



ILVO



Flemish government
COASTAL DIVISION



flanders
HYDRAULICS RESEARCH



Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestortingen (vergunningsperiode 2010-2011)

Brigitte Lauwaert¹, Rosalia Delgado⁵, Jozefien Derweduwen²; Lisa Devriese², Michael Fettweis¹, Kris Hostens², Job Janssens⁵, Chantal Martens³, Johan Robbens², Steve Timmermans⁴, Gert VanHoeij², Toon Verwaest⁵

BL/2011/12

Rapport uitgevoerd door BMM¹, ILVO², AK³ en aMT⁴, conform art. 10 van het K.B. van 12 maart 2000 ter definiëring van de procedure voor machtiging van het storten in de Noord-zee van bepaalde stoffen en materialen.

Colofon

Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciéstortingen (vergunningperiode 2010-2011).

Brigitte Lauwaert¹, Rosalia Delgado⁵, Jozefien Derweduwen²; Lisa Devriese², Michael Fettweis¹, Kris Hostens², Job Janssens⁵, Chantal Martens³, Johan Robbens², Steve Timmermans⁴, Gert VanHoey², Toon Verwaest⁵

¹ BMM – Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium, Gulledele 100, 1200 Brussel.

² ILVO – Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek, Eenheid Dier, Onderzoeksdomein Visserij – Sectie Biologische Monitoring, Ankerstraat 1, 8400 Oostende.

³ AK – Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust - Afdeling Kust, Vrijhavenstraat 3, 8400 Oostende.

⁴ aMT – Afdeling Maritieme Toegang, Tavernierkaai 3, 2000 Antwerpen.

⁵ WL – Waterbouwkundig Laboratorium, Berchemlei 115, 2140 Antwerpen.



Werkten verder mee aan het onderzoek:

BMM: Joan Backers, Matthias Baeye (UGENT) Jean-Pierre De Blauwe, Frederic Francken, Kevin Hyndrickx, Lieven Naudts, André Pollentier, Dries Van den Eynde, Vera Van Lancker

ILVO: Matias Bossaer, Bart Goes, Lode Jacobs, Marc Van Ryckeghem, Stefan Hoffman, Ellen Pecceu, Jan Wittoeck, Annelies De Backer, Hans Hillewaert, Vyshal Delahaut

CODA: Ludwig De Temmerman

AMT: Natasha Blommaert, Vincent Vaninghelant, Kirsten Beirinckx

WL: Johan Reyms, Katrien Van Der Biest

Met dank aan de bemanning van R.V. Belgica

Te contacteren:

b.lauwaert@mumm.ac.be; +32(0)2-7732120

johan.robbens@ilvo.vlaanderen.be; +32(0)59-569850

chantal.martens@mow.vlaanderen.be +32(0)3-2220883

Inhoudsopgave

1	Aanbevelingen voor de minister	4
2	Samenvatting	6
2.1	Bagger- en stortoperaties.....	6
2.2	Fysische aspecten van bagger- en stortoperaties	6
2.3	Biologische en chemische effecten van storten van baggerspecie.....	11
2.4	Bagger- en stortoperaties : terreinproef	14
2.5	Lange tot middellange termijnsveranderingen van de bathymetrie.....	15
2.6	Onderzoeksproject - Terugstorten via pijpleiding van baggerspecie uit de haven van Nieuwpoort.....	15
2.7	MFSD.....	16
	Bijlage: Bagger- en stortintensiteitskaarten.....	17

1 Aanbevelingen voor de minister

Beleidsaanbevelingen

- 1/ De juridische aspecten van het storten van baggerspecie, afkomstig uit de haven van Nieuwpoort en Blankenberge via een vaste pijplijn (puntlozing) dienen onderzocht te worden.
- 2/ Het conform maken van de bestaande monitorings- en onderzoeksprogrammas aan de richtlijnen, opgelegd binnen het kader van MSFD. Indicatoren, indien noodzakelijk, opnemen in lopende monitoringsstrategieën.

Beleidsondersteunend onderzoek

- 1/ Het opstarten van een terreinproef teneinde de resultaten van voorgaand onderzoek over de efficiëntie van de stortplaatsen te valideren, met het oog op het eventueel definiëren van een nieuwe stortplaats.
- 2/ Het onderzoeksprogramma van de BMM richt zich voor 2012-2013 op de hieronder vermelde aspecten:
 - In situ meetcampagnes. Tijdens 4 meetcampagnes per jaar met de R/V Belgica zullen in totaal 6 13-uursmetingen uitgevoerd worden in het kustgebied om tijdsreeksen en verticale profielen te verzamelen van enkele fysische parameters (o.a. stroomsnelheid, concentratie aan suspensiemateriaal,...). Sinds eind 2009 wordt er te MOW1 continue metingen uitgevoerd met behulp van een tripod. Deze metingen zullen voortgezet worden. De metingen worden verwerkt, geïnterpreteerd en gerapporteerd.
 - Het uitvoeren van metingen en data analyse voor de terreinproef (zie 1/).
 - De geografische variabiliteit van turbiditeitszones zullen worden bestudeerd met behulp van satellietbeelden en weerspatronen. De bevindingen hieruit laten toe om de verschillende processen te identificeren die SPM concentratie beïnvloeden voor de Belgische kust. Dit is nodig om bijvoorbeeld de lange termijn evolutie van het systeem te begrijpen, de effecten van klimaatsverandering te voorspellen en/of de beste stortlocatie in functie van weersomstandigheden te kiezen.
 - De correlatie tussen biomassa, vloggrootte en vorm (en dus sedimentatiesnelheid) wordt dikwijls aangehaald in de literatuur, maar er zijn weinig kwantitatieve data beschikbaar. De lange tijdsreeksen verzameld te MOW1 zullen systematisch en kwantitatief worden geanalyseerd en dit in combinatie met satelliet en andere in situ data om een meer algemeen en fundamenteeler verband tussen biomassa en vloggrootte te kunnen opstellen.
 - Het tijdens de voorbije jaren verbeterde en aangepaste slibtransportmodel zal worden gevalideerd. Hierbij zal een statistische methode gebruikt worden waarbij de modelresultaten gegroepeerd zullen worden volgens windrichting, weertype en getij.
- 3/ Het ILVO monitoringsprogramma, zal in zijn actieplan 2012-2013 volgende aspecten nader onderzoeken:
 - Het huidige ecologische monitoringsprogramma is in staat om veranderingen in de structurele benthische habitat karakteristieken (dichtheid, biomassa, diversiteit) door het storten van gebaggerd materiaal te detecteren. In de toekomst willen we onderzoeken of er ook verschuivingen optreden in de functionele benthische karakteristieken (feeding class, mobility class, reworking mode) als gevolg van de dumping activiteit.

