



**Studiedag**

# **Beheer van kust en zee: beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen**

9 november 2001  
Thermae Palace Oostende

VLIZ Special Publication 4  
2001



**Studiedag**

---

**Beheer van kust en zee:  
beleidsondersteunend  
onderzoek  
in Vlaanderen**

---

9 november 2001  
Thermae Palace Oostende

*Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:*

Mees, J.; Seys, J., eds (2001). Beheer van kust en zee: beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen. Studiedag, Oostende, 9 november 2001. VLIZ Special Publication, 4. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende, Belgium. 82 pp.

Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ)  
Flanders Marine Institute  
Victorialaan 3  
B-8400 Oostende, Belgium  
Tel. +32-(0)59-34 21 30  
Fax +32-(0)59-34 21 31  
E-mail: [info@vliz.be](mailto:info@vliz.be)  
<http://www.vliz.be>

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISSN 1377-0950



## **INLEIDING**

Deze publicatie bevat de uitgebreide samenvattingen van de voordrachten die tijdens de VLIZ-studiedag 'Beheer van kust en zee: beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen' van 9 november 2001 gegeven werden. Het gaat om veertien bijdragen door eminente wetenschappers die het marien onderzoek uitvoeren, en door topambtenaren van de belangrijkste onderzoeksfinancierende en -ondersteunende administraties. Aan de onderzoekers werd gevraagd een overzicht te geven van het recente mariene en kustgebonden onderzoek dat binnen hun onderzoeksdomein door Vlaamse gelden gefinancierd werd; de ambtenaren geven een overzicht van de onderzoeksnoden waarmee ze geconfronteerd worden om tot een goed beheer van kust en zee te komen en welke inspanningen hun administratie doet om aan de nodige beleidsondersteunende gegevens te geraken. Ook het federale onderzoeksprogramma van DWTC mag hierbij niet ontbreken, alhoewel het wetenschappelijk onderzoek dat door de collega's van federale instellingen en Waalse universiteiten uitgevoerd wordt ter ondersteuning van het beheer van ons stuk Noordzee, niet in detail wordt voorgesteld.

De bijdragen reflecteren de diversiteit aan kustgebonden onderzoek in Vlaanderen, en bevestigen het multidisciplinaire en interuniversitaire karakter van het VLIZ: alle belangrijke aspecten inzake biologie, chemie, aardwetenschappen, kustverdediging en waterbouwkunde, maritiem recht en natuurontwikkeling komen aan bod. En er wordt niet alleen aandacht besteed aan onderzoek op zee, maar ook andere 'kust-gerelateerde' systemen zoals estuaria, duinen, stranden, schorren en de lucht krijgen de nodige aandacht.

Met de organisatie van deze studiedag hoopt het VLIZ, conform haar doelstellingen, bij te dragen tot het in kaart brengen van het zeewetenschappelijk landschap in Vlaanderen en tot het verhogen van de visibiliteit van het onderzoek. Met 200 inschrijvingen lijken we in dit opzet te slagen. De studiedag en de voorliggende publicatie helpen om, samen met de VLIZ Collected Reprints, de VLIZ Nieuwsbrief, het elektronisch magazine VLIZINE en de IMIS databank, wetenschappelijke informatie onder onze diverse doelgroepen te verspreiden. En dat deze niet beperkt zijn tot de onderzoekers en studenten bewijst de samenstelling van het talrijk opgekomen publiek: we verheugen ons in de aanwezigheid van talrijke ambtenaren, politici, vertegenwoordigers van privé-ondernemingen en andere geïnteresseerden. Bruggen bouwen tussen de universitaire onderzoeksgemeenschap en de andere actoren rond kust en zee is immers ook een belangrijke finaliteit van de werking van het VLIZ.

Jan Mees en Jan Seys

## INHOUD

Inleiding .....	iii
Strubbe J. , R. Herman en J. Mees <i>Overzicht van geldstromen naar kustzone: uitvoering, financiering en ondersteuning van het marien wetenschappelijk onderzoek in Vlaanderen</i> .....	1
Monteny F. <i>Het federaal marien onderzoeksprogramma ‘Duurzaam beheer van de Noordzee’</i> .....	5
Cliquet A. en F. Maes <i>Beleidsondersteunend onderzoek voor een geïntegreerd kustzonebeleid in België: welk geïntegreerd kustzonebeleid?</i> .....	12
Baeyens W., N. Brion, F. Dehairs en M. Leermakers <i>De Schelde en de Belgische kustzee: ecosysteem of afvoersysteem van pollutanten?</i> .....	18
Van Grieken R. en K. Eyckmans <i>Geen vuiltje aan de Noordzeelucht: aërosolen kennen geen grenzen</i> .....	22
Dumon G. <i>Het hydrometeosysteem van de Vlaamse kust</i> .....	26
Mostaert F., E. Laforce, Y. Meersschaut, T. De Mulder en M. Willems <i>Geïntegreerd hydraulisch en nautisch onderzoek voor het ontwerpen van haven- en kustverdedigingsinfrastructuur</i> .....	32
Monbaliu J., E. Toorman en J. Berlamont <i>Modelleren van stromingen en golven langs de Vlaamse kust</i> .....	38
De Rouck J. en B. Van de Walle <i>Golfoploop op gehelde gesloten en open zeeoeveringen</i> .....	43
Lanckneus J., G. Moerkerke en V. Van Lancker <i>Sedimentologisch en geofysisch onderzoek op het strand en op zee</i> .....	48
Meire P., S. Vandamme, T. Ysebaert en E. Van den Bergh <i>Onderzoek voor het beheer van estuaria</i> .....	53
Herrier J.-L., M. Leten en K. De Smet <i>Natuurontwikkeling en -behoud in het kustgebied: het belang van ondersteunend onderzoek</i> .....	56
Hoffmann M. <i>Onderzoek van schorren en duinen langs de Vlaamse kust</i> .....	61
Vincx M., S. Degraer, B. Beyst, A. Volckaert, E. Hoste, A. De Backer en T. Gheschiere <i>Stranden, niet alleen voor toeristen!</i> .....	69
Deelnemerslijst.....	74

# OVERZICHT VAN GELDSTROMEN NAAR KUST EN ZEE: UITVOERING, FINANCIERING EN ONDERSTEUNING VAN HET MARIEN WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK IN VLAANDEREN

Jan Strubbe<sup>1</sup>, Rudy Herman<sup>2</sup> en Jan Mees<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Directoraat-Generaal, Graaf de Ferrarisgebouw, Koning Albert II-laan 20 bus 5, B-1000 Brussel

<sup>2</sup>Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Wetenschap en Innovatie, Afdeling Wetenschappen, Boudewijngedebouw, Boudewijnlaan 30, B-1000 Brussel

<sup>3</sup>Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ), Victorialaan 3, B-8400 Oostende

We hebben onderzocht hoeveel geld er jaarlijks aan zeewetenschappelijk onderzoek in Vlaanderen besteed wordt. De algemene doelstelling was om de belangrijkste financieringsbronnen te identificeren, zowel wat betreft de rechtstreekse financiering als de operationele ondersteuning van het onderzoek. Conform de opzet van deze studiedag, behelst deze oefening het marien onderzoek in de breedste zin, d.w.z. alle marien-wetenschappelijke disciplines, inclusief onderzoek i.v.m. getijgebonden systemen (estuaria) en kustgebonden terrestrische systemen (duinen, stranden, schorren, polders, etc.). Zowel fundamenteel, toegepast als beleidsondersteunend onderzoek werden in rekening gebracht, doch met bijzondere aandacht voor het onderzoek dat het beheer van kust en zee ondersteunt. In eerste instantie werd het onderzoekspotentieel in Vlaanderen in kaart gebracht door informatie te verzamelen over de diverse onderzoeksgroepen en hun onderzoeksdomeinen; vervolgens werden de diverse financieringskanalen geïdentificeerd en werden per kanaal kwantitatieve gegevens verzameld voor de periode 1995-2001.

De **inventaris** van de onderzoeksgroepen is gebaseerd op een enquête die door het VLIZ werd uitgevoerd in het najaar van 2001. Hierbij werd aan elke onderzoeksgroep informatie gevraagd over het aantal personeelsleden, hun statuut en bron van inkomen en het percentage van de beschikbare onderzoekstijd dat aan mariene wetenschappen besteed wordt. In deze inventaris werden ook de federale instellingen met een duidelijke Vlaamse inbreng in de mariene wetenschappen opgenomen. Het antwoordpercentage was hoger dan 95%. De resultaten zijn verwerkt in de modules 'personen' en 'instituten' van de IMIS-databank (<http://www.vliz.be/vmdcdata/imis/index.htm>).

Tabel 1. Samenvatting van de inventaris van de onderzoeksgroepen

Type instelling	Groepen	Personeel
Federale wetenschappelijke instellingen	10	106
Vlaamse wetenschappelijke instellingen en administraties	4	61
Privé-bedrijven in Vlaanderen	17	50
Vlaamse universiteiten	44	285
Universiteit Gent	22	169
Vrije Universiteit Brussel	10	52
Katholieke Universiteit Leuven	6	30
Universiteit Antwerpen	5	30
Limburgs Universitair Centrum	1	4

Het marien wetenschappelijk onderzoek wordt in Vlaanderen uitgevoerd door ruim 500 vorsers en technici (380 wetenschappers) verdeeld over ca 75 onderzoeksgroepen (Tabel 1). De meeste groepen zijn klein en gespecialiseerd: slechts een tiental ploegen bestaan uit meer dan 10 voltijds-equivalente mariene vorsers. De meerderheid van de groepen is actief binnen de Vlaamse universiteiten, met een duidelijk zwaartepunt aan de RUG. De federale groepen zijn te vinden binnen het Koninklijk Museum voor Midden Afrika, de Belgische Geologische Dienst, het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (met een bijzondere plaats voor de Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium of BMM) en het (vooralsnog) federale Departement Zeevisserij van het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek. De belangrijkste Vlaamse niet-universitaire instellingen zijn de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek van de administratie Waterwegen en Zeewezen en het Instituut voor Natuurbehoud. Tenslotte zijn er ook minstens 18 privé-ondernemingen die in meer of mindere mate actief zijn op het gebied van de zeewetenschappen. Hiervan is ongeveer de helft gespecialiseerd in de toegepaste wetenschappen (waterbouwkunde, hydraulica, etc.) en de geologie; de andere helft profileert zich vnl. op het vlak van milieuconsultancy en/of biologie.

