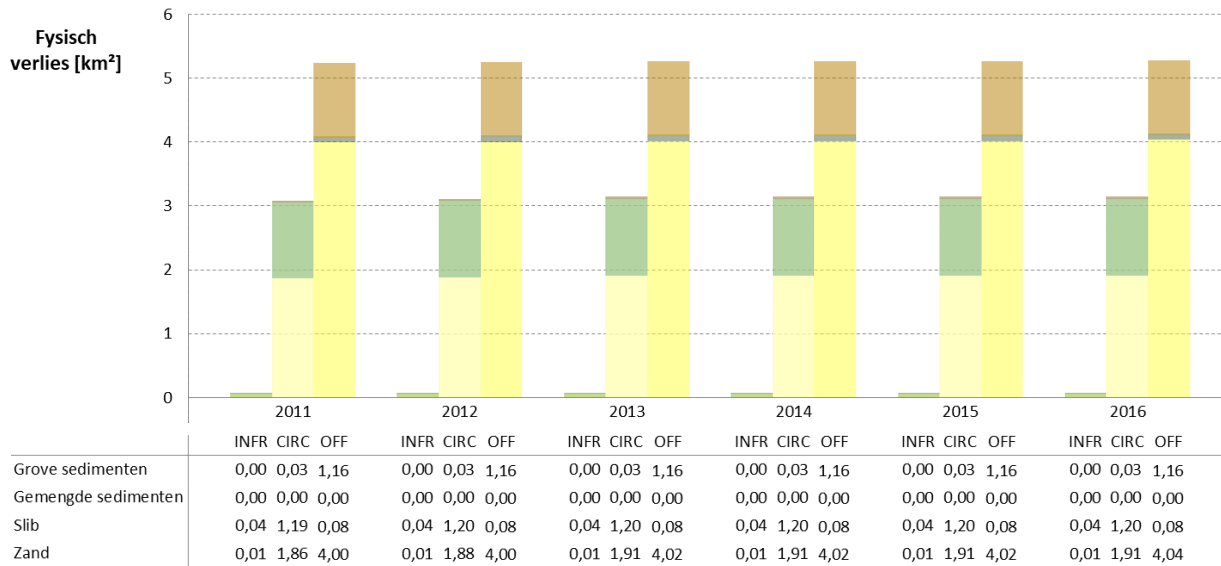
	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Infralittoraal grove sedimenten	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04
Infralit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal slib	0.04	0.95	0.04	0.95	0.04	0.95	0.04	0.95	0.04	0.95	0.04	0.95
Infralittoraal zand	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Circalittoraal grove sedimenten	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04
Circalit. gemengde sedimenten	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Circalittoraal slib	1.19	0.31	1.20	0.31	1.20	0.31	1.20	0.31	1.20	0.31	1.20	0.31
Circalittoraal zand	1.86	0.19	1.88	0.19	1.91	0.20	1.91	0.20	1.91	0.20	1.91	0.20
Offshore grove sedimenten	1.16	0.22	1.16	0.22	1.16	0.22	1.16	0.22	1.16	0.22	1.16	0.22
Offshore gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore slib	0.08	0.79	0.08	0.79	0.08	0.79	0.08	0.79	0.08	0.79	0.08	0.79
Offshore zand	4.00	0.30	4.00	0.30	4.02	0.30	4.02	0.30	4.02	0.30	4.04	0.30

Tabel 6. Cumulatief fysisch verlies per activiteit in km<sup>2</sup> in het BDNZ (2011-2016).

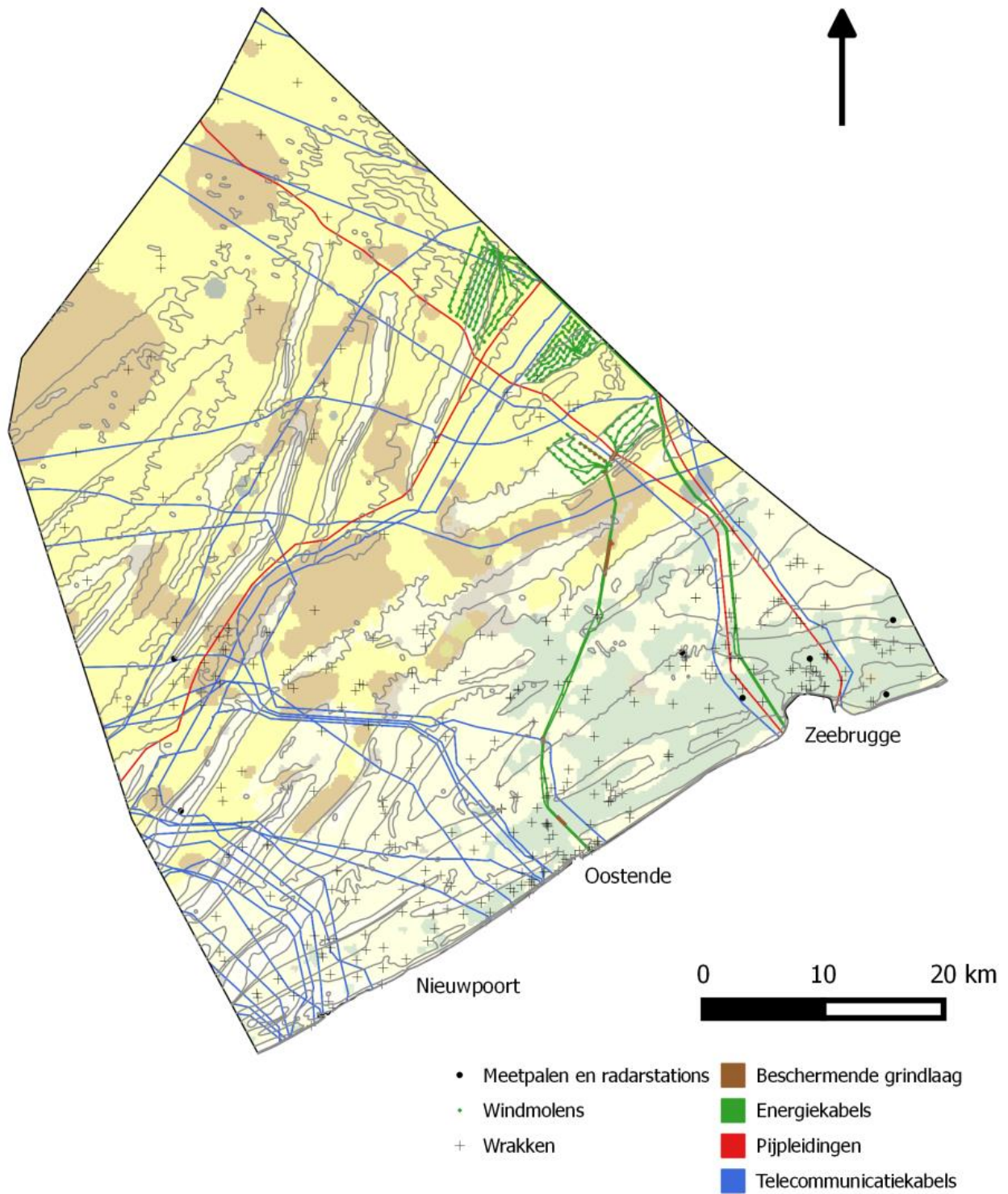


Figuur 6. Fysisch verlies per activiteit in het BDNZ (2011-2016).

Tabel 7. Cumulatief fysisch verlies in km<sup>2</sup> in de infralittorale, circalittorale en offshore zone van het BDNZ (2011-2016)



Figuur 7. Fysisch verlies per grootschalige habitatzones in het BDNZ (2011-2016).



Figuur 8. Verspreiding van menselijke activiteiten die tot fysisch verlies leiden (2011-2016) (niet op schaal).

### Bepalen van de fysische verstoring

Fysische verstoring wordt in het BDNZ vooral veroorzaakt door het baggeren en lossen van gebaggerd materiaal, de zandwinning, de installatie van windmolenparken en bijhorende kabellegging, en door bodemberoerende visserijtechnieken (figuur 12). De munitiestortplaats 'Paardenmarkt' wordt ook beschouwd als fysische verstoring van de zeebodem.