- Het voorgaande onderzoek toonde ook aan dat er mogelijk een kritische grens van baggerstorten is, waarbij de habitatveranderingen leiden tot ecologische veranderingen. Kan er zo'n grens, vanuit ecologisch perspectief afgebakend worden, rekening houdend met het cumulatief effect, het habitat type en de gevoeligheid en de geïmpacteerde oppervlakte?
- Op zeer korte termijn blijken er geen éénduidige effecten te zijn van het storten op de mobielere fauna (epifauna en demersale vis). In functie van de habitat veranderingen op langere termijn op sommige loswallen (cf S1) is het aangewezen om eventuele structurele en functionele veranderingen in deze fauna componenten te evalueren op langere termijn.
- Algemene toxiciteitsbepaling zal toelaten om de brede scope van contaminanten en hun effecten te evalueren, zonder hierbij de individuele stoffen te moeten bepalen. Dit is complementair aan de huidige metingen
- Bepaling van een gezondheidsindex op vis laat toe om de algemene gezondheids-toestand in te schatten. Dit is complementair met de waarnemingen die nu al gebeuren voor extern en visueel waarneembare visziektes.

2 Samenvatting

2.1 Bagger- en stortoperaties

2.1.1 Inleiding

Voor het instandhouden van de maritieme toegangswegen tot de Belgische kusthavens en het op diepte houden van de kusthavens zelf, wordt er gebaggerd (Vlaamse bevoegdheid).

De bevoegdheid voor het storten in zee van baggerspecie valt onder de federale regering. Het beheer van baggermateriaal is in België dan ook een gemengde bevoegdheid. Hiertoe werd op 12 juni 1990 en gewijzigd op 6 september 2000 een samenwerkingsakkoord afgesloten tussen het Vlaamse Gewest en de federale regering.

De wettelijke basis voor het afleveren van een vergunning is het KB van 12 maart 2000. Overeenkomstig art. 10 van dit KB, dient een syntheseverslag te worden opgesteld per machtigingsperiode, vergezeld van aanbevelingen ter ondersteuning van de ontwikkeling van een versterkt milieubeleid.

2.1.2 Bagger- en stortactiviteiten

Voor de vorige vergunningsperiode 1 januari 2010 – 31 december 2011, werden vier vergunningen afgeleverd aan de Afdeling Maritieme Toegang (AMT) en drie vergunningen aan de Afdeling Kust (AMDK).

De totale gemiddelde hoeveelheid vergund aan AMT bedroeg 21,045,000 TDS (ton droge stof) voor 4 stortplaatsen en 1,170,000 TDS aan AMDK voor 3 stortplaatsen.

Gedurende 2009 en 2010 werd een totaal van respectievelijk 11,910,431 TDS en 10,066,736 TDS in zee gestort door beide vergunninghouders. De bagger- en stortintensiteitskaarten voor deze jaren bevinden zich in de bijlage.

Voor de periode 2009 – 2010 werd ongeveer 31,000 m³ baggerspecie gebruikt voor strandvoeding (beneficial use).

2.2 Fysische aspecten van bagger- en stortoperaties

De morfologische en sedimentologische effecten van bagger- en stortoperaties zijn veelvuldig en sterk plaatsafhankelijk. Een goed begrip van de plaatselijke hydro- en sedimentdynamica is daarom een vereiste om de fysische impact van bagger- en stortoperaties te evalueren. De resultaten van verschillende studies worden hieronder samengevat. Deze handelen over natuurlijke sedimentdynamica, menselijke ingrepen en de monitoringstrategieën nodig om de gevolgen op de omgeving te kunnen identificeren en kwantificeren.

2.2.1 Natuurlijke variabiliteit van sedimentprocessen

In de Belgische kustzone varieert de bodemsamenstelling van slib tot zand; de concentraties aan gesuspendeerd particulier materiaal (SPM) zijn hoog (100 mg/l tot enkele g/l) en vormen een turbiditeitsmaximum tussen ongeveer Oostende en de monding van de Westerschelde. De menselijke ingrepen in dit systeem zijn veelvuldig: havenbouw, baggerwerkzaamheden, aggregaatextracties en visserij hebben een significante invloed op de sedimentdynamica. Om de sedimentmobiliteit in een dergelijke omgeving te bestuderen heeft men nood aan multiparametrische terreinmetingen. Dergelijke metingen worden al uitge-

voerd sinds 2003 in de kustzone uitgevoerd, waarbij SPM concentratie, partikelgrootte en stroomsnelheid met behulp van akoestische en optische sensoren gemonteerd op een tripode opgemeten worden. Bijkomende analyses werden uitgevoerd op deze data, waarbij specifiek naar meteorologische parameters (windsnelheid, windrichting, residuele stroming) en het gedrag van optische en akoestische signalen werd gekeken. Optische en akoestische sensoren hebben een andere gevoeligheid voor verschillende sedimenttypes en kunnen daarom uitsluitel geven over de samenstelling van het suspensiemateriaal.