Wat de onderzoeksdisciplines betreft, vertegenwoordigen de zeer diverse biologische wetenschappen (incl. domeinen zoals ecotoxicologie, maricultuur en visserij) bijna de helft (49%) van het totaal aantal onderzoeksgroepen en 57% van het personeel. Ook belangrijk zijn de toegepaste wetenschappen (15% van de groepen en 18% van het personeel), geologie (19% en 9%), chemie (8% en 12%) en maritieme wetenschappen (8% en 4%).

Het onderzoek van de Vlaamse onderzoeksgroepen wordt gefinancierd door lokale, Vlaamse, federale en internationale overheden. Een overzicht van de geïdentificeerde **financieringskanalen** wordt gegeven in een Appendix. Voor deze analyse werd de financiering van de federale onderzoeksgroepen niet in rekening gebracht. De financiële informatie werd rechtstreeks bij de bevoegde instanties opgevraagd voor de jaren 1995 t/m 2001 (bvb. provincie, FWO, IWT, AWI, AWZ, DWTC, AMINAL Natuur). Bijkomende informatie (en kwaliteitscontrole op de initiële schatting) werd verkregen door analyse van de enquête (bvb. voor de eigen inbreng van de universiteiten: personeelskosten AAP en ZAP) of werd geëxtraheerd uit de databanken IWETO (bvb. projecten BOF) en TWOL (bvb. projecten IN en andere afdelingen AMINAL). Alle mariene onderzoeksprojecten die voor deze oefening opgespoord werden, zullen via de module 'projecten' van de IMIS-databank ontsloten worden. De resultaten worden samengevat in Tabellen 2 en 3, waarbij voor verdere bespreking de jaargemiddelden voor de periode 1996-2000 gebruikt worden.

**Tabel 2. Overzicht van alle middelen (in miljoen BEF) voor uitvoering en ondersteuning van marien onderzoek voor de periode 1995-2001 en gemiddelde voor de periode 1996-2000**

	Lokaal	Vlaams	Federaal	Internationaal	Andere	Totaal
1995	5	830	150	44	6	1035
1996	5	880	170	54	6	1115
1997	7	980	185	58	12	1242
1998	5	980	200	76	5	1266
1999	6	1160	220	84	6	1476
2000	20	1050	220	75	3	1368
2001	21	1020	200	43	2	1285
Gem.	9	1010	199	69	6	1293

In de afgelopen vijf jaar werd in Vlaanderen gemiddeld **1293 miljoen BEF of 32 miljoen EUR** besteed aan marien onderzoek. Dit moet beschouwd worden als een minimum schatting, aangezien een aantal bronnen niet in rekening gebracht werd (zie Appendix). De middelen kunnen opgedeeld worden in (1) rechtstreekse financiering van onderzoek (projecten, effectieve onderzoeksopdrachten, onderzoek uitgevoerd in eigen beheer, etc.) en (2) operationele taken en werking die het onderzoek ondersteunen.

**Tabel 3. Financiering: jaargemiddelde voor de periode 1996-2000 (in miljoen BEF)**

<b>(1) Onderzoek: 637.000.000 BEF</b>	
Departement Leefmilieu en Infrastructuur: onderzoek in eigen beheer en projecten	193
Vlaamse universiteiten	92
FWO-Vlaanderen	81
Europese Unie	70
Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking	63
Diensten voor Wetenschappelijke Technische en Culturele aangelegenheden: projecten	57
Instituut voor Natuurbehoud	18
Ministerie van Sociale Zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu	12
IWT-Vlaanderen	11
Bilaterale samenwerking geopolitieke landen	10
Andere Vlaamse openbare, semi-private en pararegionale instellingen	7
Privé-financiering van binnenlandse oorsprong	7
Provincie: projecten	5
Departement Coördinatie	3
Ministerie van Economische Zaken	3
Departement Wetenschap, Innovatie en Media: onderzoek	3
Departement Onderwijs	1
Buitenlandse publieke of privé-opdrachtgever	1
<b>(2) Ondersteuning: 655.000.000 BEF</b>	
Departement Leefmilieu en Infrastructuur: operationele opdrachten	555
DWTC: ondersteuning onderzoek	65
Departement Wetenschap, Innovatie en Media: ondersteuning onderzoek	30
Provincie: ondersteuning onderzoek	5

(1) Jaarlijks wordt **637 miljoen BEF (15.8 miljoen EUR)** aan marien en kustgebonden **onderzoek** besteed (Tabel 3). Het Vlaamse departement LIN, de universiteiten, het FWO-Vlaanderen, de Europese Unie en de federale DGIS en DWTC staan samen in voor 87% van de jaarlijkse middelen. De financiering vanwege de universiteiten omvat vooral personeelskosten (67 miljoen BEF per jaar) en projecten van het Bijzonder Onderzoeksfonds (21 miljoen per jaar). Veruit de belangrijkste financierder is het departement Leefmilieu en Infrastructuur met ruim 30% van de jaarlijkse middelen. Het is vooral AWZ dat gedurende de afgelopen 5 jaar belangrijke bedragen geïnvesteerd heeft in het onderzoek naar kust en zee. Hierbij zitten de studies die uitbesteed worden en de studies die in eigen beheer worden uitgevoerd. Het zelf uitvoeren van studies gebeurt binnen AWZ vooral in de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek. Onderzoek dat door de verschillende afdelingen wordt uitbesteed komt voornamelijk op rekening van de afdeling



Waterwegen Kust (40 miljoen BEF per jaar), andere afdelingen van AWZ (samen 27 miljoen BEF per jaar) en AMINAL (26 miljoen per jaar, waarvan 15 miljoen door de afdeling Natuur). Het relatief belang van de inbreng van AWZ tot het onderzoek dat onze kust en zee moet helpen beheren, neemt nog toe als we rekening houden met het feit dat de andere kanalen vaak aanzienlijke hoeveelheden onderzoek in het buitenland financieren.

(2) Langs de andere kant wordt er per jaar nog eens een **655 miljoen BEF (16.2 miljoen EUR)** besteed aan de operationele werking voor het leveren van informatie die belangrijk is in het toegepast onderzoek en de logistieke ondersteuning van het wetenschappelijk onderzoek. Hiervan wordt 555 miljoen BEF besteed door AWZ. Deze som omvat aanbestedingen door de afdeling Waterwegen Kust (o.a. aeroteledetectische waarnemingen langs de kust, onderhoud van het meetnet Vlaamse Banken, opstellen van hydro-meteo berichten, baggerinformatiesysteem) en de eigen werking van de cellen Hydro-meteo en Kust, alsook de Hydrografie, verzorgd door de afdelingen Waterwegen Kust, Vloot en Maritieme Schelde. Ook de ombouw, exploitatie en het onderhoud van het onderzoeksschip 'Zeeleeuw' is een belangrijke inspanning (30 miljoen ombouw en jaarlijks 35 miljoen exploitatie gedragen door AWZ; 5 miljoen ombouw en 14 miljoen uitrusting gedragen door AWI).

Deze financiering en ondersteuning van wetenschappelijk onderzoek en het verzamelen van voldoende gegevens van hoge kwaliteit i.v.m. kust en zee is een noodzakelijke ondersteuning voor een goed beleid. AWZ staat o.a. in voor de kustverdediging, het beheer van stranden en duinen, het beheer en onderhoud van de infrastructuur van de kusthavens, het onderhoud van de maritieme toegangsweg tot de kusthavens en tot de Westerschelde en het beheer van het hydrometeo-station. Onderzoek naar zee en zeevering is van uitzonderlijk belang voor het realiseren van de opdrachten die binnen de bevoegdheid van het Vlaamse Gewest liggen. Dit ondanks dat strikt genomen de bevoegdheid van het Vlaamse Gewest enkel gaat tot aan de laagwaterlijn. Een zeer goed inzicht van de werking van de zee is noodzakelijk voor de kustverdediging. De Hydrometeo speelt hier een grote rol, maar ook de hydrografie. Het is immers zo dat de overgang van het zeeklimaat naar de vooroever in sterke mate bepaald wordt door de evolutie van de bodem. Verder speelt in het natuurlijk milieu ook dat de interactie tussen land en water, vooral door het unieke van deze situatie, speciale aandacht verdient. Heel wat specifieke studies behandelen dit onderwerp en geven een uiterst waardevolle input voor het intergraal kustzonebeheer. Van het hoogste belang voor het vrijwaren van de Vlaamse welvaart, met daaraan verbonden de werkgelegenheid, is natuurlijk de toegang tot de Vlaamse Zeehavens. Het vrijwaren van deze toegang met als evenwaardige aandachtspunten de natuurlijkheid en de veiligheid dienen gewaarborgd te worden. Dit kan enkel dankzij een nauwgezette monitoring.