Baggeren gebeurt jaarlijks in de gekende scheepvaartroutes richting Belgische zeehavens en de Scheldehavens. Het lossen van gebaggerd materiaal gebeurt elk jaar in vooraf vastgelegde baggerstortzones, zoals opgenomen in het MRP. Het jaar 2011 was een belangrijk baggerjaar waarbij over een gebied van 17.19 km<sup>2</sup> sediment werd weggenomen. In de opeenvolgende jaren was deze hoeveelheid aanzienlijk minder met een halvering van de fysische verstoringen in de baggerzones als gevolg, van 0.50 % naar 0.20 à 0.25 % (tabel 8). Het lossen van gebaggerd species was bijgevolg ook hoger voor het jaar 2011, nl. 8.02 km<sup>2</sup>. Loszones 1, 2 en 3 zijn na 2011 voor de helft minder verstoord; loszone 5 en de oude loszones nabij de kust van Blankenberge (loszone X) werden zelfs helemaal niet meer in gebruik genomen. Voor loszone 3 was geen omhullende polygoon beschikbaar in het jaar 2015. De zeebodensubstraten die worden verstoord door het baggeren en lossen bevinden zich in de circalittorale zone (tabel 9). Ongeveer 2 à 5 % van de gemengde sedimenten en slib, respectievelijk 0.12 tot 0.19 km<sup>2</sup> en 8 tot 19 km<sup>2</sup>. Niet tegenstaande zijn deze verstoringen gedaald onder de 2 % anno 2016; voor gemengde sedimenten naar 0.05 km<sup>2</sup> (1.19 %) en voor de slibs substraten naar 7.00 km<sup>2</sup> (1.79 %). De verstoorde oppervlaktes voor circalittorale zanden bevinden zich tussen de 2 en 6 km<sup>2</sup>, hetgeen een verstoring impliceert tussen 0.30% en 0.60 %. In het jaar 2011 werden de circalittorale slibs substraten en zanden dubbel zoveel verstoord als de jaren die volgden. Infralittorale zanden en circalittorale grove sedimenten hebben in bepaalde jaren een minimale verstoring.

**Tabel 8. Jaarlijks fysische verstoring door het baggeren en lossen van gebaggerd materiaal per bagger- en loszone in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Baggerzone	17.19	0.50	8.81	0.26	8.04	0.23	6.70	0.19	9.08	0.26	6.89	0.20
Loszone 1	3.07	0.09	1.30	0.04	1.40	0.04	1.54	0.04	2.24	0.06	1.51	0.04
Loszone 2	2.38	0.07	1.80	0.05	0.94	0.03	1.31	0.04	1.44	0.04	0.70	0.02
Loszone 3	1.03	0.03	0.38	0.01	0.53	0.02	0.58	0.02	/	/	0.30	0.01
Loszone 4	1.19	0.03	0.98	0.03	0.83	0.02	0.94	0.03	0.61	0.02	0.46	0.01
Loszone 5	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Loszone X	0.28	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Reserve Loszone	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Loszones (totaal)	8.02	0.23	4.47	0.13	4.11	0.12	4.38	0.13	4.28	0.12	2.98	0.09
Totaal	25.21	0.73	13.28	0.38	12.15	0.35	11.08	0.32	13.36	0.39	9.87	0.29

**Tabel 9. Jaarlijks fysieke verstering door het baggeren en lossen van gebaggerd materiaal per grootschalige habitatzones in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Infralittoraal grove sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal slib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal zand	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal grove sedimenten	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.13	0.18	0.05	0.07
Circalit. gemengde sedimenten	0.19	4.60	0.15	3.66	0.12	2.87	0.18	4.32	0.12	2.83	0.05	1.19
Circalittoraal slib	19.06	4.88	9.82	2.51	9.16	2.35	8.04	2.06	9.48	2.43	7.00	1.79
Circalittoraal zand	5.87	0.60	3.30	0.34	2.85	0.29	2.84	0.29	3.62	0.37	2.76	0.28
Offshore grove sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore slib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore zand	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

In het BDNZ zijn vier zones, opgenomen in het MRP, open voor de extractie van mariene zanden. Deze zandwinning is gebonden aan wettelijke restricties, mede de fysieke verstering in te perken. Extractiezone 1 kenmerkt een continue en jaarlijkse fysieke verstering van 25 à 30 km<sup>2</sup>, wat overeenkomt met 0.75 à 0.90 % van de totale oppervlakte van het BDNZ. Eveneens was extractiezone 2 gedurende de eerste KRMS-cyclus van 2011 tot en met 2016 jaarlijks geopend voor zandwinning. Versteringen nabij de Kwintebank (2kb) schommelen tussen 4.5 en 7.5 km<sup>2</sup>, 0.13 en 0.22 %. De verstering in de 'Buitenratel'-zone (2br) is quasi gehalveerd, van 22.18 km<sup>2</sup> (0.64 %) naar 11.50 km<sup>2</sup> (0.33%), in tegenstelling tot het gebied nabij de Oostdyck die bijna verdubbeld is, van 5.83 km<sup>2</sup> (0.17 %) naar 10.30 km<sup>2</sup> (0.30 %). In 2011 werd de derde extractiezone (Sierra Ventana) voor het eerst in gebruik genomen (7.14 km<sup>2</sup>; 0.21 %). Na een braakliggend jaar 2012, is er een continue verstering van ongeveer 9 km<sup>2</sup> (ongeveer 0.25 %) vastgesteld sinds 2013. Vanaf 2012 is extractiezone 4 (Hinderbanken) verkent voor de ontginning van industrieel zand, maar wordt vooral ontgonnen voor strandsuppleties. Een totale fysieke verstering over alle extractiezones voor de periode van 2011 tot en met 2016 stemt overeen met een oppervlakte van 65 tot 95 km<sup>2</sup>, hetgeen een fysieke verstering impliceert van 1.93 tot 2.69 % van het BDNZ (tabel 10). Infralittorale en circalittorale grove sedimenten en zanden worden verstoord door de aggregaatextractie in het Belgisch zeegebied. Ongeveer 2 tot 10 % (0.03 tot 0.17 km<sup>2</sup>) van de grove sedimenten infralittoraal worden jaarlijks verstoord, circalittoraal bedraagt dit 7 tot 10 % (5 tot 7 km<sup>2</sup>). In 2016 is de verstering van grove infralittorale sedimenten drastisch gestegen. Voor de zanden bedraagt de fysieke verstering infralittoraal tussen de 2.5 en 4 km<sup>2</sup> (2 à 3 %) en circalittoraal tussen de 45 en 65 km<sup>2</sup> (5 à 6 %). Dezelfde substraten offshore worden eveneens fysiek verstoord (< 1 %): offshore grove sedimenten tussen de 1 en 5 km<sup>2</sup>, offshore zanden tussen 2 en 10 km<sup>2</sup>. In 2011 krijgt men een verstering in het circalittoraal slib (1.19 km<sup>2</sup>, 0.31 %), hetgeen zich verder zet vanaf 2013 tot het einde van de cyclus in 2016. De verstering is echter minder dan 1 %, hetgeen overeenkomt met ongeveer 2.5 km<sup>2</sup>. Offshore gemengde sedimenten en slibsubstraten ondervinden gedurende de

periode 2011 tot en met 2016 variërende fysische verstoringen, veelal geringe waarden, soms waarden dat een verstoring van meer dan 1 % van de gebieden impliceert (tabel 11).