Sedimentmobiliteit tijdens stormen

Dankzij de tripode metingen kon het effect van stormen op de SPM concentratie bestudeerd worden. Een multi-sensor tripode werd ingezet in het turbiditeitsmaximum ter hoogte van Zeebrugge om stormeffecten op de SPM concentratie dicht tegen de bodem te bestuderen. De resultaten van drie stormen gemeten te MOW1 en Blankenberge hebben aangetoond dat tijdens of na een storm de SPM concentraties significant toenemen en dat hoog geconcentreerde slibsuspensies (High Concentrated Mud Suspensions, HCMS) gevormd worden. Er werd vastgesteld dat tijdens stormen ongeveer drie keer meer suspensiemateriaal in het water is dan gedurende kalme perioden. Erosieproeven werden door de Universiteit Stuttgart i.o. van het WLH uitgevoerd op verschillende sedimentstalen. Hierdoor kon een schatting bekomen worden van de kritische erosieschuifspanning van de verschillende types van cohesieve sedimenten die in de Belgische kustzone voorkomen. De resultaten tonen aan dat de meeste slibafzettingen niet kunnen worden geërodeerd door getijstromingen, maar dat hogere schuifspanningen nodig zijn. Deze kunnen optreden tijdens stormen met hoge golven. De meetdata suggereren dat significante hoeveelheden fijn sediment in suspensie moet zijn om zeer hoge SPM concentraties dicht tegen de bodem te bekomen. De baggerstortplaatsen, de vaargeulen en de aangrenzende gebieden met vers afgezet slib zijn de belangrijkste bronnen voor het suspensiemateriaal tijdens stormen. Dit resultaat is belangrijk omdat aangetoond werd dat menselijke activiteiten (bouw van Zeebrugge, aanleg en verdieping van vaargeulen, storten van baggerspecie) significant hebben bijgedragen tot de vorming van hooggeconcentreerde sliblagen in de omgeving van Zeebrugge.

Sedimentmobiliteit ten gevolge van getij en wind-geïnduceerde stromingen

De effecten van variërende hydrodynamische condities (getij en windeffecten) op het SPM transport en de vorming van hooggeconcentreerde slibsuspensies of vloeibare sliblagen werden verder in detail bestudeert te Blankenberge. De metingen omvatten 376 getijcycli die geklasseerd werden in verschillende groepen naargelang de hydrodynamisch condities. De getijgebonden variaties in de tijdseries werden eruit gefilterd voor perioden kleiner dan 33 uren. De zo bekomen residuele stromingen werden dan geprojecteerd op een as parallel en loodrecht op de kustlijn. In functie van de grootte en richting van deze residuele stroming werden de getijcycli gegroepeerd in 3 groepen. De getijcyli met een geringe residuele stroming werden beschouwd als representatief voor enkel getijwerking. De anderen zijn significant beïnvloed door wind en hebben een residuele stroming naar het zuidwesten, veroorzaakt door noordelijke (NW-N-NO) winden, ofwel een residuele stromingen naar het noordoosten, veroorzaakt door ZW winden.

De richting van de residuele stroming heeft een invloed de ligging van het turbiditeitsmaximum en als dusdanig ook de herkomst van het slib. Winden uit het NO verhogen de SPM concentratie, terwijl ZW winden een verlaging in concentratie als gevolg hebben. Dit laatste is gerelateerd aan de advectie van minder troebel water uit het Engels Kanaal naar de

kustzone, waardoor het turbiditeitsmaximum opschuift naar het NO en de Westerschelde. Marien slib zal onder die omstandigheden geïmporteerd worden naar de Westerschelde en daar gebufferd worden. Gedurende lagdurige NO winden kunnen zich hooggeconcentreerde slibsuspensies vormen die aanwezig kunnen blijven gedurende enkele getijcycli.

Cohesieve en niet-cohesieve SPM dynamica

Het is niet ongevoel dat sedimenten in kustgebieden bestaan uit mengsels van zand en slib zo ook het kustgebied tussen ongeveer Oostende en de Westerschelde. De verhouding zand-slib bepaald de overgang tussen cohesief en niet-cohesief gedrag en heeft een significante invloed op het erosiegedrag, de SPM concentratie en de benthische ecologie. Gemengde sedimenten komen dikwijls voor als een afwisseling van zandige en slibrijke lagen. Tijdens stormen kunnen golven de zeebodem zodanig mobiliseren dat zandige lagen worden afgezet. Deze verticale segregatie treedt enkel op bij relatief lage SPM concentraties. Bij hoge SPM concentraties kan er enkel een gelaagdheid optreden in zand/slib suspensies indien de initiële slibconcentratie lager is dan het 'gelling point'. Sedimenten uit het Belgische kustgebied bestaan uit zand en/of slib. In dit soort gebieden is het SPM een afspiegeling van de bodemsamenstelling en kan dus uit een mengeling van cohesieve en niet-cohesieve minerale partikels bestaan. De kans is groter dat dicht tegen een zandige zeebodem het SPM ook uit geresuspendeerde minerale korrels bestaat, terwijl hoger in de waterkolom of in slibrijke gebieden SPM eerder bestaat uit vlokken bestaande uit aggregaten van vooral kleimineralen en organisch materiaal. Met toenemende turbulentie vermindert de vloggrootte en stijgt de kans dat minerale korrels (silt, zand) gradueel in suspensie gebracht worden. De effecten van stormen werden bestudeerd op data verzameld te MOW1 en Blankenberge wat SPM concentratie betreft. Er werd specifiek aandacht besteed aan de effecten van stormen op flocculatie-dynamica en samenstelling van het suspensiemateriaal. Vlogdynamica wordt sterk beïnvloed door golven doordat de turbulentie verhoogd en de vlokken uiteenvallen, maar ook de aanwezigheid van gemengde cohesieve en niet-cohesieve sedimenten kan een belangrijke rol hierbij spelen.