## Appendix. Overzicht van de financieringskanalen die in rekening gebracht werden, met aanduiding van enkele ontbrekende gegevens

Niveau	Financieringskanaal	Opmerkingen
Lokaal	Provincie West-Vlaanderen: Bijdrage aan EU projecten	Co-financiering INTERREG en 5b-projecten
Lokaal	Provincie West-Vlaanderen: Eigen onderzoeksprojecten	Onderzoek ivm toerisme en visserij
Lokaal	Provincie West-Vlaanderen: Ondersteuning onderzoek	Toelage EAS, IZWO, VLIZ
Lokaal	Onderzoek gefinancierd door de provincies Oost-Vlaanderen en Antwerpen	Informatie ontbreekt
Vlaams	Vlaamse impuls- en onderzoeksprogramma's: Vlaams Impulsprogramma Natuurontwikkeling (VLINO)	
Vlaams	Vlaamse impuls- en onderzoeksprogramma's: Bilaterale samenwerking geopolitieke landen	Deels ondersteunend, veelal onderzoek in het buitenland
Vlaams	Onderzoek op ministerieel initiatief: departement Coördinatie: administratie Buitenlands Beleid	Deels ondersteunend, veelal onderzoek in het buitenland
Vlaams	Onderzoek op ministerieel initiatief: departement Onderwijs: administratie Hoger Onderwijs en Wetenschappelijk Onderzoek	
Vlaams	Onderzoek op ministerieel initiatief: departement Economie, Werkgelegenheid, Binnenlandse aangelegenheden en Landbouw	Departement Zeevisserij van CLO vooralsnog federaal - niet in rekening gebracht
Vlaams	Onderzoek op ministerieel initiatief: departement Leefmilieu en Infrastructuur: administratie Waterwegen en Zeewezen	Zie (1), onderaan
Vlaams	Onderzoek op ministerieel initiatief: departement Leefmilieu en Infrastructuur: administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer	Zie (2), onderaan
Vlaams	Onderzoek op ministerieel initiatief: departement Wetenschap, Innovatie en Media: administratie Wetenschap en Innovatie	Programma Beleidsondersteunend Onderzoek (PBO) en co-financiering INTERREG
Vlaams	Ondersteuning onderzoek: departement Leefmilieu en Infrastructuur: administratie Waterwegen en Zeewezen	Zie (3), onderaan
Vlaams	Ondersteuning onderzoek: departement Wetenschap, Innovatie en Media: administratie Wetenschap en Innovatie	Toelage VLIZ, ombouw en uitrusting Zeeleeuw
Vlaams	Vlaamse wetenschappelijke instellingen: Instituut voor Natuurbehoud	Opgedeeld in projecten en schatting personeelskosten
Vlaams	Universiteiten: Vlaamse aanvullende rechtstreekse onderzoeksfinanciering	Vnl. Geconcentreerde Onderzoeksacties (GOA), Bijzonder Onderzoeksfonds (BOF)
Vlaams	Universiteiten: eigen middelen zoals patrimonium, inschrijvingsgelden, giften, ....	Zoals doorgegeven aan IWETO
Vlaams	Universiteiten: institutionele werkingstoelagen van de overheid: vrij en projectmatig onderzoek	Zie (4), onderaan
Vlaams	Universiteiten: ontbrekende informatie	Geen gegevens over werkingstoelagen en logistieke ondersteuning ZAP
Vlaams	Instituut voor de aanmoediging van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen	Specialisatiebeurzen, eerste termijn 2001 ontbreekt
Vlaams	Ander Vlaamse openbare, semi-private en pararegionale instellingen	OVAM en VMM, alle andere geen marien onderzoek
Federal	Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek-Vlaanderen	Tijdelijke en vaste mandaten, kredieten aan navorsers, onderzoeksprojecten
Federal	Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele aangelegenheden: projecten	Zie (5), onderaan
Federal	Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele aangelegenheden: ondersteuning	Enkel exploitatie Belgica; structurele ondersteuning BMM ontbreekt (cf. modellen)
Federal	Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking	Ontwikkelingssamenwerking (DGIS via VLIR) – onderzoek in het buitenland
Federal	Ministerie van Economische Zaken	
Federal	Ministerie van Sociale Zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu	
Federal	Ministerie van Landsverdediging	
Internat.	EU - Tweede Kaderprogramma	Informatie ontbreekt
Internat.	EU - Derde kaderprogramma	MAST, FLAIR, Step/Epoch, BRIDGE
Internat.	EU - Vierde kaderprogramma	ENW, MAST2, AIR, HCM
Internat.	EU - Vijfde kaderprogramma	ENW 2, MAST 3, BIOMED 2, FAIR, INCO
Internat.	EU - Programma's en initiatieven buiten kader	Voor 2001: schaffing voor de goedgekeurde projecten, gevraagd bedrag - 15%
Ander	Lotto - uitrustingskredieten	ISC, AVICENNE, PECO/COPERNICUS, LIFE, INTERREG, 5b
Ander	Privé-financiering van binnenlandse oorsprong	Beheerd door FWO
Ander	Buitenlandse publieke of privé-opdrachtgever	Ontbreekt grotendeels, onderschatting
		Ontbreekt grotendeels, onderschatting

(1) Omvat de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, het OMES-programma en onderzoeksopdrachten van de afdelingen Waterwegen Kust, Maritieme Schelde en Zeeschedde

(2) Opgedeeld in onderzoeksopdrachten van afdeling Natuur, cel Kust, en onderzoeksopdrachten van andere afdelingen

(3) Omvat uitbestedingen door afdeling Waterwegen Kust (vnl hydrografie en hydro-meteo), eigen werking cellen hydro-meteo en kust, ombouw en exploitatie Zeeleeuw)

(4) Schatting ohv vast bedrag per jaar voor AAP, post-doc AAP, ATP en ZAP - gemiddeld jaarsalaris gedeeld door twee, vermenigvuldigd met percentage van onderzoek dat marien is

(5) Federale Impulsprogramma's: Algemeen, Biowetenschappen, Zeewetenschappen, Antarctica 1-3, Global Change, Geopolitieke financiering en PODO I (Noordzee, Antarctica, ...)

# **HET FEDERAAL MARIEN ONDERZOEKSPROGRAMMA 'DUURZAAM BEHEER VAN DE NOORDZEE'**

Frank Monteny

Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden, Dienst Onderzoekprogramma's, Wetenschapsstraat 8, B-1000 Brussel

## **Context**

Het Programma Duurzaam beheer van de Noordzee is een onderdeel van het eerste 'Plan ter wetenschappelijke ondersteuning van een beleid inzake duurzame ontwikkeling - PODO I' dat in mei 1996 werd goedgekeurd door de Ministerraad en ten einde loopt in 2001.

Dit Plan is opgebouwd uit 5 thematische Programma's: 'Duurzame mobiliteit' en 'Productnormen in de voedingssector' waar de milieucomponent sterk verbonden is met de bekommernissen van de betrokken sectoren en 'Global Change', 'Onderzoek inzake Antarctica', 'Duurzaam beheer van de Noordzee' die de verschillende overeenkomsten en verdragen ondersteunen die België binnen deze domeinen onderschreven heeft. Daarnaast omvat het een Programma 'Hefbomen voor een beleid inzake duurzame ontwikkeling' dat de integratie van menselijk gedrag en milieuproblemen beoogt, met de bedoeling instrumenten te ontwikkelen die de besluitvorming kunnen sturen evenals een Programma dat het gebruik van satellietwaarnemingen van de aarde in het onderzoek wil aanmoedigen ('Aardobservatie per satelliet').

Het Plan wordt vervolledigd door een reeks 'Ondersteunende acties' die de integratie en het beheer van wetenschappelijke gegevens wensen te bevorderen en de communicatie en uitwisseling van informatie naar alle betrokken maatschappelijke geledingen wensen te bevorderen.

Het beschikbare onderzoeksbudget voor dit Plan bedroeg ongeveer 2.5 miljard BEF.

De voornaamste doelstelling van het Plan is om, binnen de aan bod komende domeinen, een wetenschappelijk potentieel te consolideren en verder te ontwikkelen en al doende aan de overheid een wetenschappelijke expertise ter beschikking te stellen waarop zij beroep kan doen voor de voorbereiding en uitvoering van haar beleid inzake duurzame ontwikkeling.

Het Plan en zijn verschillende onderdelen wordt gekenmerkt door een thematische aanpak (definiëring van de verschillende onderzoeklijnen binnen elk van de onderdelen) en een sterke stimulans voor de uitvoering van interdisciplinair onderzoek (projectrealisatie door netwerken van onderzoeksploegen). Het wordt uitgevoerd in het kader van een samenwerkingsakkoord met de Gewesten.

De Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden zijn belast met de praktische uitvoering van dit Plan. Zij worden voor elk van de acties bijgestaan door een begeleidingscomité waarin zowel de bij de problematiek betrokken Federale departementen als de Gewesten zijn vertegenwoordigd.

De uitvoering van het Plan berust op de publicatie van oproepen tot voorstellen (Belgisch Staatsblad). De doelgroep van deze oproepen zijn voornamelijk de universiteiten en de openbare wetenschappelijke instellingen en in sommige gevallen gespecialiseerde studiebureaus.

De evaluatie van de ontvangen voorstellen gebeurt in twee stappen: in een eerste fase worden de voorstellen op hun wetenschappelijke waarde geëvalueerd door minimaal drie buitenlandse experts, de resultaten van deze evaluatie worden vervolgens besproken binnen het begeleidingscomité. Op basis van deze laatste discussie wordt een voorstel van te financieren projecten voorgelegd aan de bevoegde Minister.