**Tabel 10. Jaarlijks fysische verstoring door zandwinning per extractiezone in km<sup>2</sup> en in % in BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Extractiezone 1a	25.50	0.74	25.71	0.74	28.96	0.84	28.54	0.83	29.39	0.85	31.20	0.90
Extractiezone 2kb	6.02	0.17	5.75	0.17	5.78	0.17	4.55	0.13	7.67	0.22	5.00	0.14
Extractiezone 2br	22.18	0.64	20.68	0.60	22.21	0.64	15.81	0.46	18.59	0.54	11.50	0.33
Extractiezone 2od	5.83	0.17	5.80	0.17	5.55	0.16	5.61	0.16	7.94	0.23	10.30	0.30
Extractiezone 3	7.14	0.21	0.00	0.00	9.27	0.27	9.38	0.27	9.08	0.26	9.07	0.26
Extractiezone 4a	0.00	0.00	5.31	0.15	5.80	0.17	0.00	0.00	1.29	0.04	1.33	0.04
Extractiezone 4b	0.00	0.00	1.49	0.04	6.25	0.18	1.22	0.04	9.26	0.27	0.00	0.00
Extractiezone 4c	0.00	0.00	8.85	0.26	9.26	0.27	10.12	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00
Extractiezone 4d	0.00	0.00	0.51	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totaal	66.67	1.93	74.11	2.15	93.08	2.69	75.22	2.18	83.21	2.41	68.39	1.98

**Tabel 11. Jaarlijks fysische verstoring door zandwinning per grootschalige habitatzones in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Infralittoraal grove sedimenten	0.03	2.22	0.06	3.90	0.04	2.56	0.03	1.67	0.06	3.61	0.17	10.86
Infralit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal slib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal zand	3.30	2.71	3.95	3.24	3.50	2.88	2.81	2.31	3.14	2.58	3.06	2.52
Circalittoraal grove sedimenten	5.71	8.01	7.16	10.04	6.91	9.70	5.02	7.04	5.77	8.10	5.36	7.53
Circalit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal slib	1.19	0.31	0.00	0.00	2.67	0.68	2.55	0.65	2.32	0.59	2.37	0.61
Circalittoraal zand	52.29	5.34	53.95	5.50	66.57	6.79	54.66	5.58	61.01	6.22	45.36	4.63
Offshore grove sedimenten	1.36	0.26	2.33	0.45	3.10	0.60	2.88	0.56	2.89	0.56	4.82	0.93
Offshore gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.03	0.41	0.13	1.56	0.00	0.00	0.04	0.47	0.28	3.43
Offshore slib	0.00	0.01	0.00	0.00	0.30	2.83	0.07	0.68	0.04	0.35	0.04	0.42
Offshore zand	2.78	0.21	6.63	0.49	9.86	0.73	7.21	0.54	7.94	0.59	6.92	0.52



Het leggen van energiekabels voor offshore windmolenparken creëert een tijdelijke fysieke verstoring van de lokale sedimenten. Zowel per windmolenzone (tabel 12), als per grootschalige fysieke habitatzone (tabel 13) zijn deze verstoorde oppervlaktes percentueel gelimiteerd met neiging naar nul. De bouw van windmolens en hun funderingen hebben tevens heel geringe oppervlaktewaarden en percentages per windmolenzone (tabel 14) en per habitatzone (tabel 15).

**Tabel 12. Jaarlijks fysieke verstoring door het leggen van energiekabels per windmolenzone en per type kabel in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Belwind Exportkabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Belwind In-veldkabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Belwind Reservekabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-Power Exportkabel	0.00	0.00	0.35	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-Power In-veldkabel	0.27	0.01	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-Power Reservekabel	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nobelwind Exportkabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nobelwind In-veldkabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.01
Nobelwind Reservekabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Northwind Exportkabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Northwind In-veldkabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Northwind Reservekabel	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totaal	0.27	0.01	0.60	0.02	0.91	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.01

**Tabel 13. Jaarlijks fysieke verstoring door het leggen van energiekabels per grootschalige habitatzone in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Infralittoraal grove sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal slib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal zand	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal grove sedimenten	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal slib	0.00	0.00	0.10	0.03	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal zand	0.25	0.03	0.36	0.04	0.49	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Offshore grove sedimenten	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore slib	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore zand	0.01	0.00	0.05	0.00	0.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.03



**Tabel 14. Jaarlijks fysieke verstering door de installatie van windmolens per windmolenzone en per type fundering in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

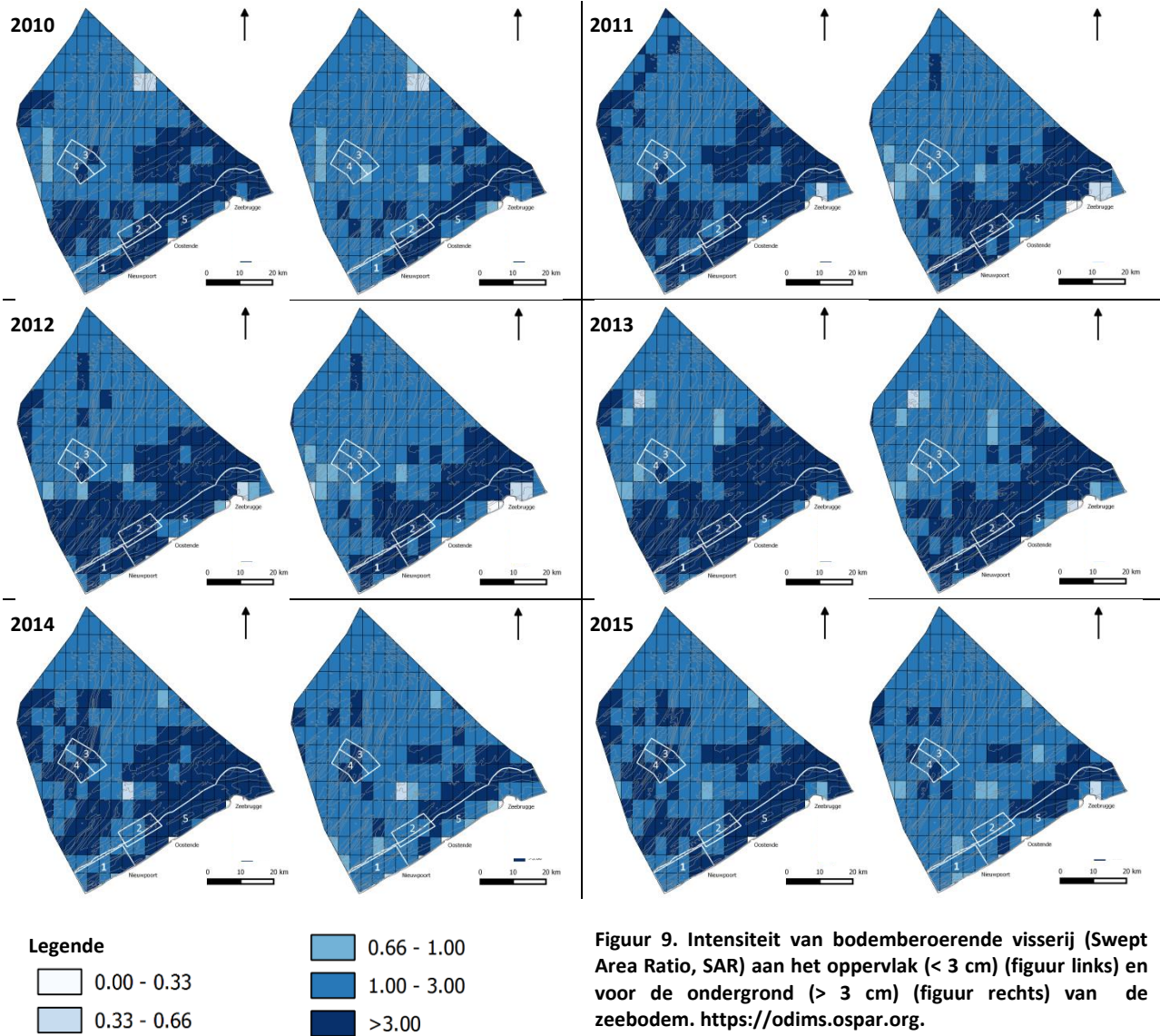
	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Belwind Monopile	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Belwind OTS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-Power Gravitaire Fundering	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-Power Jacket Fundering A	0.00	0.00	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-Power Jacket Fundering B	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C-Power OTS	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Haliade Jacket Fundering	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nobelwind Monopile	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.01
Nobelwind OTS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Northwind Monopile	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Northwind OTS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totaal	0.19	0.01	0.19	0.01	0.57	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.01

**Tabel 15. Jaarlijks fysieke verstering door de installatie van windmolens per grootschalige habitatzone in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Infralittoraal grove sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal slib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal zand	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal grove sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalit. gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal slib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Circalittoraal zand	0.19	0.02	0.17	0.02	0.45	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Offshore grove sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore gemengde sedimenten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore slib	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Offshore zand	0.00	0.00	0.02	0.00	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.03

De volledige afgebakende zone van de 'Paardenmarkt', met een oppervlakte van 3.03 km<sup>2</sup> en een perimeter van 6.95 km, werd beschouwd als fysieke verstering. De aanwezigheid van oorlogsmunitie, met de mogelijkheid van het lekken van gifgasgranaten, valt ruimtelijk samen met infralittoraal (0.48 km<sup>2</sup>; 10.29 %), en circalittoraal (2.55 km<sup>2</sup>; 0.65 %) slib.