Het doel van deze studie was om het flocculatiegedrag en de vlog- en partikeldynamica te bestuderen. De SPM concentratie werd samen met de partikelgrootteverdeling (PGV) gemeten gedurende in totaal 37 dagen in de periode januar-april 2008. De PGV's werden gemeten met een LISST 100X en geklasseerd met behulp van een entropie analyse en met behulp van de residuele stroming. De PGV's zijn meestal uitgesproken multimodaal tengevolge van flocculatie. Zij tonen dat de bouwstenen van de vlokken bestaan uit primaire deeltjes (<math><3 \mu\text{m}</math>) en flocculi (15 μm). Flocculi bestaan uit clusters van kleimineralen, terwijl de primaire deeltjes een gevarieerde samenstelling hebben (calciet, klei). De PGV's gedurende een ZW storm, waarbij de residuele stroming gericht is naar het noordoosten, zijn echter significant verschillend en gekenmerkt door een unimodale verdeling. Dit wordt toegeschreven aan het voorkomen van vooral korrelig materiaal (zand, silt) dat lokaal geërodeerd werd. Dit is in tegenstelling met noordelijke stormen. Deze genereren een naar het zuidwesten gerichte residuele stroming, en het suspensiemateriaal bestaat vooral uit vlokken. Deze resultaten benadrukken het belang van wind-geïnduceerde advection, residuele stromingsrichting en het voorkomen van hooggeconcentreerde slibsuspensies bij het reguleren van de SPM concentratie, de samenstelling van het suspensiemateriaal en de PGV in de Belgische kustzone. Ter hoogte van Zeebrugge kunnen we stellen dat tijdens een storm uit noordelijk richting met een residuele stroming gericht naar het ZW de SPM concentratie verhoogt, er hooggeconcentreerde slibsuspensie optreden en zand lokaal afgedekt wordt

door vloeibare slielagen. In tegenstelling hiermee zien we bij een ZW storm een afname in SPM concentratie, geen vorming van hooggeconcentreerde slijsuspensie en een toename van de granulaire fractie (zand, silt) in het SPM.

2.2.2 SPM concentratie als indicator van veranderingen in het mariene milieu

SPM concentration as indicator

Tengevolge van de hoge tijdelijke en ruimtelijke variabiliteit van SPM concentratie in het turbiditeitsmaximum, zijn intensieve meetprogramma's nodig. Er werden hierbij zowel data afkomstig van de in situ metingen alsook MODIS satellietbeelden gebruikt. Om deze variabiliteit te vatten, werd de SPM concentratie gedefinieerd als een statistische populatie (SPM concentratie frequentie verdeling). Zodoende kunnen de SPM concentratie tijdreeksen als een sub-staal beschouwd worden die gekenmerkt zijn door een aantal statistische eigenschappen zoals de mediaan, het geometrisch gemiddelde, de standaard afwijking en een probaliteitdensiteitsfunctie. Voor verschillende eigenschappen kunnen zodoende representatieve SPM concentratie populatie opgesteld worden. De probaliteitdensiteitsfuncties van verschillende sub-stalen komen goed overeen met een log-normale verdeling. De mediaan en de multiplicatieve standaardafwijking werden berekend en deze kunnen gebruikt worden als een statistisch representatieve SPM achtergrondwaarde.

We hebben kunnen aantonen dat de staalnamefrequentie (continue tijdsreeksen t.o.v. ene keer per dag) en methode (in situ t.o.v. remote sensing) resulteert in verschillende verdelingen en dat deze een verschillende sub-populatie vertegenwoordigen. De verschillen tussen de datasets zijn onder andere het gevolg van verschillende meteorologische condities tijdens de metingen, van het feit dat de SPM dynamica dicht tegen de bodem gedeeltelijk is losgekoppeld van de processen hoger in de waterkolom en het gevolg van de staalname-methode en -frequentie. Het meten wordt aanzien als een statistische handeling om individuele SPM concentraties te selecteren, die toelaten conclusies te trekken over de hele SPM concentratie populatie op een locatie of in een groter gebied. Een gemeenschappelijk doel van deze metingen zou moeten zijn om een representatieve subpopulatie te verzamelen, waaruit bevindingen, binnen de foutenmarges, over de hele populatie kunnen worden afgeleid. Indien we met tijdsafhankelijke en meer specifiek harmonisch variërende processen te maken hebben, zoals SPM concentratie, dan zou men op de hoogte moeten zijn van het aantal data dat nodig is vooraleer een subpopulatie als representatief kan beschouwd worden. Het is daarom essentieel om te weten hoe representatief een bepaalde meetmethode is.

Indien datareeksen gemeten gedurende verschillende periodes een gelijkaardige log-normale verdeling, geometrisch gemiddelde en standaardafwijking bezitten, dan kunnen we besluiten dat deze datareeksen een gelijkaardig sub-staal zijn van de hele populaties. Dus, indien menselijke ingrepen, zoals stort- en baggeractiviteiten, een significante impact zouden hebben op de SPM concentratie, dan zou dit ook zichtbaar moeten zijn in de statistische parameters van de sub-stalen, die tijdens de baggerwerken werden opgemeten t.o.v. de volledige populatie. Deze statistische benadering levert een werktuig aan, waarmee de de natuurlijke dynamica en de menselijke ingrepen in rekening kan gebracht worden.

Monitoring van effecten van het storten van fijnkorrelige sedimenten op de SPM concentratie

De impact van continue stortoperaties van fijnkorrelig materiaal afkomstig van baggerwerkzaamheden in het Albert II dok op de SPM concentratie werd bestudeerd. Deze metingen

werden uitgevoerd tijdens een baggerproef, waarbij het gestorte materiaal verpompt werd met een drijvende leiding over de havendam van Zeebrugge. Voor, tijdens en na het experiment werd de SPM concentratie gemeten met behulp van OBS en ADV altimetrie. De tripode was verankerd op ongeveer 5 km ten westen van de stortlocatie. De boven toegepaste statistische analyse werd toegepast op de data. Hieruit bleek dat de SPM concentratie dicht tegen de bodem ongeveer 2 keer hoger was tijdens de baggerproef. Het gestorte materiaal werd vooral getransporteerd in de benthische laag, waarbij een langdurige toename van de SPM concentratie optrad en hooggeconcentreerde slib suspensies werden gevormd. De studie heeft aangetoond dat SPM concentratie kan gebruikt worden als indicator voor opgetreden veranderingen, indien er voldoende lange tijdsreeksen beschikbaar zijn.