Algemeen kan gesteld worden dat ongeveer 1 op 3 voorstellen voor financiering werd weerhouden.

### **Het Programma Duurzaam beheer van de Noordzee**

Dit Programma werd ontwikkeld vanuit de vaststelling dat de Federale Overheid, die bevoegd is voor de territoriale zee en Exclusief Economische Zone (EEZ), op een hoogstaand wetenschappelijk potentieel moet kunnen steunen bij het uitoefenen van haar bevoegdheden in een nationale en internationale context.

Het duurzaam gebruiken en ontwikkelen van de Noordzee en al haar rijkdommen, alsook het behoud van het mariene milieu en een juiste inschatting van de gevaren die het bedreigen, veronderstellen het vermogen om de huidige toestand van dit systeem te beschrijven en zijn evolutie te voorspellen. De vaak nog grote onzekerheden in de huidige kennis belemmeren een duurzaam beheer en beperken het vermogen om voorspellingen te doen en eventuele milieuveranderingen in te schatten. Stelselmatige vergaring en analyse van gegevens aangaande het mariene milieu is nodig om deze onzekerheden te reduceren en zodoende geïntegreerde beheermethoden toe te passen die toelaten de gevolgen te voorspellen van door de mens veroorzaakte veranderingen van het mariene leven en het mariene milieu.

In deze context is het een noodzakelijkheid dat de federale overheid inspanningen doet die leiden tot:

- het beter begrijpen van de structuur en de werking van het ecosysteem van de Noordzee;
- het beter begrijpen van de invloed van menselijke activiteiten op het ecosysteem van de Noordzee, waarbij specifiek aandacht wordt besteed aan:
  - ↳ een betere objectieve kennis van het begrip 'duurzaam bruikbare Noordzee, die een hoge levensstandaard aan haar oeverbewoners garandeert';
  - ↳ een betere kennis van de sociaal-economische gevolgen die samengaan met de negatieve invloed van menselijke activiteiten op het ecosysteem van de Noordzee;
  - ↳ een overdracht van informatie en van wetenschappelijk gefundeerd advies van de onderzoekwereld naar het beleid om het in staat te stellen de meest gunstige balans tussen de verschillende gebruiksfuncties van de Noordzee na te streven en het publiek te informeren.

Het Programma Duurzaam beheer van de Noordzee moest de noodzakelijke ruimte bieden om wetenschappelijk onderzoek uit te voeren dat elementen van antwoord kan aandragen voor de bovenvermelde probleemstellingen. Het totale onderzoekbudget dat hiertoe werd vrijgemaakt bedroeg ongeveer 408 miljoen BEF.

Bij de uitwerking van het Programma is er voor geopteerd om zowel meer 'fundamentele' als meer 'toepassingsgerichte' onderzoeksprojecten te financieren. In die context werd er een onderscheid gemaakt tussen twee soorten van acties, namelijk strategisch wetenschappelijke acties en gerichte wetenschappelijke acties.

De **strategische wetenschappelijke acties** betreffen langdurig (vijf jaar) thematisch onderzoek dat wordt uitgevoerd door groepen (netwerken) van onderzoeksploegen. Dit type van onderzoek is gericht op de vermindering van onzekerheden en legt de wetenschappelijke basis ter ondersteuning van het langetermijnbeleid van de overheid.

De onderzoekslijnen die werden uitgestippeld waren de volgende:

↳ *Chemische verontreiniging*

Wat zijn de bronnen, fluxen en bestemmingen van anorganische en organische pollutanten?

Wat is de impact van deze poluënten op de mariene organismen?

↳ *Eutrofiëring*

Waar, hoe en met welke gevolgen veroorzaken verhoogde concentraties van nutriënten en of fluxen van antropogene oorsprong veranderingen in frequentie, duur en omvang van de algenbloei?

Wat is de invloed van een verhoogde aanwezigheid van bepaalde algen op hun soortsaanstelling en op de mariene ecosystemen op het niveau van zoöplankton, benthos en hogere trofische niveaus?

↳ *Bescherming van soorten en hun habitats*

Wat is de spreiding in ruimte en tijd van ecologisch belangrijke soorten, wat is de relatie tussen hun habitats in de kustzone en de open zee?

Wat is de invloed van menselijke activiteiten op de biodiversiteit en op de duurzaamheid van de verschillende habitattypes?

↳ *Duurzaam gebruik van de zee*

Hoe kan de 'gezondheidstoestand' van de zee worden bepaald mibv de menselijke invloed op deze toestand?

Wat is de sociaal-economische kostprijs van de degradatie van het mariene milieu?

Wat is het risico van het accidenteel lozen van olie en andere chemische producten?

↳ *Ontwikkelen van een gegevensbank*

Hoe kunnen de fragmentair beschikbare gegevensreeksen op een gestructureerde wijze gegroepeerd worden?

Hoe kan de toegankelijkheid ervan voor de verschillende gebruikersgroepen verzekerd worden?

Na afsluiten van 2 oproepen tot voorstellen (1996 en 1997) werden 14 onderzoeksvoorstellen ontvangen waarvan er uiteindelijk 7 werden gefinancierd voor een totaalbudget van ongeveer 335 miljoen BEF.



Een gedetailleerd overzicht van de gefinancierde projecten en deelnemende ploegen is opgenomen in Tabel 1.

Door middel van de **gerichte wetenschappelijke acties** werden projecten van beperkte duur (maximum 2 jaar) gefinancierd rond verscheidene thema's die als relevant werden beschouwd voor het kortetermijnbeleid van de overheid. De thema's werden steeds vastgelegd in onderling overleg met de leden van het begeleidingscomité.

In deze context werden in het totaal drie (1997, 1998 en 2000) oproepen tot voorstellen gepubliceerd rond de volgende thema's:

1. Haalbaarheid van routinematige analyse(monitring) van vluchtige organische verbindingen in zeevisserijprodukten
2. Haalbaarheid van 'restocking' van bedreigde visbestanden in de Noordzee door middel van aquacultuur
3. Haalbaarheid van een ecotoxicologisch bewakingssysteem voor het duurzaam beheer van de Belgische kustwateren
4. Evaluatie van de mogelijke impact van hormonaal versturende stoffen op de ecosystemen van de Noordzee
5. Evaluatie van nieuwe gestandaardiseerde en gevalideerde methodes voor het bepalen en het volgen van de evolutie van koolwaterstoffen en micropolluenten in het mariene milieu
6. Evaluatie van de chemische contaminatie van de Noordzee
7. Afbakening van door eutrofiëring aangetaste zeegebieden
8. Raming van de vervuiling van het mariene milieu vanop het land
9. Definitie van een 'nulpunt' in de evolutie van het mariene ecosysteem van de Noordzee
10. Onderzoek van natuurlijke zandtransporten op het Belgisch Continentaal Plat
11. Intensieve opvolging van een beschermd Belgisch habitat
12. Evaluatie van de toestand van de mariene site 'Paardenmarkt'
13. Haalbaarheidsstudie van de monitoring van de aanwezigheid van toxische algen in de Belgische kustwateren
14. Impact van offshore constructies op mariene ecosystemen
15. Evaluatie van de verschuivingen in de macrobenthosgemeenschappen van het Belgisch Continentaal Plat door antropogene invloeden
16. Ontwikkeling van snelle analysemethoden voor de bepaling van dioxines, furanen en dioxine-verwante PCB's in mariene matrices

Naar aanleiding van deze verschillende oproepen werden 32 voorstellen ingediend waarvan er uiteindelijk 11 geselecteerd werden (zie Tabel 2) voor een totaal budget van ongeveer 73 miljoen BEF.

Het dient opgemerkt dat voor alle vooropgestelde thema's minstens 1 voorstel ontvangen werd. De gefinancierde voorstellen behandelen 12 van de vooropgestelde thema's (n<sup>o</sup>: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 15 en 16). Voor een gedetailleerd overzicht van de weerhouden projecten en de deelnemende ploegen wordt verwezen naar Tabel 2.

Aan de realisatie van beide types van onderzoeksactiviteiten werken ongeveer 30 Belgische onderzoekploegen mee. Een aantal van deze ploegen is bij meerdere projecten betrokken.

Het merendeel van de gefinancierde projecten zal einde van dit jaar worden afgerond, de resultaten van de verschillende onderzoeksprojecten zullen begin volgend jaar worden voorgesteld tijdens een tweedaags symposium (21 en 22 januari, Paleis voor Congressen).

Een samenvatting van de onderzoeksprojecten is beschikbaar op de website van de DWTC: (<http://www.belspo.be>).

### **Het federaal marien onderzoeksprogramma na 2001**

In mei 2000 werd het tweede 'Plan ter wetenschappelijke ondersteuning voor een beleid inzake duurzame ontwikkeling - PODO II' goedgekeurd voor de periode 2000-2006 goedgekeurd.

In vergelijking met het PODO I kenmerkt het PODO II zich door een verdere integratie van de diverse onderzoekproblematieken en een sterkere stimulering van het multidisciplinair onderzoek. De uitvoering situeert zich binnen een samenwerkingsakkoord met de Gemeenschappen en Gewesten.

Het Plan is opgebouwd uit twee grote onderdelen:

- ↳ 'Duurzame productie- en consumptiepatronen' waarbinnen zowel aandacht wordt besteed aan de ontwikkeling van de noodzakelijke instrumenten voor de besluitvorming inzake duurzame ontwikkeling als aan de thema's energie, transport en agro-voeding.
- ↳ 'Global change, ecosystemen en biodiversiteit' waarbinnen de thema's atmosfeer en klimaat; ecosystemen (terrestrisch, zoetwater en marien) en biodiversiteit aan bod komen. Onderzoek inzake Antarctica wordt eveneens geïntegreerd binnen dit deel.