Uit de OSPAR-intensiteitsrapporten blijkt het volledig BDNZ (100 %) onderhevig te zijn aan bodemberoerende visserijtechnieken (figuur 9). Gezien slechts datagrids met een resolutie van 3.5 km x 5.5 km (0.05° x 0.05°) ter beschikking waren, was een inschatting van het aantal vierkante kilometers niet mogelijk, noch een gedetailleerde kaart van de fysieke verstoring.



Vanuit een totaalbeeld kan worden besloten dat baggeren, het lossen van gebaggerd species en de zandontginning het grootste aandeel hebben in de fysische verstoring in het BDNZ, bodemberoerende visserij niet meegerekend. De munitiestortplaats 'Paardenmarkt', het leggen van energiekabels en de installatie van windmolens verstoren slechts minimaal de zeebodem, althans op basis van de huidige analyse binnen de eerste KRMS-cyclus van 2011 tot en met 2016 (figuur 12). De fysische verstoring is bepaald in oppervlaktematen (in km<sup>2</sup>), in percentages ten opzichte van het gehele BDNZ (3454.45 km<sup>2</sup>) (tabel 16 en 18) en ten opzichte van de grootschalige habitatzones (tabel 17 en 19).

De grootste gevolgen heeft dit voor de infralittorale en circalittorale zone. Infralittoraal gemengde sedimenten zijn niet gekarteerd in het BDNZ, 1 à 5 % (0.05 tot 0.19 km<sup>2</sup>) van de circalittorale zijn in deze eerste KRMS-periode verstoord en offshore is dergelijke fysische verstoring slechts fragmentair aanwezig in 2013 (0.13 km<sup>2</sup>; 1.56 %) en 2016 (0.28 km<sup>2</sup>; 3.43 %). Grove sedimenten, zowel infralittoraal (tot 0.17 km<sup>2</sup>) als circalittoraal (tot 7.18 km<sup>2</sup>), zijn ruimtelijk tot 10 % van hun totale oppervlakte verstoord, offshore is dit beperkt tot maximaal 1 %. Slibsubstraten worden percentueel meer dan het dubbele verstoord in het infralittoraal (10 %; 0.50 km<sup>2</sup>) t.o.v. het circalittoraal (3 tot 6 %; 10 tot 20 km<sup>2</sup>); offshore is dit onder de 1 %, behalve in 2013 (3 %; 0.32 km<sup>2</sup>). De zanden vertonen een infralittorale fysische verstoring van 2.5 tot 4 km<sup>2</sup> (2 tot 3 %), circalittoraal is dit in de grootteorde van 50 tot 70 km<sup>2</sup> (5 tot 7 %). Offshore is de verstoring minimaal, kleiner dan 1 %, of uitgedrukt in oppervlaktematen tussen de 2 en 10 km<sup>2</sup>. De ruimtelijke verstoring door bodemberoerende visserijtechnieken was niet mogelijk om te verrekenen op basis van de verkregen data.

Het extraheren van zand was in 2011 goed voor 70 % van de toenmalige totale fysische verstoring in het BDNZ, voor het baggeren en lossen van gebaggerd materiaal was dit 27 %. Na 2011 is deze verhouding gewijzigd. De baggerwerken namen nog slechts 11 tot 15 % van de totale verstoring in beslag, terwijl dit voor de extractie van zand opliep tot 81 à 85 %. De 'Paardenmarkt' neemt 3 % van de totale verstoring voor zijn rekening. Het leggen van energiekabels en de installatie van windmolens is in verhouding beperkt ( $\leq 1$  %) (figuur 10). Het grootste deel van de fysische verstoring in het BDNZ doet zich voor in het circalittoraal zand, 59 tot 65 % van de totale verstoring. Circalittorale grove sedimenten en infralittorale zanden zorgen voor respectievelijk 6 à 8 % en 3 à 4 % van de totale fysische verstoring. Offshore grove sedimenten en zanden, en circalittorale slibsubstraten bepalen 3 tot 6 %, 7 tot 10 % en 13 tot 15 % van de totale fysische verstoring, hetgeen in 2011 nog respectievelijk 1 %, 3 % en 24 % was (figuur 11).

**Tabel 16. Jaarlijks fysische verstering per activiteit in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Baggeren en lossen	25.21	0.73	13.28	0.38	12.15	0.35	11.08	0.32	13.36	0.39	9.87	0.29
Extractie van zand	66.67	1.93	74.11	2.15	93.08	2.69	75.22	2.18	83.21	2.41	68.39	1.98
Energiekabels	0.27	0.01	0.60	0.02	0.91	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.01
Paardenmarkt	3.03	0.09	3.03	0.09	3.03	0.09	3.03	0.09	3.03	0.09	3.03	0.09
Visserij	BDNZ	-	BDNZ	-	BDNZ	-	BDNZ	-	BDNZ	-	BDNZ	-
Windmolens	0.19	0.01	0.19	0.01	0.57	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.01
Totaal	95.38	2.76	91.20	2.64	109.74	3.18	89.33	2.59	99.60	2.88	82.09	2.38

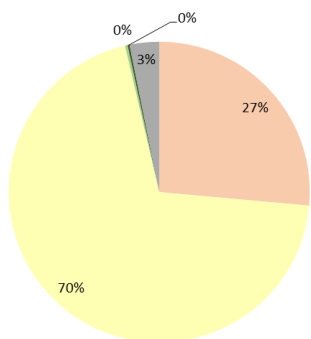
**Tabel 17. Jaarlijks fysische verstering per grootschalige habitatzones in km<sup>2</sup> en in % in het BDNZ (2011-2016).**

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Infralit. grove sed.	0.03	2.22	0.06	3.90	0.04	2.56	0.03	1.67	0.06	3.61	0.17	10.86
Infralit. gemengde sed.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Infralittoraal slib	0.48	10.29	0.48	10.29	0.49	10.36	0.48	10.29	0.48	10.29	0.48	10.29
Infralittoraal zand	3.36	2.76	3.95	3.24	3.50	2.88	2.81	2.31	3.14	2.58	3.06	2.52
Circalit. grove sed.	5.74	8.05	7.18	10.08	6.92	9.71	5.03	7.06	5.90	8.27	5.41	7.60
Circalit. gemengde sed.	0.19	4.60	0.15	3.66	0.12	2.87	0.18	4.32	0.12	2.83	0.05	1.19
Circalittoraal slib	22.80	5.84	12.47	3.19	14.49	3.71	13.13	3.36	14.35	3.67	11.92	3.05
Circalittoraal zand	58.61	5.98	57.78	5.89	70.36	7.18	57.50	5.87	64.63	6.59	48.15	4.91
Offshore grove sed.	1.36	0.26	2.39	0.46	3.10	0.60	2.88	0.56	2.89	0.56	4.82	0.93
Offshore gemengde sed.	0.00	0.00	0.03	0.41	0.13	1.56	0.00	0.00	0.04	0.47	0.28	3.43
Offshore slib	0.00	0.01	0.00	0.02	0.32	2.99	0.07	0.68	0.04	0.35	0.04	0.42
Offshore zand	2.79	0.21	6.69	0.50	10.27	0.76	7.21	0.54	7.94	0.59	7.69	0.57

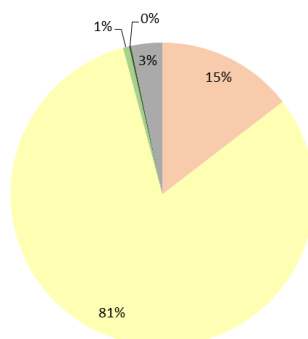
Tabel 18. Jaarlijkse fysieke verstering per activiteit in km<sup>2</sup> in het BDNZ (2011-2016).