2.2.3 Conclusies

Effect van wind op SPM concentratie hangt af van windrichting en beschikbaarheid van slijmbrijke sedimenten. Onze data hebben aangetoond dat de hoge SPM concentraties eerder gerelateerd zijn aan advectie dan lokale resuspensie. Dit bevestigt dat de Belgische kustzone beschouwd kan worden als een opstopping in het residuele SPM transport eerder dan een bron van sedimenten.

De afzettingen van slib in de vaargeulen kan aanzien worden als een reservoir van SPM. Dit materiaal wordt enkel in suspensie gebracht tijdens stormen. De metingen suggereren dat een groot deel van de waargenomen HCMS tijdens en na stormen ontstaan door resuspensie van deze slibafzettingen.

Partikelgrootteverdelingen van SPM zijn over het algemeen multimodal en bestaan uit heel kleine partikels, flocculi, microvlokken en macrovlokken. Uit de data kon afgeleid worden dat twee populaties aan primaire partikels bestaan ($<3 \mu\text{m}$ en flocculi $15 \mu\text{m}$) en dat deze de bouwstenen vormen van vlokken. Flocculi bestaan uit clusters van kleimineralen, terwijl de heel fijne deeltjes een verschillende samenstelling kunnen hebben.

Gemengde sedimenten werden in suspensie aangetroffen op tijdens maximale vloedstroming en tijdens stormen uit het ZW-W. De korrelgrootte van de lokale bodemsedimenten beïnvloedt de korrelgrootte van het SPM enkel wanneer HCMS niet aanwezig zijn en de bodemschuifspanning veroorzaakt door golven en/of stroming voldoende groot is.

SPM concentratie kan als indicator gebruikt worden voor veranderingen, indien voldoende lange tijdsreeksen beschikbaar zijn die de natuurlijke variabiliteit weerspiegelen.

Satelliet en andere laag frequente metingen kunnen langdurige in situ metingen niet vervangen in een turbiditeitsmaximumgebied. Satellietdata vertegenwoordigen immers een subset van de hele populatie die gebiased is naar goede weersomstandigheden. Sedimenttransport afgeleid uit deze data onderschat het werkelijk transport.

Een analysemethode gebaseerd op het begrip van een statistische populatie werd gebruikt om de effecten van stortoperaties op de SPM concentratie te bepalen. Deze statistische benadering levert een werktuig aan, waarmee de natuurlijke dynamica en de menselijke ingrepen in rekening gebracht kunnen worden. De stortoperaties hebben een langdurige verhoging in SPM concentratie dicht tegen de bodem veroorzaakt, waarbij ook hooggeconcentreerde sliblagen werden gevormd gedurende heel de stortperiode. Tijdens normale omstandigheden zijn deze beperkt tot periodes met doortij en/of stormen.

2.3 Biologische en chemische effecten van storten van baggerspecie

Het is belangrijk om het onderzoek naar de effecten van het storten van baggerspecie in het mariene milieu uit te voeren vanuit een ecosysteem perspectief omdat de effecten zich afspelen op verschillende niveaus in het ecosysteem. Het baggerprogramma van ILVO-Visserij evalueert daarom de impact van deze stortactiviteiten op de volgende niveaus: i) verschillen in de biologische karakteristieken voor de ecosysteem componenten macrobenthos, epibenthos en demersale vis ii) de (bio)accumulatie van contaminanten in het mariene ecosysteem, onderzocht door chemische analyse van verschillende soorten en op verschillende matrices; iii) biologische effecten van contaminanten op mariene organismen, onderzocht door nagaan van prevalentie van visziekten en door het meten van enzymatische EROD activiteiten in de lever van juveniele schar. Naast deze routine monitoring, werd door ILVO ook een studie uitgevoerd naar de lange termijn effecten van storten van baggerspecie op de benthische habitats in de Belgische kustzone. Ten tweede, werd het benthische leven geanalyseerd in de baggerzones van Zeebrugge zelf. Ten derde bekeken we het effect van een aantal aanpassingen in de staalname strategie van het routine monitoringsprogramma.

2.3.1 Lange termijn impact van storten van baggerspecie op benthische habitats

Een lange termijn analyse van veranderingen in de benthische habitats in relatie tot de stortingsintensiteit werd uitgevoerd op de vijf stortplaatsen. Bij ILVO is het benthische staalname programma reeds lopende sinds 1978, doch het programma veranderde sterk over deze periode, met een duidelijke impact/control strategie op elke stortplaats in de afgelopen jaren (vanaf 2004). Van de vroegere staalnamepunten lag er slechts één binnen een stortzone. Op basis van de multivariate analyse werd een transitie in soortensamenstelling vastgesteld op dit punt. Deze wijzigingen konden worden verklaard door de afwezigheid van slib prefererende soorten in de recente periode ('01-'08). De gemiddelde dichtheid en soortenvariatie waren ook significant lager in deze recente periode ('01-'08) in vergelijking met de vorige periodes ('85-'90, '93-'00). Deze waargenomen patronen vallen samen met een afname van de intensiteit van storting in de recente periode ('01-'08). We kunnen concluderen dat de hoge stortactiviteiten in Br&W S2 in de jaren '90 zorgde voor een licht positief effect op het benthos, door de toevoeging van slib en organische materiaal aan de zanderige omgeving. Deze soorten aanrijking bij Br&W S2 is opnieuw waargenomen bij de monitoring van 2010 (zie verder).