Het Plan wordt vervolledigd door twee ondersteunende initiatieven:

- 'Ondersteunende acties' die de samenhang tussen de verschillende activiteiten die binnen elk van de onderdelen worden ondernomen moeten bevorderen en de integratie van onderzoeksresultaten, de uitbouw van informatiesystemen evenals het overleg en communicatie tussen de betrokken actoren moeten stimuleren
- 'Gemengde acties' die een bijzondere aandacht besteden aan de stimulering van een geïntegreerde multidisciplinaire onderzoeksbenadering waarbij er een evenwichtige bijdrage is van de 'exacte' wetenschappen en de 'humane' wetenschappen.

Het totale onderzoekbudget dat via dit Plan ter beschikking wordt gesteld bedraagt ongeveer 2.3 miljard BEF, waarvan 1.35 miljard voor het onderdeel 'Global Change, ecosystemen en biodiversiteit'.

Voor wat betreft de problematiek van het duurzaam beheer van de Noordzee worden binnen het PODO II de volgende onderzoeksthema's naar voor geschoven: processtudies, verontreinigende stoffen, evaluatie van sedimentaire systemen en de ontwikkeling van nieuwe evaluatietechnologieën met het oog op een duurzaam beheer van de Belgische EEZ, sociale en economische dimensies van een duurzaam beheer van de Noordzee, operationele oceanografie en mariene biodiversiteit.

In deze context zal begin 2002 een nieuwe reeks strategische onderzoeksprojecten worden opgestart.

In een later stadium zullen bovendien nieuwe oproepen voor gerichte wetenschappelijke acties worden opengesteld.

Op deze wijze wordt een gestructureerde ondersteuning van de federale overheid aan het marien onderzoek voor de volgende jaren verzekerd.

Tabel 1. Strategisch onderzoek: overzicht van de gefinancierde projecten

<b>Titel</b>	<b>Deelnemende ploegen</b>
Biogeochemie van nutriënten, metalen en organische micropolluenten in de Noordzee	UIA/UA (Prof. Van Grieken) VUB (Prof. Baeyens) RUG (Prof. Van Langenhove) ULB (Prof. Wollast/Prof. Chou)
De invloed van vervuilende stoffen geassocieerd aan sedimenten op organismen in de Noordzee	ULB (Prof. Dubois) UMH (Prof. Jangoux) UMH (Prof. Flammang)
Zeevogels en zeezoogdieren: pathologie en ecotoxicologie	ULg (Prof. Bouquegneau) ULg (Prof. Coignoul) VUB (Prof. Joiris) IN (Prof. Kuijken)
Structurele en functionele biodiversiteit van Noordzee-ecosystemen: soorten en hun habitats als indicatoren voor een duurzaam beheer van het BCP	RUG (Prof. Vincx) IN (Prof. Kuijken) KUL (Prof. Ollevier)
Gevorderde modellering en onderzoek inzake eutrofiëring	ULB (Prof. Lancelot) VUB (Prof. Daro) BMM (Dr. Pichot)
Beoordeling van mariene degradatie in de Noordzee en voorstellen voor een duurzaam beheer	RUG (Prof. Maes) RUG (Prof. Bocken) RUG (Prof. Janssen) BMM (Dr. Pichot)
Geïntegreerd en dynamisch beheer van oceanografische gegevens	BMM (Dr. Pichot) ULg (Prof. Donnay) KUL (Dr. Van Dyck)

Opm.: Onder deelnemende ploegen worden enkel de teams vermeld waarmee een overeenkomst werd afgesloten, teams die in onderaanneming participeren zijn niet vermeld.

Tabel 2. Gerichte wetenschappelijke acties: overzicht van de gefinancierde projecten

<b>Titel</b>	<b>Deelnemende ploegen</b>
De kwaliteitstoestand en stofstromen van de Noordzee	VUB (Prof. Baeyens) UIA/UA (Prof. Van Grieken) ULB (Prof. Wollast)
De evaluatie van de mogelijke impact van hormonaal versturende stoffen op het ecosysteem van de Noordzee	RUG (Prof. Janssen) RUG (Prof. Comhaire)
Ontwikkeling van analysemethoden voor koolwaterstoffen en organische micropolluenten in het marien milieu	ULg (Prof. Depauw)
Evaluatie van de kwaliteit van tarbotpootvis op het herstockeringssucces in de Noordzee	RUG (Prof. Sorgeloos)
Evaluatie van de 'Paardenmarkt'site	RUG (Prof. Henriët)
Intensieve opvolging van een beschermd benthisches habitat	RUG (Prof. Vincx)
Onderzoek van natuurlijke zandtransporten op het Belgisch Continentaal Plat	MAGELAS (Dr. Lanckneus) RUG (Prof. De Batist)
Monitoring van vluchtige organische verbindingen in mariene organismen: analyse kwaliteitsborging en haalbaarheid	CLO- Dep. Zeevisserij (Dr. De Clerck)
Identificatie van mariene zones aangetast door eutroficatie	ULB (Prof. Lancelot)
Langetermijntrends binnen het Belgisch Continentaal Plat	RUG (Prof. Vincx)
Snelle en weinig kostelijke analyses van dioxines en aanverwante producten in mariene matrices	ULg (Prof. Depauw)

Opm.: Onder deelnemende ploegen worden enkel de teams vermeld waarmee een overeenkomst werd afgesloten, teams die in onderaanneming participeren zijn niet vermeld.

# BELEIDSONDERSTEUNEND ONDERZOEK VOOR EEN GEÏNTEGREERD KUSTZONEBELEID IN BELGIË: WELK GEÏNTEGREERD KUSTZONEBELEID?

An Cliquet en Frank Maes

Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Internationaal Publiekrecht, Maritiem Instituut  
Universiteitstraat 6, B-9000 Gent

## 1. Inleiding

De kustzone dient ecologisch te worden gezien als een eenheid. De kustzone is een overgangszone tussen land en zee, meer in het bijzonder, dat gedeelte van het land dat wordt beïnvloed door de nabijheid van zee en dat gedeelte van de zee dat wordt beïnvloed door de nabijheid van land. Het is een gebied waarin de processen, afhankelijk van de interactie tussen land en zee, het meest intens zijn. Een beleid gericht op de instandhouding en bescherming van de kustzone moet rekening houden met deze onderlinge wisselwerking en beïnvloeding.

De kustzone is tevens een gebied waarin diverse menselijke gebruiken plaatsvinden, die een impact kunnen hebben op het leefmilieu in de kustzone. Het beleid inzake economische en sociale ontwikkeling van de kustzone dient dan ook rekening te houden met de effecten van de verschillende gebruiksfuncties op het leefmilieu in de kustzone.

De integratie in het beleid van zowel land- als zeegedeelte van de kustzone als de integratie en afstemming van de verschillende gebruiksfuncties op de ecologische draagkracht van het kustecosysteem wordt gevat onder de term geïntegreerd kustzonebeheer (integrated coastal zone management).

Geïntegreerd beheer van kustgebieden (GBKG) is volgens de Europese Commissie (Mededeling van de Commissie aan de Raad en het Europees Parlement inzake geïntegreerd beheer van kustgebieden: een strategie voor Europa, Bijlage 1) een *dynamisch, multidisciplinair en iteratief proces voor de bevordering van het duurzame beheer van kustgebieden. Het bestrijkt de volledige cyclus van informatieverzameling, planning (in de ruimste zin van het woord), besluitvorming, beheer en toezicht op de uitvoering. GBKG benut de participatie met kennis van zaken en de medewerking van alle belanghebbenden voor de evaluatie van de maatschappelijke doelstellingen van een bepaald kustgebied en voor het nemen van maatregelen om deze doelstellingen te verwezenlijken. GBKG tracht op lange termijn een evenwicht te vinden tussen milieugerichte, economische, sociale, culturele en recreatieve doelstellingen, alle binnen de door de natuurlijke dynamiek gestelde grenzen.*

*De term 'geïntegreerd' in GBKG heeft betrekking op de integratie van zowel de doelstellingen als de vele instrumenten die voor de verwezenlijking daarvan nodig zijn. Dit betekent integratie van alle relevante beleidsterreinen, sectoren en bestuursniveaus. Het betekent ook integratie van het land- en zeegedeelte van het doelgebied in ruimte en tijd.*

Inzake het beleidsgericht onderzoek ter ondersteuning van een geïntegreerd kustzonebeleid in België rijzen er twee vragen:

- Wordt aan wetenschappelijk beleidsondersteunend onderzoek gedaan ter ondersteuning van een geïntegreerd kustzonebeleid?



- Is er vanuit het beleid vraag naar beleidsondersteunend onderzoek over dit thema? Dit leidt eerst en vooral tot de vraag of en welk beleid inzake geïntegreerd kustzonebeleid wordt gevoerd in België.

## 2. Geïntegreerd kustzonebeleid in België

### Bevoegdheidsstructuur

Om een vraag over geïntegreerd kustzonebeleid in België te kunnen beantwoorden, kan men niet voorbijgaan aan de bevoegdheidsstructuur in de Belgische kustzone. Twee elementen zijn van belang voor het bepalen van de bevoegdheden:

- de internationale regelgeving (met in het bijzonder het internationaal zeerecht, waarin de bevoegdheden van kuststaten over de verschillende mariene rechtsgebieden zijn vastgelegd);
- de staatsstructuur van België.