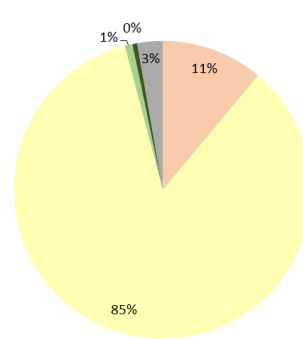
2011



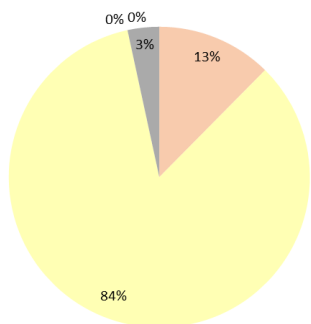
2012



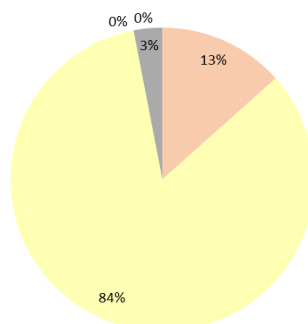
2013



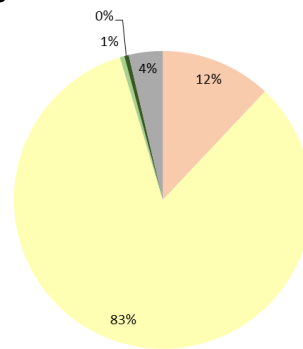
2014



2015

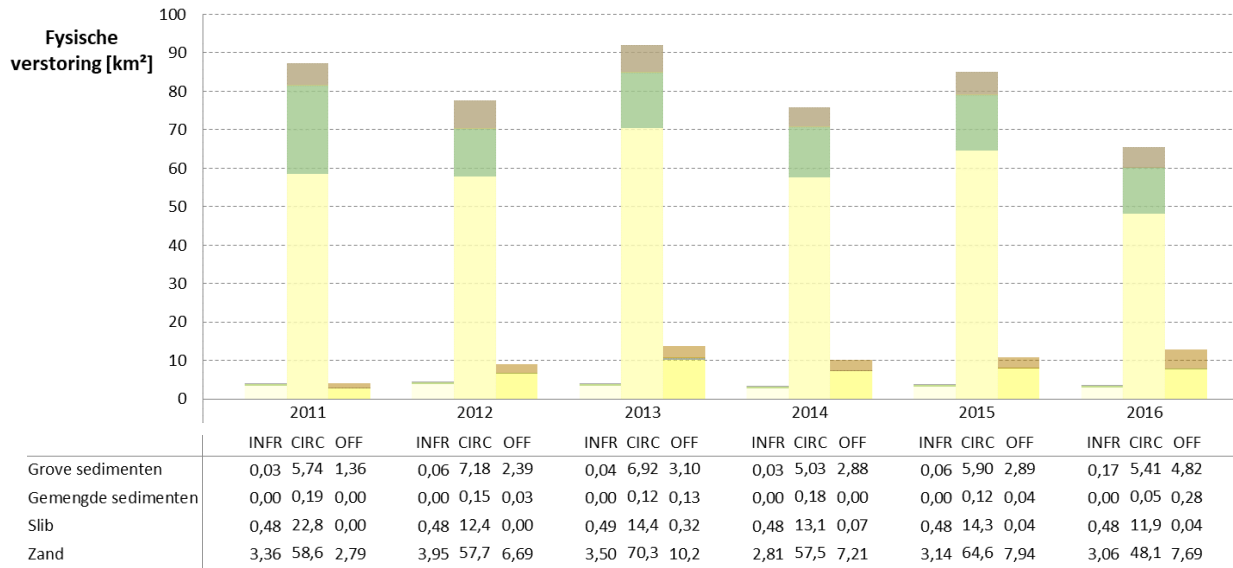


2016

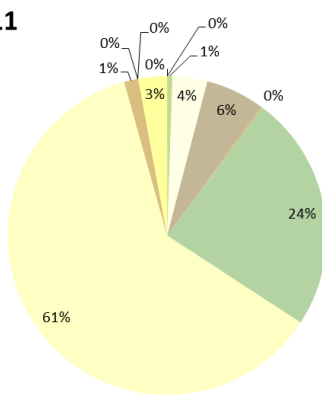


Figuur 10. Fysieke verstering per activiteit in het BDNZ (2011-2016).

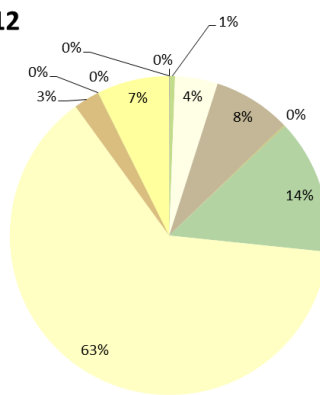
Tabel 19. Jaarlijkse fysieke verstering in km<sup>2</sup> in de infralittorale, circalittorale en offshore zone van het BDNZ (2011-2016).