Op stortplaats Br&W S1 hebben de stortingsactiviteiten geleid tot benthische habitats veranderingen, terwijl op de andere sites de benthische karakteristieken behouden blijven bij het huidige dumping regime. Vooral in verarmde benthische habitats (stortplaats Br&W Zeebrugge Oost en Br&W Oostende), is de impact minder uitgesproken dan voor de meer kwetsbare benthische habitats (bijv. *Abra alba* habitat of zanderige omgevingen). We concluderen dat wanneer er een impact wordt gedetecteerd op het benthische habitat, dit vooral gerelateerd is aan het fysiek begraven van de organismen of te wijten is aan de eigenschappen van de baggerspecie (modder in meer zandige gebieden), beide resulterend in habitat wijzigingen.

2.3.2 Biologische en chemische status van de stortplaatsen: 2009-2010

Biologische status

De ecologische toestand van het macrobenthos op de verschillende stortplaatsen werd geëvalueerd met de benthische indicator BEQI (www.beqi.eu). De waargenomen patronen bevestigen deze van de voorgaande jaren. De medium tot hoge stortingsintensiteit bij Br&W Oostende en Br&W Zeebrugge Oost heeft geen duidelijk effect op het benthisch habitat. Echter op de stortplaats Nieuwpoort wordt er een zekere variabiliteit in de benthische karakteristieken teruggevonden, welke mogelijks niet gelinkt zijn met de lage dumping activiteit. Bij Br&W S1, waar de hoogste stortactiviteiten plaatsvinden, werd een gestaag verlies van *Abra alba* habitat waargenomen in de stortzone. De dichtheid van de kokerbouwende polychaet *Owenia fusiformis* is in de laatste jaren zeer sterk toegenomen in de omgevende gebieden. Ondanks de 'goede toestand' van Br&W S2, werden enkele opmerkelijke veranderingen in het benthisch habitat waargenomen. De benthische eigenschappen vertoonden in het Noorden een verrijking met slib prefererende soorten, terwijl de stalen in het Westen eerder verarmd zijn (lagere diversiteit). Of dit kan worden toegeschreven aan een hogere stortingsintensiteit in de periode 2009 (focus op Noord) - 2010 (focus op West) in vergelijking met voorgaande jaren is niet eenduidig. Dit zou moeten worden bevestigd door verdere gedetailleerde analyses.

Voor de epibenthische en demersale visfauna werd geen duidelijke impact waargenomen door het storten. Dit kan worden verklaard door het feit dat de meeste van deze soorten een hoge mobiliteit hebben en in staat zijn om te ontsnappen van deze stortplaatsen. Een andere mogelijke verklaring is het feit dat de statistische power (als gevolg van een laag aantal vergelijkbare monsters ten gevolge van een gewijzigde bemonsteringsstrategie) onvoldoende is om eventuele effecten op te sporen. Toch werden verschillen in epibenthische en demersale vissen waargenomen, waarschijnlijk te wijten aan een tijdelijke dominantie van bepaalde soorten (o.a. zeesterren, slangster en grondels) en/of door de natuurlijke variatie van het habitat (bijvoorbeeld stortplaats Nieuwpoort). In de toekomst is er onderzoek nodig om het effect van de dumping op bepaalde functionele of gevoelige soorten na te gaan.

Chemische Status

Sediment bepaling

Slechts beperkte verschillen werden waargenomen tussen de impact en controle zone voor de parameters zware metalen, PCBs en pesticiden. Uitzondering hier is de stortplaats Br&W Zeebrugge Oost, waar het pollutie niveau hoger is dan in de controle zone. Seizoensvariatie van deze parameters is niet significant. De gehalten lood en PCBs dienen wel te worden opgevolgd in de toekomst. De andere gemeten zware metalen en persistente organische verbindingen benaderen niet de EAC waarden (OSPAR, MSFD Task Group 8 Contaminants and pollution effects, Belgisch Staatsblad).

Accumulatie van polluenten bij mariene organismen

Chemische analyse werd uitgevoerd op diverse sentinel soorten voor de bepaling van het (bio)accumulatie niveau van persistente organische stoffen en zware metalen. Als gevolg van hun ruime aanwezigheid in het mariene milieu en hun relevantie binnen het ecosysteem, zijn vooral zeester en garnaal gebruikt om de chemische status van de verschillende stortplaatsen te evalueren.

In het algemeen werd in de periode 2009-2010 geen significante trend waargenomen tussen controle en impact zone, en was de seizoensgebonden variatie ook vrij klein. Verhoogde PAK gehalten in mariene soorten werden waargenomen in het impactgebied van stortplaatsen Br&W Zeebrugge Oost, Br&W Oostende en Br&W S1 in vergelijking met de controle zones. Een verhoogd niveau van Cu wordt waargenomen op de stortplaatsen Br&W S2 en Br&W Oostende. Op stortplaats Br&W Oostende werd ook een opmerkelijk hoog niveau aan PCB waargenomen. De gemeten niveaus van de PCBs, PAKs en zware metalen zijn het laagst voor stortplaatsen Br&W S1 en Nieuwpoort.

Biologische effecten van pollutanten

Extern zichtbare visziekten (bv. zweren, vervormingen, knobbeltjes, lymfocystis) en parasitaire infecties werden gebruikt als indicator om de milieustress en milieu gezondheidsstatus te evalueren. De meeste anomalieën waren te wijten aan parasitaire infecties en toonden een grote variatie in ruimte en tijd. De waargenomen prevalentie van *Glugea stephani* en *Acanthochondria cornuta* in de periode 2009-2010 (de stortplaats versus de kust referentiezone) was opvallend hoger in vergelijking met de gemiddelde prevalentie in de periode 2000-2010. Deze ziektes moeten strikt worden opgevolgd in de toekomst.

De biomarker EROD (7-ethoxyresorufin O-deethylase) activiteit wordt gebruikt als een indicator voor accumulatie van xenobionten in de platvis schar (OSPAR indicator). De EROD inductie in de lever van juveniele schar is duidelijk zichtbaar tijdens de winter en het vroege voorjaar, terwijl in de zomer en herfst slechts een achtergrond niveau is waargenomen. In de periode 2009-2010 werd geen significant hogere EROD activiteit waargenomen voor de impact zone versus controle zone.