Schematisch gezien levert dit volgende bevoegdheidsstructuur op:

	ZEE		LAND	
	Juridische omschrijving	Ecologische omschrijving	Juridische omschrijving	Ecologische omschrijving
	Territoriale zee EEZ Continentaal plat	Zeewater Zeebodem en ondergrond	Interne wateren Grondgebied van de kustgemeenten	Intertidaal Slikken en schorren Strand Duinen Kustpolders
<b>Bevoegde overheid</b>				
Federaal	Scheepvaart Militaire activiteiten Ontginning zeebodem Energie (windenergie op zee) Kabels en pijpleidingen Bescherming mariene milieu Controle (politie) Rampenbestrijding Wetenschapsbeleid		Scheepvaart Militaire activiteiten Energie Controle (politie) Rampenbestrijding	
Vlaams Gewest	Baggeren Loodsen Redding op zee Scheepvaartbegeleiding Ruimen van wrakken Zeevisserij		Leefmilieu en natuurbehoud Ruimtelijke ordening Grondwaterwinning Toerisme Havens Kustverdediging Beheer openbaar domein Wetenschapsbeleid	
Provincie W.Vl.	Hulp bij rampenbestrijding		Uitvoering hogere rechtsnormen	
Kustgemeenten			Uitvoering hogere rechtsnormen Politie Onderhoud stranden (in concessie)	

## Wetgeving

Als gevolg van de bovengenoemde bevoegdheidsstructuur, zijn er verschillende wetgevingen voor de verschillende zones in de kustzone. De wetgeving kan zijn:

- internationale regelgeving;
- wetgeving daterend van vóór de staatshervorming;
- federale wetgeving;
- Vlaamse wetgeving;
- wetgeving van gedecentraliseerde overheden.

Volgende tabel geeft een greep uit de talrijke wetgeving die van toepassing is op de kustzone. Het gaat zowel over wetgeving die uitsluitend van toepassing is op (een deel van) de kustzone als wetgeving die een ruimer toepassingsveld heeft.

	<b>Wetgeving van toepassing op zee</b>	<b>Wetgeving van toepassing op zee en land</b>	<b>Wetgeving van toepassing op land</b>
<b>Materie</b>			
Afbakening mariene gebieden	Zeerechtverdrag Wet exclusieve economische zone Wet visserijzone Afbakeningsakkoorden territoriale zee en continentaal plat		
Beheer open ruimte			Strandconcessies Polders en wateringen
Ruimtelijke ordening			Decreet ruimtelijke ordening
Leefmilieu	Verdragen (MARPOL...) Wet mariene milieu Marpol-Wet	Verdragen (OSPAR...) EU-richtlijnen (nitraten...)	Vlaamse wetgeving (water, afval...)
Milieueffectrapportage	Wet marien milieu	Espoo-Verdrag EU-MER-richtlijnen	Vlaamse MER-besluiten
Natuurbehoud	Wet marien milieu	Verdragen (Ramsar...) EU-richtlijnen (Vogel- en Habitatrichtlijnen) KB uitvoering Ramsar-Verdrag	Decreet natuurbehoud
Toerisme	Wet mariene milieu Federale wetgeving pleziervaart	Belgisch Kustreglement	Vlaamse wetgeving (campings...) Gemeentelijke politiereglementen
Ontginning continentaal plat	Wet continentaal plat		
Visserij	Wetgeving visserij (federaal tot aan Lambermont)	EU-regelgeving visserij	Vlaamse wetgeving (economische steun)
Scheepvaart	Verdragen (SOLAS...) en EU-richtlijnen Federale wetgeving scheepvaart	Belgisch Kustreglement	

## **Knelpunten**

De bevoegdheidsstructuur en het daaruitvolgend juridisch kader leiden tot enkele knelpunten die een geïntegreerd beleid in de kustzone bemoeilijken.

Knelpunten zijn onder meer:

- versnippering van bevoegdheden;
- lacunes in de wetgeving;
- gebrek aan overkoepelende controle van wetgeving;
- gebrek aan afstemming bij de inzet van wetgeving.

Een afstemming in het beleid is van groot belang om een geïntegreerd kustzonebeleid te kunnen realiseren. Deze afstemming kan gericht zijn op de inzet van de verschillende juridische instrumenten, het uitvaardigen van een gezamenlijk beleid, overleg door de betrokken overheden, overleg met de verschillende gebruikers enz.

Enkele voorbeelden kunnen de noodzaak tot afstemming in het beleid aantonen.

- Bescherming van waardevolle gebieden in de kustzone: de onderlinge wisselwerking tussen de opeenvolgende habitats in de kustzone noodzaakt een systeem van aaneengesloten beschermde gebieden. De bescherming van waardevolle gebieden in het landgedeelte van de kustzone valt onder Vlaamse bevoegdheid, deze in het mariene gedeelte is een federale bevoegdheid. Een efficiënt beheer van bijvoorbeeld een strandreservaat wordt bemoeilijkt als het mariene deel dat grenst aan het reservaat niet wordt beschermd. Hier is een afstemming van de inzet van de respectieve federale en Vlaamse natuurbewoudswetgeving vereist, evenals een overleg inzake het beheer.
- Verontreiniging van het mariene milieu door landgebonden bronnen. Mariene verontreiniging is een federale bevoegdheid, landverontreiniging is een bevoegdheid van de drie gewesten. Dit vereist een samenwerking bij de uitvoering van internationale verplichtingen ter zake.
- Milieueffectrapportage. De effecten van plannen of projecten in een deel van de kustzone hebben veelal een impact op het ander deel van de kustzone. Geen van beide wetgevingen (Vlaamse of federale wetgeving inzake milieueffectrapportering) voorziet in een 'grens'overschrijdende rapportering.

## **Stand van zaken inzake geïntegreerd kustzonebeleid**

De laatste jaren zijn al initiatieven genomen die bijdragen tot een zekere integratie van het beleid in de kustzone. Voor de uitvoering en beleidsvoorbereiding van internationale regelgeving inzake landgebonden mariene verontreiniging (Noordzeeconferenties en OSPAR) is overleg tussen de federale overheid en de gewestoverheden voorzien binnen de structuur van het Coördinatiecomité Internationaal Milieubeleid (CCIM). Voor het storten van baggerspecie werd een samenwerkingsakkoord gesloten tussen de federale overheid (bevoegd voor het storten van baggerspecie) en het Vlaamse Gewest (bevoegd voor het baggeren). Geen van beide initiatieven voldoet echter als grond voor een geïntegreerd kustzonebeleid.

Zowel op politiek als ambtelijk niveau werd aanvang genomen met het organiseren van een geïntegreerd beleid, en dit door de interkabinettenstuurgroep geïntegreerd kustzonebeheer (opgericht in 1994 door de toenmalige Vlaamse minister van leefmilieu) en de ambtelijke

taakgroep geïntegreerd kustzonebeheer. Het gebrek aan een permanente structuur voor de opvolging van het beleid en het gebrek aan een formeel samenwerkingsakkoord tussen de verschillende betrokken overheden, bemoeilijkt echter de totstandkoming van een geïntegreerd beleid. Er wordt dan ook in diverse fora al enkele jaren gepleit voor een bestuurlijke en formele verankering van deze initiatieven. Dit werd bijvoorbeeld ook benadrukt in een advies van de Vlaamse Mina-Raad inzake het geïntegreerd beheer van kustgebieden (advies van 5 april 2001).

Een eerste aanzet hiertoe is recent gegeven door de goedkeuring van het oprichten van een coördinatiepunt voor geïntegreerd kustzonebeheer (in het kader van Doelstelling 2, kustvisserijgebied van de Europese Gemeenschap). Een van de doelstellingen van het coördinatiepunt is het bewerkstelligen van een samenwerkingsakkoord, waardoor er ook een juridische grondslag kan worden geboden voor een geïntegreerd beleid.

### **3. Wetenschappelijk onderzoek ter ondersteuning van geïntegreerd kustzonebeleid**

De noodzaak voor een geïntegreerd kustzonebeleid is duidelijk. De ondersteuning van dit beleid door beleidsgericht wetenschappelijk onderzoek is dan ook van groot belang.

De bevoegdheden voor wetenschapsbeleid in de kustzone zijn ook als gevolg van de bevoegdheidsstructuur verdeeld over de federale en gewestoverheden. Daar waar de gewestoverheden in principe bevoegd zijn voor wetenschapsbeleid, behoudt de federale overheid tevens bevoegdheden op dit vlak, onder meer inzake wetenschappelijk onderzoek ter ondersteuning van haar eigen bevoegdheidsdomeinen. De toelating voor het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek binnen de mariene rechtsgebieden voor buitenlandse schepen en vliegtuigen wordt juridisch vastgelegd in de Wet van 22 april 1999 betreffende de exclusieve economische zone van België in de Noordzee (BS 10 juli 1999). De bevoegdheidsverdeling heeft tot gevolg dat het onderzoek naar het mariene milieu grotendeels wordt ondersteund op federaal niveau. Wetenschappelijk onderzoek i.v.m. het landgedeelte van de kustzone situeert zich veeleer op Vlaams niveau. Uiteraard is dit geen strikte afbakening en zijn er voorbeelden van onderzoek die worden gefinancierd of uitgevoerd in opdracht van de ene overheid en die zich toespitsen op het andere deel van de kustzone (b.v. zeevogelonderzoek in het Instituut voor Natuurbehoud, onderzoek naar de implementatie van OSPAR-verdragen in opdracht van de Vlaamse overheid).