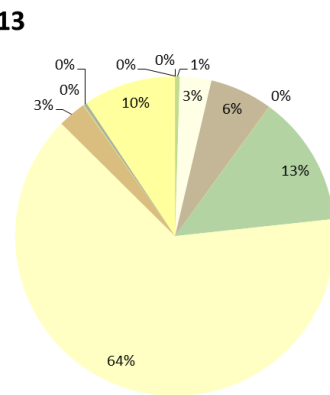
2011



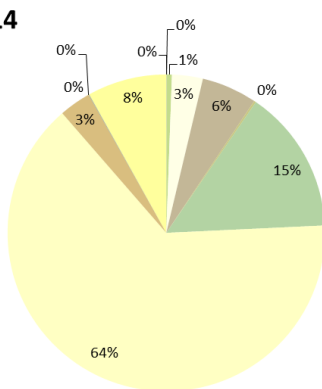
2012



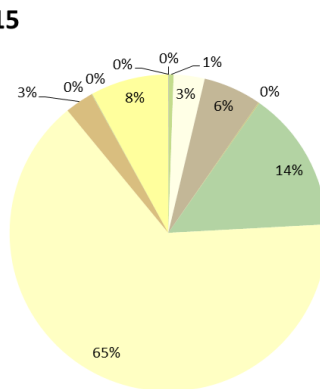
2013



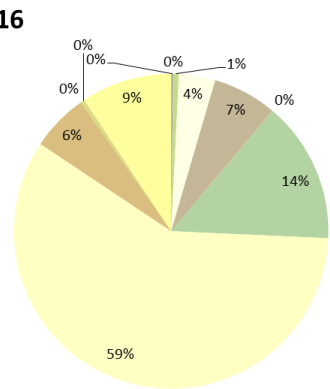
2014



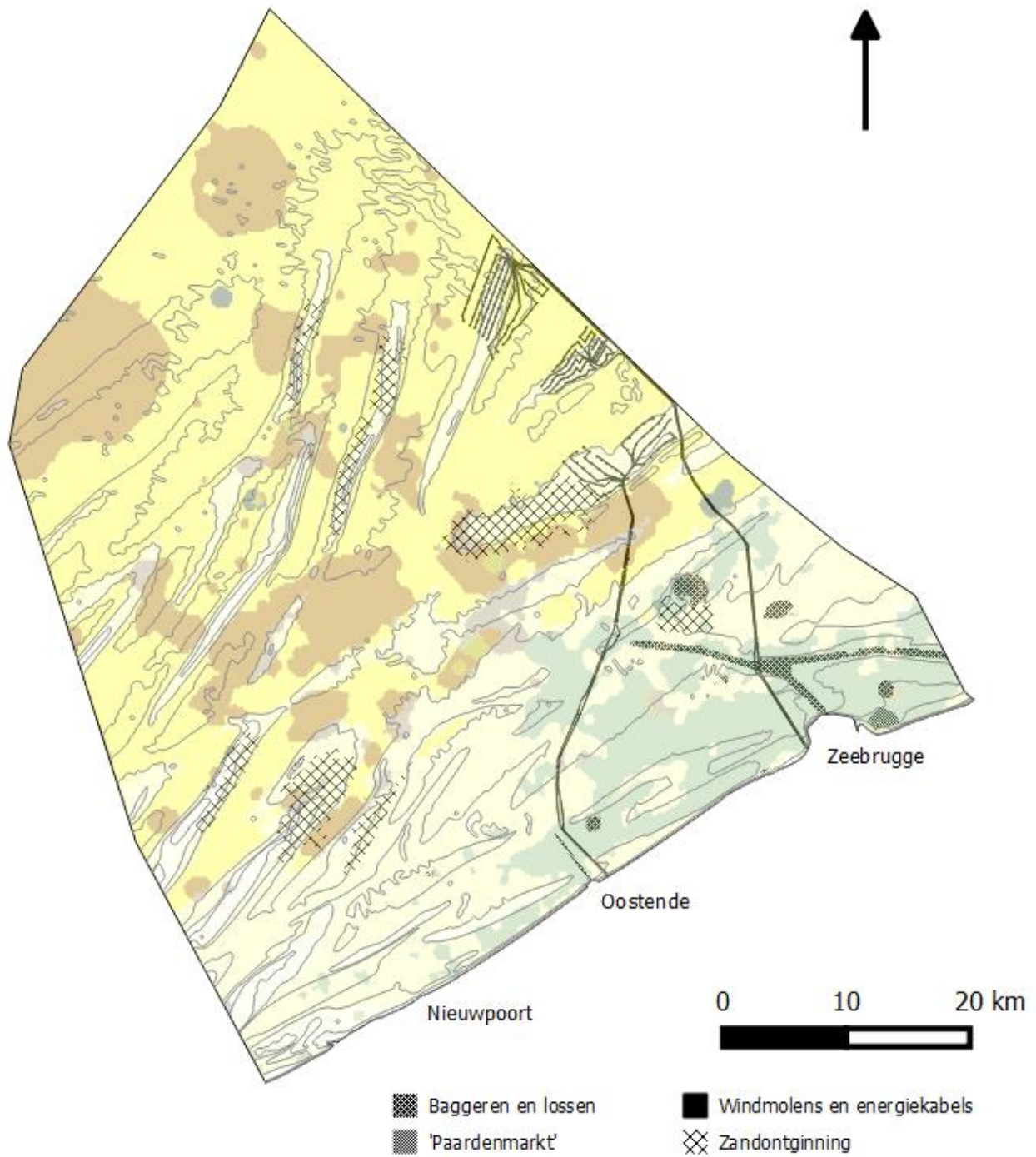
2015



2016



Figuur 11. Fysieke verstering per grootschalige habitatzones in het BDNZ (2011-2016).



Figuur 12. Fysische verstoreng per activiteit (2011-2016) (niet op schaal).



## Discussie en Conclusie

### *Definiëren van het fysisch verlies en de fysische verstoring*

Een permanente verandering van de zeebodem gedurende twee cycli (12 jaar) of meer is door de Europese Commissie (Walmsley et al., 2017) voorgesteld als een definitie voor het fysisch verlies. Fysische verstoring is 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. Ook hanteert HELCOM, de commissie voor de protectie van het mariene milieu van de Baltische Zee, andere definities. HELCOM (2017) definieert fysisch verlies als zijnde gecreëerd door de mens, een massa of structuur dat de zeebodem permanent bedekt met continue verstikking of verandering van zeebodemhabitat tot gevolg. Verstoring van de zeebodem is dan gerelateerd aan abrasie, siltatie en niet-permanente verstikking zonder dat een verandering in sedimenthabitat plaatsvindt.

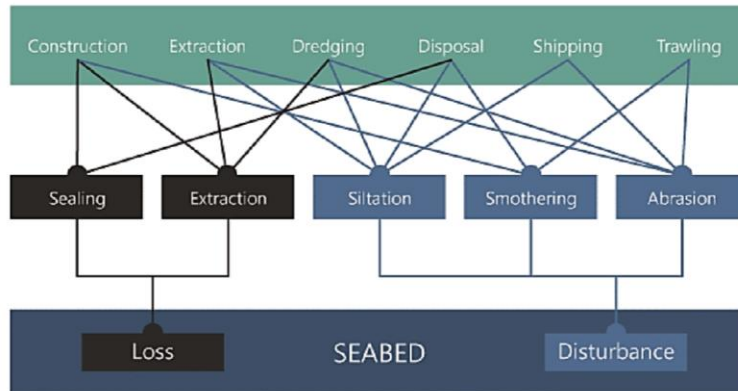
Fysisch verlies in beide gevallen zijn veranderingen van een natuurlijk zeebodemsubstraat naar een antropogeen, door de mens gecreëerd, substraat (e.g., metalen constructies zoals meetpalen en radartorens, funderingen voor hernieuwbare energie, beschermende grindlagen voor pijpleidingen en kabels, wrakken) en menselijke structuren nabij de kust en meer zeewaarts gelegen (e.g., het claimen van land, kustbescherming, kunstmatige eilanden). Voor België zijn de volgende activiteiten geklasseerd onder fysisch verlies: meetpalen en radartorens, pijpleidingen met bijhorende beschermende grindlagen, telecommunicatie- en energiekabels, windmolens en wrakken.

Fysische verstoring is moeilijker in te schatten, temeer veel activiteiten geen continue druk uitoefenen op het mariene milieu. Ook kan het toekennen van fysische verstoring versus fysisch verlies verschillen per lidstaat of per regio. Als voorbeeld wordt aggregaatextractie in HELCOM (2017) tot fysisch verlies gerekend (figuur 13), terwijl dit in vele gevallen als fysische verstoring zal worden aanzien. In het BDNZ wijzen monitoringsresultaten dat het substraattype slechts heel lokaal verandert en dat enkel bij herhaalde grote extractiehoeveelheden op regelmatige basis veranderingen in substraattype kunnen optreden (De Backer et al. 2017). Een ondergrens (referentieniveau) van 5 m is in België gehanteerd voor de toegelaten extractiehoeveelheden, zodat veranderingen in het initieel zeebodemsubstraat zo veel mogelijk vermeden worden (Degrendele et al., 2017). Op basis van deze bevindingen werd in deze analyse de extractie van aggregaten als fysische verstoring beschouwd. Een parallelle redenering gevolgd voor het baggeren en lossen van gebaggerd materiaal. Deze activiteit wordt eveneens aanzien als fysische verstoring, althans in de huidige cyclus gezien nog geen permanente verandering in zeebodemsubstraat kan worden vastgesteld. De munitiestortplaats 'Paardenmarkt' wordt ingedeeld onder fysische verstoring gezien het substraat nog niet veranderd is. Het leggen van kabels en de installatie van windmolens zorgen, naast een fysisch verlies, ook voor een bijkomende en tijdelijke fysische verstoring van de grootschalige habitattypes.

Tot slot dient benadrukt dat de huidige analyse beperkt is tot de effectieve locaties van de menselijke activiteiten vermeerderd met een theoretische buffer op basis van literatuurgegevens. Een betere inschatting van fysische verstoring is idealiter gebaseerd op metingen in combinatie met



modellerstudies die hydrodynamische en zeebodemcondities verrekenen op een schaal die regionaal, maar toch gedetailleerd genoeg is om ver-veld effecten van menselijke activiteiten te kwantificeren. De huidige methodologische benaderingen, alsook de database, laten toe om de classificatie in termen van verlies of verstering aan te passen met voortschrijdend inzicht.