2.3.3 Een exploratie van het biologische leven in de baggerzones

Een van de aspecten die niet werd onderzocht in het vorige decennium was het biologische leven in de baggerzones, meer bepaald in de Pas van het Zand en de haven van Zeebrugge. 48 benthische taxa werden in deze baggerzones waargenomen, waarvan 27 (56%) taxa slechts eenmaal werd waargenomen. De meeste taxa werden gevonden in de Pas van het Zand en slechts enkele taxa (9; *Cirratulidae spp*, *Oligochaeta spp*, *Nephtys juvenile*, *Mytilus edulis*, *Streblospio benedicti*, *Abra alba*, *Macoma balthica*, *Anthzoa spp*, *Crangon crangon*) in de haven zelf. Geen enkele soort behoort tot zeldzame taxa voor de benthische fauna van het BPNS. We kunnen concluderen dat de baggerzones rond Zeebrugge werden gekenmerkt door een zeer arme benthische gemeenschap, met uitzondering van het gebied 'Vaargeul 1'. Influx van benthische fauna van de baggerzones naar de stortzones is mogelijk, maar zou niet moeten leiden tot een soortenverrijking in de stortzones, gezien de lage dichtheden en soortenrijkdom in de baggerzones.

2.3.4 Optimalisatie van de bemonsteringsstrategie voor het routine monitoringsprogramma

In de periode 2009-2011 werd de bemonsteringsstrategie van het routine monitoring programma geoptimaliseerd voor de stortzones. Dit werd gedaan om de analyse te standaardiseren volgens de Europese richtlijnen die voorgesteld werden in het kader van de MFSD Task Group 8 Contaminants and pollution effects en omwille van efficiënt gebruik van tijd en middelen. Het bemonsteringsprotocol voor epibenthos en demersale visslepen (verkorte duur) en de benthische zeef procedure (levend in plaats van gefixeerd) werden aangepast. Tenslotte introduceerden we kwaliteitsborging voor de macrobenthos analyse (ISO

16665:2005) door het behalen van een BELAC accreditatiecertificaat volgens de ISO17025 norm.

Wat betreft de veranderingen in de duurtijd van de epibenthos en demersale vis slepen, constateerden we dat de graad van overschatting of onderschatting varieerde tussen de slepen en tussen de soortgroepen. Deze verschillen spelen geen rol bij het nemen en vergelijken van gelijkaardige slepen (kort) binnen hetzelfde tijdsbestek. Een duidelijk voordeel van het gebruik van kortere slepen is het feit dat de slepen binnen de grenzen van de stortplaats blijven, waardoor grenseffecten worden geminimaliseerd wat resulteert in meer betrouwbare dichtheids- en diversiteitschattingen van het gebied.

Levend zeven heeft een duidelijke negatieve invloed op de dichtheid en soortenrijkdom van de monsters, in vergelijking met gefixeerd zeven. Op basis van onze analyses bleek dat levend zeven op een 0,5 + 1 mm zeef wel vergelijkbaar is met gefixeerd zeven. Daaruit kunnen we besluiten dat deze verandering in zeefprocedure een geringe invloed zal hebben op de analyse van de lange termijn trend voor de benthische controle stations. Gezien de zeefprocedure met twee verschillende zeven slecht bij een subset van stations wordt toegepast, kunnen we omrekeningsfactoren gebruiken voor het analyseren van een lange termijn trend bij de andere stations.

Perspectieven

Voor het ecologische monitoringsprogramma zullen we de huidige monitoringstrategie behouden, daar het geschikt lijkt om veranderingen in het stortgebied en erbuiten te evalueren. Bij hoge stortingsintensiteiten, die aanleiding geven tot habitat veranderingen, is er een duidelijke impact op de benthische karakteristieken (dichtheid, diversiteit) waarneembaar. Daarom is het in de toekomst nodig om het mogelijk verlies van ecosysteem functies te onderzoeken door analyse van functionele benthische karakteristieken. Ten tweede moeten we de mogelijkheid bekijken om een kritische grens voor de stortingsintensiteit te bepalen die leidt tot een zekere impact.

Voor het chemische monitoringsprogramma is het noodzakelijk om de algemene toxiciteit te onderzoeken. Algemene toxiciteitstesten zullen informatie geven over de aanwezigheid en de biobeschikbaarheid van pollutanten in het milieu. Ook moet bijzondere aandacht worden besteed aan de chemische monitoring van Br&W Zeebrugge Oost, omwille van de waargenomen verhoogde concentraties van verschillende pollutanten in sediment en biota (boven EAC normen). In aanvulling tot de bepaling van visziekten, kan het van belang zijn om de algemene gezondheidstoestand van vis te beoordelen zoals bijvoorbeeld door gonadosomatic index (GSI), kwaliteit index methode (KIM), de lever glycogeen inhoud (LGC), lever-somatische index (LSI), conditie index (k), enz.

2.4 Bagger- en stortoperaties : terreinproef

Een van de langtermijn doelstellingen van het MOMO project is om efficiëntere bagger -en stortstrategieën te ontwikkelen. Een van de manieren om dit te bereiken is het selecteren van stortzones waar recirculatie naar de baggerzones klein is, waardoor de noodzaak om te baggeren afneemt. In de aanbevelingen aan de minister in het vorige syntheserapport van de periode 2008-2009 wordt gesteld dat een veldproef voor een alternatieve stortlocatie moet worden voorbereid. Als eerste werd een rapport opgesteld waarin met behulp van numerieke modellen mogelijke locaties voor een alternatieve stortlocatie onderzocht werden. Op basis van dit rapport werd besloten een stortproef uit te voeren door gedurende

één maand in het najaar 2012 de weinig efficiënte stortplaats Br&W Zeebrugge Oost te vervangen door een andere locatie ten westen van Zeebrugge (Zeebrugge 4). Een uitgebreid monitoringsprogramma zal de proef omkaderen.