Deels als gevolg van deze bevoegdheidsstructuur valt op dat er weinig wetenschappelijk onderzoek gebeurt ter ondersteuning van een geïntegreerd kustzonebeleid. Er is vrijwel geen onderzoek inzake geïntegreerd kustzonebeleid zelf (het proces van geïntegreerd kustzonebeleid, structuren, wetgeving, enz.). Als uitzondering kan het Terra-onderzoek inzake coastal zone management (in opdracht van AWZ) worden vermeld. In dit kader werden een aantal deelonderzoeken uitgevoerd, waaronder een juridische inventarisatie van de Belgische kustzone.

Bij het overige wetenschappelijk onderzoek in de kustzone valt op dat weinig onderzoeken over het geheel van de kustzone gaan. Veel onderzoeken zijn toegespitst op een deelaspect ervan. Zo werd bijvoorbeeld in opdracht van Afdeling Natuur een ecosysteemvisie voor de kustzone uitgewerkt. Dit onderzoek bleef echter beperkt tot het landgedeelte van de kustzone. Het hoeft geen betoog dat ook een wetenschappelijk onderbouwde ecosysteemvisie voor het mariene deel van de kustzone nuttig en zelfs noodzakelijk is als onderbouwing van een geïntegreerd beleid.

Het beheer van de kustzone als ecologische eenheid vereist een geïntegreerd beleid, waarin zowel op vlak van planning, rapportering, besluitvorming en implementatie een samenwerking en afstemming is vereist. Het beleidsondersteunend wetenschappelijk onderzoek kan een ondersteuning bieden om een dergelijk beleid te helpen realiseren. Voortvloeiende uit een dergelijk geïntegreerd beleid zal de vraag naar beleidsgericht onderzoek over de gehele kustzone ongetwijfeld toenemen.



## **DE SCHELDE EN DE BELGISCHE KUSTZEE: ECOSYSTEEM OF AFVOERSYSTEEM VAN POLLUENTEN**

Willy Baeyens, Natacha Brion, Frank Dehairs en Martine Leermakers

Brussels Research Unit for Environmental, Geochemical and Life Sciences Studies (BRUEGEL), Vrije Universiteit Brussel, Analytische en Milieuchemie, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel

Sinds het begin van onze beschaving, hebben rivieren en kustwateren altijd een zeer sterke aantrekkingskracht op de mens uitgeoefend. Ze zijn een bron van drinkwater en voedsel (vis en schaaldieren), ze worden gebruikt voor irrigatie en als natuurlijke vervoerroute en zijn tenslotte een uitgelezen stortplaats voor allerlei afvalstoffen en polluenten. Heden ten dage zijn deze waterlopen en kustsystemen dus sterk beïnvloed door intense menselijke activiteiten. Typische en extreme voorbeelden van zulke systemen zijn het Schelde-estuarium en de Noordzee.

De waterkwaliteit van de Schelde was in de jaren zeventig en tachtig van een uiterst bedenkelijk niveau. Dit was mede het gevolg van grote hoeveelheden zware metalen, PCB's en pesticiden die gedurende decennia via diverse punt- en diffuse bronnen in het Scheldewater werden geloosd. De Antwerpse havenbedrijven (chemische en petrochemische industrie, metallurgie), de intensieve landbouw in Vlaanderen en ongezuiverd huishoudelijk afvalwater veroorzaakten een sterk vervuild en zuurstofloos bovenstroomestuarium. In zulk ongewoon 'ecosysteem' werden ongewone, maar zeer toxische verbindingen gevormd (sulfiden, methylkwik, trivalente arseenverbindingen, e.d.) die zowel in oplossing als in particuliere vorm werden getransporteerd. Veel van die gifstoffen concentreerden zich in het slib dat massaal werd afgezet in het bovenstroomestuarium en er nog steeds aanwezig is als een zware erfenis uit het verleden. Het gedrag van die zware metalen in het Schelde-estuarium is beschreven in 'Trace metals in the Western Schelde estuary: a case-study of a polluted, partially anoxic estuary' (W. Baeyens, Ed.), Kluwer.

Niet enkel de toxische verbindingen vormen een probleem in de Schelde. De enorme aanvoer van organisch materiaal en nutriënten, afkomstig van ongezuiverd huishoudelijk afvalwater (o.a. uit Brussel) en van omliggende landbouwgebieden, zorgt voor zware eutrofiëring. Zowel bacteriën als fytoplankton gedijen erg goed in een dergelijk milieu, rijk aan organisch koolstof en nutriënten. Ze zijn een belangrijke voedselbron voor heel wat kleine diersoorten (zoöplankton, wormen) die op hun beurt als voedsel dienen voor hogere niveaus in het voedselweb (kreeftachtige, vis- en vogelsoorten). Toch is hun overmaat in eerste instantie zeer nadelig voor het gezond functioneren van het ecosysteem. Als ze afsterven wordt immers opnieuw zuurstof verbruikt, zuurstof die al een zeer schaars goed is in de Schelde.

Het positieve nieuws is dat er sinds een tiental jaren, zeker wat betreft de puntbronnen, een merkbare daling van de hoeveelheden geloosde polluenten is waar te nemen. Onder impuls van een strengere milieuwetgeving heeft de industrie een aantal noodzakelijke ingrepen doorgevoerd. Dit vertaalt zich in een verbeterde waterkwaliteit: de periode van zuurstofloosheid is korter geworden, de pollutentconcentraties zijn gedaald. Toch zal er nog heel wat water naar zee moeten vloeien vooraleer we terug kunnen spreken van een propere Schelde. Het zuurstofgehalte moet blijvend op een hoger peil komen te liggen, iets wat

waarschijnlijk pas echt kan gerealiseerd worden wanneer het waterzuiveringsstation 'Noord' te Brussel operationeel zal zijn (verwachtingsdatum: 2005-2006).

Merkwaardig genoeg zal deze gunstige evolutie voor het zuurstofgehalte ook diverse keerzijden hebben. Het denitrificatieproces, dat nitraten omzet in onschadelijk stikstofgas en enkel werkt in een zuurstofarme omgeving, zal immers zoveel als stilvallen. Hierdoor kan een nog grotere toevoer van nitraten naar zee worden verwacht, met alle (tijdelijke) gevolgen van dien voor het eutrofiëringprobleem in de kustzone.

En mogelijk nog belangrijker is de gevreesde en verwachte 'metalentijdbom'. Heel veel giftige metalen zitten immers in de Scheldebodem opgeslagen, gevangen in een vorm die te wijten is aan zuurstofgebrek. Men verwacht dat een toename van het zuurstofgehalte in de waterkolom een kleiner of groter deel van deze metaalvoorraad opnieuw kan vrijmaken. De vragen hoe snel en hoeveel kan met de huidige kennis van zaken niet beantwoord worden; dat zal verder onderzoek dus moeten uitwijzen.

Het Noordzee ecosysteem ligt omringd door de meest geïndustrialiseerde landen van Europa en is daarom de ongevroegde stortplaats voor enorme vrachten pollutanten. Dat het nog niet allemaal rozengeur en maneschijn is in onze Noordzee, kan u lezen in het 'Quality Status Report 2000' van OSPAR, Londen. Pijnpunten zijn onder meer de nauwelijks gedaalde toevoer van nitraten uit de landbouw leidend tot eutrofiëring en de input van nog steeds té hoge vrachten aan anorganische en organische pollutanten via atmosfeer en rivieren. Ook baggerwerken, zandwinning, scheepvaart, visserij en recreatie verstoren in mindere of meerdere mate het kustecosysteem.

Omdat ze als voedselbron dienen voor planktonische algen, vormen nutriënten een apart geval in de problematiek van de ecologie van de Noordzee. Een te hoge toevoer aan deze elementen loopt uit in een verhoogde productie van algen waarvan het organisch materiaal bij afbraak hoge hoeveelheden zuurstof in gebruik neemt. Recente estimaties tonen aan dat de toevoer van nutriënten tot de Noordzee met een gemiddelde factor 10 zijn gestegen onder de invloed van de mens alleen. Of deze verhoogde toevoer een direct effect heeft gehad op de productiviteit van het systeem is nog altijd een open vraag. Inderdaad, de Noordzee is een zeer dynamisch systeem waarbij de waterstromen zeer intensief zijn van Noord naar Zuid. Vergeleken met deze natuurlijke, mariene nutriëntenflux betekent de toevoerflux van antropogene nutriënten, slechts een kleine fractie. Toch is deze relatief kleine verhoging van de globale nutriëntenflux in de Noordzee belangrijk, vooral in periodes van nutriëntenschaarste. Elk jaar duiken er meer en sterkere negatieve signalen op: de ongewenste en hinderlijke fytoplanktonsoort 'phaeocystis' wordt de dominante planktonsoort in de Zuidelijke Baai van de Noordzee, terwijl er progressief een geografische uitbreiding plaatsgrijpt naar de Kanaalzone toe.

In het kader van het federale programma 'Duurzaam Beheer van de Noordzee' (DWTC) bestudeert het VUB-labo, ANCH, o.a. de nutriëntopname door plankton en de regeneratie van nutriënten via de 'microbiële loop'. Op die wijze hoopt men een beter inzicht te verkrijgen in het fenomeen eutrofiëring en de daaraan gekoppelde ontwikkeling van minder gewenste algensoorten. Ook té hoge concentraties zware metalen in zeewater, onderwaterbodem of in organismen zijn ongewenst en worden onder de loep genomen in het federale onderzoeksprogramma. Het onderzoek richt zich hier met name op de verschillende vormen die metalen kunnen aannemen (de 'speciatie' van de metalen: o.a. als organometaalverbindingen) en de overdracht tussen de opgeloste en niet-opgeloste ('particulaire') fase. Dit laatste luik vindt een aanvulling in het programma 'Zandwinning',

gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken. Dit programma onderzoekt de ecologische impact van zand- en grindwinning in de Belgische kustzone en besteedt hierbij bijzondere aandacht aan de mate waarin polluenten worden vrijgemaakt en opneembaar worden voor levende organismen. Concentraties van verontreinigingen in bodem en water kunnen vervolgens vergeleken worden met de gehalten aan polluenten in bodemorganismen en commerciële vissoorten.