**Figuur 13. Fysisch verlies en fysieke verstering volgens HELCOM (2017).**

#### *Bepalen van het fysisch verlies en de fysieke verstering*

Het ruimtelijk verlies in het BDNZ is miniem, slechts 1/400 van het zeebodemsubstraat is antropogeen substraat. Het grootste verlies van het oorspronkelijk habitatype is te wijten aan de beschermende steenstortingen over de gaspijpleidingen met een impact op meerdere habitatypes: circalittoraal slib, zand (circalittoraal en offshore) én offshore grove sedimenten. Het aandeel van windmolens, energie- en telecommunicatiekabels, wrakken, meetpalen en de radartoren is beperkt. Gezien de haveninfrastructuur zich voornamelijk landwaarts van de 2012 kustbasislijn bevindt, heeft deze geen invloed op de cijfers.

Visserij is alomtegenwoordig. OSPAR gegevens voor de periode 2010-2015 toonden belangrijke ruimtelijke verschillen in visserij-intensiteit met de grootste intensiteiten nabij de kust, waar infralittorale en circalittorale slibs substraten en zanden domineren. In dezelfde gebieden, voornamelijk circalittoraal, dragen baggeren en lossen van gebaggerd materiaal bij tot de fysieke verstering. Circalittorale gemengde sedimenten staan mede onder druk, al vertoont de verstering voor dit habitatype een tanende trend van 2011 tot en met 2016. Baggeren impliceert extractie en siltatie of verzanding van het zeebodemsubstraat, alsook het lossen van gebaggerd species waar eveneens siltatie en verstikking optreedt (Foden et al, 2011). Mariene aggregaatextractie verstoort vooral de zeewaarts offshore gelegen zanden en grofkorrelige sedimenten. De opening van de meer kustnabije extractiezone 3 ter hoogte van de Vlake van de Raan zorgt voor een bijkomende verstering van het circalittoraal zand en slib. Mede vertonen de offshore slibs substraten een fysieke verstering met een piek in 2013. Offshore gemengde sedimenten worden fragmentarisch verstoort, een gevolg van de extractie in zone 1a, Thornton Bank. Abrasie, siltatie en verstikking door geulvorming voor windmolenfunderingen en het leggen van kabels is gering in termen van fysieke versteringen. De oorlogsmunitiestortplaats 'Paardenmarkt' levert een bijkomende verstering in zowel infralittorale als circalittorale slibs substraten, maar is slechts indicatief.

### *Bepalen van het confidentieniveau*

Het betrouwbaarheidsniveau van deze ruimtelijke analyse op basis van positiegegevens is hoog. Officiële coördinaten werden bij voorkeur gehanteerd. Indien niet aanwezig, werden coördinaten gebruikt afkomstig uit officiële documenten (energiekabels) of officiële shapefiles (pijpleidingen en telecommunicatiekabels). Nauwkeurige locaties voor visserijdruk en oorlogsmunitie waren voor de huidige analyse niet beschikbaar.

## Bronnen

Tabel 20. Activiteiten waarvan hun aandeel in fysisch verlies en fysieke verstoring werd geanalyseerd.

Aquacultuur	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) <a href="http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/human-activities/aquaculture">http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/human-activities/aquaculture</a>	
Baggeren en lossen van gebaggerd materiaal	Vlaamse Overheid, Mobiliteit en Openbare Werken (MOW), Maritieme Toegang <a href="http://www.maritiemetoegang.be/">http://www.maritiemetoegang.be/</a>	
Aggregaatextractie	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) <a href="http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/human-activities/zagri-blackbox">http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/human-activities/zagri-blackbox</a>	FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Dienst Continentaal Plat <a href="http://economie.fgov.be/nl/ondernemen/specifieke_domeinen/Zand_grind_winning_zee/">http://economie.fgov.be/nl/ondernemen/specifieke_domeinen/Zand_grind_winning_zee/</a>
Haveninfrastructuur	Vlaamse Overheid, Mobiliteit en Openbare Werken (MOW), Maritieme Toegang <a href="http://www.maritiemetoegang.be/">http://www.maritiemetoegang.be/</a>	
Meetpalen en radartoren	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM)	Vlaamse Overheid, Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK), Afdeling Kust; Vlaamse Hydrografie <a href="http://www.afdelingkust.be/nl/vlaamse-hydrografie">http://www.afdelingkust.be/nl/vlaamse-hydrografie</a> <a href="http://kustweerbericht.be">http://kustweerbericht.be</a> <a href="http://meetnetvlaamsebanken.be">http://meetnetvlaamsebanken.be</a>
Pijpleidingen	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) <a href="http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/cables-pipelines">http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/cables-pipelines</a>	FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Dienst Continentaal Plat
Energiekabels	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) <a href="http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/windfarms">http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/windfarms</a>	
Telecommunicatiekabels	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) <a href="http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/cables-pipelines">http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/cables-pipelines</a>	FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Dienst Continentaal Plat
Visserij	Vlaamse Overheid, Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO), Visserij <a href="http://www.ilvo.vlaanderen.be">http://www.ilvo.vlaanderen.be</a>	
Oorlogsmunitie	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) <a href="http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/human-activities/paardenmarkt">http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/human-activities/paardenmarkt</a>	
Windmolenparken	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Operationele Directie Natuurlijk Milieu (OD-Natuur), Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) <a href="http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/windfarms">http://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/windfarms</a>	

Wrakken

Koninklijk Belgisch Instituut voor  
Natuurwetenschappen (KBIN),  
Operationele Directie Natuurlijk Milieu  
(OD-Natuur), Beheerseenheid  
Mathematisch Model van de Noordzee  
(BMM)

Vlaamse Overheid, Agentschap  
Maritieme Dienstverlening en Kust  
(MDK), Afdeling Kust; Vlaamse  
Hydrografie  
<http://www.afdelingkust.be/nl/vlaamse-hydrografie>  
<http://www.afdelingkust.be/nl/wrakken-databank>  
Vlaamse Overheid, Agentschap  
Onroerend Erfgoed  
<http://www.maritieme-archeologie.be>

## Referenties

- Allan, P.G., 1998. Geotechnical aspects of submarine cables. IBC Conference on Subsea Geotechnics, Aberdeen, November 1998.
- Ballard, J.-C., Yonatan, P.H., Rattley, M.J., 2014. Rock Berm Restraint of an Untrenched Pipeline on Soft Clay. Fugro GeoConsulting A. Griffiths, Shell UK Limited.
- Carter, L., Burnett, D., Drew, S., Marle, G., Hagadorn, L., Bartlett-McNeil, D., Irvine, N., 2009. Submarine cables and the oceans—connecting the world. UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 31. ICPC/UNEP/UNEP-WCMC.
- De Backer, A.; Breine, N.; Hillewaert, H.; Pecceu, E.; Ranson, J.; Van Hoey, G.; Wittoeck, J.; Hostens, K., 2017. Ecological assessment of intense aggregate dredging activity on the Belgian part of the North Sea. In: Degrendele, K. et al. (Ed.) Belgian marine sand: a scarce resource? Study day, 9 June 2017, Hotel Andromeda, Ostend. pp. 47-65.
- Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., 2013 (Eds.). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimize future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Operational Directorate Natural Environment, Marine Ecology and Management Section. 239 pp.
- Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L., 2016a (Eds.). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Environmental impact monitoring reloaded. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section: Brussels. ISBN 978-90-8264-120-2. ix, 287 pp.
- Degraer, S., Rumes, B., Asebai, M., Botteldooren, D., Brabant, R., Courtens, W., Debusschere, E., Derweduwen, J., De Mesel, I., Erkman, A., Haelters, J., Hostens, K., Kerckhof, F., Lafontaine, R.-M., Laurent, Y., Moens, T., Norro, A., Persoon, K., Ranson, J., Reubens, J., Smith, A., Stienen, E.W.M., Ribeiro da Costa, A.M., Torreelle, E., Vanaverbeke, J., Vandendriessche, S., Vanermen, N., Van de walle, M., Verstraete, H., Vigin, L., Vidao, J., Vincx, M., Wittoeck, J., 2016b. Executive summary, in: Degraer, S. et al. (Ed.) Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Environmental impact monitoring reloaded. pp. i-ix,
- Degrendele, K.; Roche, M.; Vandenreyken, H., 2017. New limits for the sand extraction on the Belgian part of the North Sea? In: Degrendele, K. et al. (Ed.) Belgian marine sand: a scarce resource? Study day, 9 June 2017, Hotel Andromeda, Ostend. pp. 135-146.
- Degrendele, K.; Vandenreyken, H. (Eds.), 2017. Belgian marine sand: a scarce resource? Study day, 9 June 2017, Hotel Andromeda, Ostend. FPS Economy, S.M.E.s, Self-employed and Energy: Brussels. 164 pp.
- Eastwood, P.D., Mills, C.M., Aldridge, J.N., Houghton, C.A., Rogers, S.I., 2007. Human activities in UK offshore waters: an assessment of direct, physical pressure on the seabed. ICES J Mar Sci 64:453–463.