Het gebruikte numerieke model voorspelt 10% vermindering van de baggerhoeveelheden in de buitenhaven van Zeebrugge, en 3% in Pas van het Zand. Als de resultaten van de analyses van de stortproef deze cijfers bevestigen, kan, rekening houdend met zowel economische als ecologische factoren, een nieuwe stortlocatie vastgelegd worden ten Westen van Zeebrugge.

2.5 Lange tot middellange termijnsveranderingen van de bathymetrie

Gebaseerd op een reeks van historische zeekaarten is de morfologische evolutie op lange termijn (laatste 150 jaar) van het BDNZ bestudeerd. Daarnaast is op basis van de digitaal beschikbare topo-bathymetrische datasets van strand, vooroeveren kustnabije zone een morfologische trendanalyse op middellange termijn (vanaf 1997 tot nu) berekend. Afgezien van natuurlijke trends (banken, hoewel min of meer stabiel in positie, lijken te zijn opgehoogd, terwijl geulen ertussen een verdieping ondergaan hebben, vooral in de kustnabije zone), kunnen ook sommige door menselijk ingrijpen geïnduceerde evoluties worden onderscheiden: hiervan zijn de verdieping van de vaargeul en de ophoging van strand en vooroever in de oksels van de strekdammen van de Zeebrugse buitenhaven de meest opvallende. Ook stortactiviteiten lijken een invloed op de lokale morfologie te hebben, hoewel deze invloed niet kan worden onderscheiden van natuurlijke evolutie en ook niet altijd leidt tot een duidelijke sedimentatietrend.

2.6 Onderzoeksproject - Terugstorten via pijpleiding van baggerspecie uit de haven van Nieuwpoort

De kustjachthavens in België worden geconfronteerd met het steeds weerkerende probleem van aanzanding en aanslibbing. Afhankelijk van de locatie en de omstandigheden ter plaatse wordt zowel zandige als slibrijke materie teruggevonden. Jaarlijks wordt in de jachthavens gemiddeld 350.000 m³ in situ gebaggerd. Momenteel worden deze hoeveelheden op de klassieke manier verwijderd: baggeren via cutterzuiger, overladen van de specie in laadbakken en terugstorten in zee op de daartoe bestemde baggerstortplaatsen. De jaarlijkse baggercampagne loopt van november tot april.

Dit proefproject zal onderzoeken of de baggerwerken in de kustjachthavens en het terugstorten van baggerspecie op een meer efficiënte, milieuvriendelijke en economische manier kan worden uitgevoerd.

2.6.1 Projectbeschrijving

Aangezien jaarlijks de grootste hoeveelheden in Nieuwpoort worden gebaggerd, wordt voorgesteld om het proefproject in deze haven op te zetten. Er zal onderzocht worden om een pijpleiding met beperkte afstand in zee te leggen voor de uitvoering van het beperkte proefproject. De baggerspecie wordt dan op deze manier met een cutterzuiger continu opgezogen en verpompt tot op de losplaats op een geringe afstand voor de kust. Dit in tegenstelling tot de huidige methode, waarbij het gebaggerde materiaal in zeevarende bakken wordt overgepompt en vervolgens naar de stortplaats Nieuwpoort vervoerd wordt. In totaal zal er 3 tot 4 weken worden gebaggerd, met een gepland werkregime van 24u per dag. De

eigenlijke stortlocatie is te bepalen in overleg met alle partners in functie van de haalbaarheid van het proefproject en de mogelijkheden voor de uiteindelijke stortlocatie.

2.6.2 Voordelen

Volgende voordelen van deze alternatieve methode kunnen worden aangehaald.

De efficiëntie van de baggerwerken wordt in belangrijke mate verhoogd. Omdat er geen stil-tijd voor aan- en afkoppelen van zeevarende bakken meer nodig is, kan het rendement van de cutter met factor 1,5 worden verhoogd. Ook stilligtijden omwille van slechte weersomstandigheden worden uitgesloten.

Doordat de baggerwerken sneller worden uitgevoerd, dient er niet langer in dag-en-nacht regime (7 dagen op 7, 24u per dag) te worden gewerkt. De (geluids)overlast tijdens de nacht en weekends wordt daardoor vermeden. De tijdsspanne waarbinnen de baggerwerken worden uitgevoerd, verkort. Het toezicht en de controle op de baggerwerken kan daardoor intensiever worden uitgevoerd.

De vaarbewegingen tussen haven en loswal (in dit geval: Nieuwpoort) worden uitgesloten. Dit betekent een aanzienlijke vermindering van de uitstoot van CO₂ en fijn stof.

2.6.3 Opvolging

Tijdens het onderzoek wordt een monitoringscampagne opgezet inzake sedimenttransport en ecologische impact in overleg met de betrokken instanties.

2.7 MFSD

De MSFD is het eerste deel van de EU wetgeving gericht op de bescherming van het Europese mariene leefmilieu als een geheel. De belangrijkste doelstelling ervan is het bereiken van een "Goede toestand van "Good Environmental Status" (GES) in alle mariene wateren tegen 2020 door het toepassen van een ecosysteem gebaseerde benadering op het beheer van de menselijke activiteiten die een impact hebben op het mariene leefmilieu.

Tegen 15 juli 2012, moeten Lidstaten een initiële beoordeling uitvoeren van de status van hun mariene wateren. Tegen deze datum moet ze ook definiëren wat ze verstaan onder GES in hun mariene wateren en "environmental targets" en ermee geassocieerde indicatoren vastleggen die moeten leiden tot hun vooruitgang in het bereiken van GES.

Tegen 15 juli 2014 moeten Lidstaten monitoringsprogramma's hebben voor al hun mariene wateren, die aangepast zijn aan de assessment van vooruitgang naar GES.

Deze nieuwe uitdaging kan implicaties hebben op de bestaande monitoringsprogramma's voor het dumpen in zee van baggerspecie.

Bijlage: Bagger- en stortintensiteitskaarten