Eigaard, O., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G., Hintzen, N., Laffargue, P., Nielsen, J. et al., 2016a. Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. *ICES Journal of Marine Science* 73(Supplement 1): i27–i43.

Eigaard, O. R., Bastardie, F., Hintzen, N. T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R., Gerritsen, H. D., 2016b. The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science*, 74(3), 847-865.

EMODnet Geology, 2016. Seabed substrate 1:250 000 – Europe. From the European Marine Observation and Data Network (EMODnet) Geology (<http://www.emodnet-geology.eu/>), funded by the European Commission.

EMODnet Seabed Habitats initiative, 2016. EMODnet broad-scale seabed habitat map for Europe, licensed under CC-BY 4.0 from the European Marine Observation and Data Network (EMODnet) Seabed Habitats initiative ([www.emodnet-seabedhabitats.eu](http://www.emodnet-seabedhabitats.eu)), funded by the European Commission.

Foden, J., Rogers, S.I., Jones, A.P., 2011. Human pressures on UK seabed habitats: a cumulative impact assessment. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 428: 33-47.

Gajewski, L.S., Uscinowicz, S., 1993. Hydrologic and sedimentologic aspects of mining marine aggregate from the Slupsk Bank (Baltic Sea). *Marine Georesources and Geotechnology* 11, 229-44.

HELCOM, 2017. First version of the ‘State of the Baltic Sea’ report – June 2017 – to be updated in 2018. Available at: <http://stateofthebalticsea.helcom.fi>.

Lambrecht, J., Schrijvers, J., 2005. Radar and Weather Masts, in: Maes, F. et al. Towards a Spatial Structure Plan for Sustainable Management of the Sea: Mixed actions - Final report: SPSD II (MA/02/006). pp. 85-88.

Lauwaert, B., Delgado, R., Derweduwen, J., Devriese, L., Fettweis, M., Hostens, K., Janssens, J., Martens, C., Robbens, J., Timmermans, S., Van Hoey, G., Verwaest, T., 2012. Synthesis report on the effects of dredged material disposal on the marine environment (licensing period 2010-2011). RBINS-ILVO-AMT-AMCS-CD report BL/2011/12, 87pp.

Lauwaert, B., De Witte, B., Devriese, L., Fettweis, M., Martens, C., Timmermans, S., Van Hoey, G., Vanlede, J., 2016. Synthesis report on the effects of dredged material dumping on the marine environment (licensing period 2012-2016). RBINS-ILVO-AMT-AMCS-FHR report BL/2016/09, 107pp.

Newell, R.C., Seiderer, L.J., Hitchcock, D.R., 1998. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 36:127–178.

OSPAR, 2011-2015a. Fishing pressure data (surface and subsurface). Data caveats. Available at: <https://odims.ospar.org>

OSPAR, 2011-2015b. OSPAR request to support the development of common and candidate OSPAR biodiversity indicators for benthic habitats: pressure maps. Available at: <https://odims.ospar.org>

OSPAR, 2014. General advice. OSPAR request on mapping of bottom fishing intensity using VMS data (2014). Available at: <https://odims.ospar.org>

Pecceu, E., Vanelslander, B., Vandendriessche, S., Van Hoey, G., Hostens, K., Torreele, E., Polet, H., 2014. Beschrijving van de visserijactiviteiten in het Belgisch deel van de Noordzee in functie van de aanvraag bij de Europese Commissie voor visserijmaatregelen in de Vlaamse Banken (Habitatrichtlijngebied). 92p.

Rees, J., 2006. Scroby Sands offshore wind farm—coastal processes monitoring. Final report for the Department of Trade and Industry. Project Code AE0262, Cefas, Lowestoft.

Van den Branden, R., De Schepper, G, Naudts,L., 2013. Zand- en grindwinning op het Belgisch deel van de Noordzee: Automatische registreersystemen geïnstalleerd aan boord van de zandwinningschepen: overzicht van de verwerkte data van het jaar 2012. MDO/2013-20/ZAGRI.

Van den Branden, R., De Schepper, G, Naudts,L., 2014. Zand- en grindwinning op het Belgisch deel van de Noordzee: Electronic Monitoring System (EMS) voor de monitoring van de aggregaatextractie: overzicht van de verwerkte data van het jaar 2013. MDO/2014-21/ZAGRI.

Van den Branden, R., De Schepper, G, Naudts,L., 2016. Zand- en grindwinning op het Belgisch deel van de Noordzee: Electronic Monitoring Systems (EMS): jaarrapport 2014 - 2015. MDO/2016-02/ZAGRI.

Van den Branden, R., De Schepper, G, Naudts,L., 2017. Zand- en grindwinning op het Belgisch deel van de Noordzee: Electronic Monitoring System (EMS): overzichtsrapport data 2016 en 2002-2016. MDO/2017-02/ZAGRI.

Van den Eynde, D., Lauwaert, B., Martens, C., Pirlet, H., 2015. Dredging and dumping. In: Pirlet, H., Verleye, T., Lescrauwaet, A.K., Mees, J. (Eds.), Compendium for Coast and Sea 2015: An integrated knowledge document about the socio-economic, environmental and institutional aspects of the coast and sea in Flanders and Belgium. Ostend, Belgium, p. 97-104.

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., Lauwaert, B., De Mol, L., Vandenreyken, H., De Backer, A., Pirlet, H., 2015. Sand and gravel extraction. In: Pirlet, H., Verleye, T., Lescrauwaet, A.K., Mees, J. (Eds.), Compendium for Coast and Sea 2015: An integrated knowledge document about the socio-economic, environmental and institutional aspects of the coast and sea in Flanders and Belgium. Ostend, Belgium, p. 105-114.

Van Lancker, V.; Baeye, M.; Evagelinos, D.; Francken, F.; Montereale Gavazzi, G.; Van den Eynde, D., 2017. MSFD-compliant assessment of the physical effects of marine aggregate extraction in the Hinder

Banks, synthesis of the first 5 years. In: Degrendele, K. et al. (Ed.) Belgian marine sand: a scarce resource? Study day, 9 June 2017, Hotel Andromeda, Ostend. pp. 87-104.

Verfaillie, E.; Van Lancker, V.; Maes, F., 2005. Cables and pipelines, in: Maes, F. et al. Towards a Spatial Structure Plan for Sustainable Management of the Sea: Mixed actions - Final report: SPSP II (MA/02/006). pp. 85-88.

Walmsley, S.F., Weiss, A., Claussen, U., Connor, D., 2017. Guidance for Assessments Under Article 8 of the Marine Strategy Framework Directive, Integration of assessment results. ABPmer Report No R.2733, produced for the European Commission, DG Environment, February 2017.



## COLOPHON

- Status  draft  
 final version  
 revised version of document  
 confidential

### Available in

- English  
 Dutch  
 French

If you have any questions or wish to receive additional copies of this document, please send an e-mail to [lars.kint@naturalsciences.be](mailto:lars.kint@naturalsciences.be), quoting the reference, or write to:

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

OD NATUUR

100 Gulledele

B-1200 Brussels

Tel: +32 2 773 2111

<http://www.odnature.naturalsciences.be/>