## **GEEN VUILTJE AAN DE NOORDZEELUCHT: AËROSOLEN KENNEN GEEN GRENZEN**

René Van Grieken en Kurt Eyckmans

Universiteit Antwerpen, Departement Scheikunde, Onderzoeksgroep Micro- en Sporenanalyse  
Universiteitsplein 1, B-2610 Antwerpen

Alle verontreiniging eindigt vroeg of laat onvermijdelijk in de zee. Al lang is het besef gegroeid dat het ontvangend vermogen van de Noordzee voor pollutanten beperkt is. Daarom is het uiteraard belangrijk inzicht te krijgen in de belastende factoren en de wijze waarop men de problematiek duurzaam kan behandelen. Zo zijn een aantal belangrijke negatieve invloeden op het Noordzeemilieu ingedeeld in klassen en verdeeld volgens prioriteiten (OSPAR, Quality Status Report [QSR] 2000). De klasse met de hoogste prioriteit omvat onder meer de visvangst, vervuiling door organische pollutanten en de vervuiling door de aanvoer van grote hoeveelheden voedingsstoffen of nutriënten. Vervuiling van toxische spoormetalen behoort tot de klasse met secundaire prioriteit, maar de concentraties van al deze elementen moet nauwlettend opgevolgd worden. Terwijl al enkele decennia studies worden gewijd aan de toevoer van deze pollutanten via de rivieren en de directe lozingen van schepen of vanop de kust, is het relatief belang van atmosferische depositie naar de zee toe, dus van de afzetting van luchtpolluenten, lang onderschat en voor sommige componenten nog steeds niet precies gekend.

Atmosferische toevoer kan gebeuren door 'droge depositie', dus afzetting van gassen of partikels ('aërosolen') en door regenwater dat bezoedeld is met gassen of aërosolen ('natte depositie'). Beide vormen zijn vaak ongeveer even belangrijk boven de zee.

Om nu een idee te krijgen van de aanvoer via de lucht van de nutriënten, organische pollutanten en spoormetalen naar de Noordzee, is het belangrijk te weten onder welke vorm deze componenten aan de pollutiebronnen geëmitteerd en vervoerd worden, hoe ze verder reageren en hoe ze uiteindelijk afgezet worden. Dit houdt in dat men een idee moet hebben van de aggregatietoestand, de chemische vorm, de deeltjesgrootte van de aërosolen, de reactiviteit van de componenten en de meteorologische omstandigheden. Voor aërosoldeeltjes bepaalt de deeltjesgrootte zeer sterk hun verblijftijd in de lucht. Indien een aërosolpartikel relatief groot is (meer dan  $10\ \mu\text{m}$  of  $0,01\ \text{mm}$ ), zal het door de zwaartekracht snel uit de lucht vallen en vanop het land nooit de open zee bereiken. Maar deeltjes van  $10$  en  $0,1\ \mu\text{m}$  kunnen zeer stabiel zijn, geruime tijd in de lucht blijven zweven en zelfs met de wind vervoerd worden over duizenden kilometers; aërosolen kennen dus geen grenzen. De chemische reactiviteit is een ander belangrijk criterium voor de levensduur van de pollutanten in de lucht. Reactieve stoffen zullen snel reageren met andere deeltjes of gassen, waardoor deeltjes aangroeien, zwaarder worden en snel uit de lucht verwijderd zullen worden. Gassen kunnen zeer lang in de lucht blijven of snel verdwijnen, naargelang hun chemische reactiviteit. De verwijdering van de pollutanten uit de lucht is ook in zeer sterke mate afhankelijk van de weersomstandigheden; een regenbui wast de lucht schoon, hevige wind zorgt voor meer turbulentie waardoor deeltjes uit de lucht geslingerd worden, etc.



## 1. Zeevervuiling door nutriënten uit de atmosfeer

Voor de groei van organismen zijn er een hele reeks voedingstoffen of nutriënten noodzakelijk. Organismen vereisen negen macronutriënten, waaronder stikstof, zuurstof, koolstof en fosfor, en ook zeer lage concentraties aan o.a. ijzer en silicium (zogenaamde spoorelementen of micronutriënten). Maar bij een overvloed aan deze componenten kan er een overweldigende wildgroei van plankton ontstaan, met nefaste gevolgen voor het gehele ecosysteem. In het geval van de Noordzee zijn normaliter al de elementen die de groei bevorderen, voldoende aanwezig, behalve de stikstofcomponenten. De concentratie van deze stikstofcomponenten is dus limiterend voor de algenbloei en extra aanvoer hiervan is dus bepalend voor de toename van de biomassa en kan mogelijk leiden tot eutroficatie.

*Eutroficatie* is een afgeleide van een Grieks woord, waarbij *eu* 'goed' betekent, en *trophe* 'voeding'. De meest gangbare omschrijving van het fenomeen is: *een overweldigende groei van plantaardige organismen in een aquatisch systeem, te wijten aan een verhoogde aanvoer van voedingsstoffen*. Door de algemeen sterkere stromingen in kustgebieden deden de eerste voorvallen van eutroficatie zich voor in gedeeltelijk geïsoleerde delen van de kust, zoals baaien en fjorden, en in de onmiddellijke omgeving van polluerende bronnen. Een eerste geval werd beschreven in 1917. Er werd een verhoogde algenbloei vastgesteld bij de fjord rond Oslo, en vrijwel onmiddellijk werd vermoed dat deze algenbloei in verband kon worden gebracht met de vervuiling, afkomstig van de stedelijke riolering.

De gevolgen van eutroficatie kunnen zeer dramatisch zijn. Zo worden er bij het afsterven van de algenpopulaties enorme hoeveelheden zuurstof verbruikt. Dit kan leiden tot een gebrek aan zuurstof (hypoxie) tot zelfs de totale afwezigheid ervan (anoxie). Dit kan resulteren tot migraties van vispopulaties en bodemdieren of zelfs tot het afsterven van deze volledige populaties.

In de lucht boven de Noordzee kunnen de stikstofhoudende nutriënten zowel in de gasvorm als in de vaste vorm voorkomen. De oorsprong van deze nutriënten ligt enerzijds in gasvormige stikstofoxiden, anderzijds in gasvormig ammoniak. Alle andere stikstofhoudende nutriënten zijn reactieproducten van deze stikstofoxiden en van ammoniak. Gasvormige stikstofoxiden zijn afkomstig van verbrandingsprocessen en voor meer dan de helft is het autoverkeer hiervoor verantwoordelijk; ammoniak wordt voornamelijk in de omgeving vrijgesteld door veehouderijen en door landbouwactiviteiten. De nutriënten in de gasvorm zijn in het algemeen zeer reactief en reageren relatief snel weg. Zo is de residentietijd van gasvormig ammoniak maximaal vier uur. Vaste ammoniumverbindingen zijn daarentegen veel stabiel, en kunnen daardoor veel grotere afstanden afleggen.

De luchtconcentraties aan nutriënten kennen een zeer seizoensgebonden patroon. Bemestingsactiviteiten in het voorjaar en gedurende de zomermaanden zorgen voor plafondwaarden. Hogere temperaturen tijdens de zomermaanden zorgen ook voor ontbinding van ammoniumcomponenten in de bodem met vrijstelling van ammoniak.

Voor de Zuidelijke Bocht van de Noordzee is het relatief belang van de atmosferische toevoer van nutriënten in vergelijking met de meer triviale aanvoer via de rivieren nog niet exact gekend. Wij weten dus nog niet nauwkeurig of de stikstofoxiden van het autoverkeer in Zuid-Engeland veel minder belangrijk zijn dan de nutriënten die de Schelde aanvoert. Maar er is al wel aangetoond dat tijdens de zomer, bij een korte maar hevige regenbui, de atmosfeer voor

een zeer grote en vrijwel exclusieve aanvoer van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordzee kan zorgen, en eutroficatie zou kunnen provoceren.

## 2. Zeevervuiling door zware metalen uit de atmosfeer

De aanwezigheid van spoormetalen in de Noordzee is mede het gevolg van het natuurlijk voorkomen van deze metalen in de aardkorst. Maar antropogene zware metalen kunnen ook uit rivieren en uit de lucht worden aangevoerd, na hun emissie bij allerlei industriële processen, zoals metallurgie en huisvuilverbranding, bij energieproductie en bij het verbranden van fossiele brandstoffen, zoals in het verkeer of bij huisverwarming. Sinds de industriële revolutie is de extra aanvoer van deze metalen door menselijke activiteiten zeer sterk gestegen. Dit wordt bevestigd door sedimentmetingen, die aantonen dat de concentraties van o.a. lood en koper zeer sterk gestegen zijn sinds begin twintigste eeuw (maar gelukkig de laatste twee decennia ook weer behoorlijk gedaald zijn).

De menselijke bijdrage tot de emissies op wereldschaal is weergegeven in Tabel 1, voor 1995.

Tabel 1. Natuurlijke en menselijke emissies van zware metalen op wereldschaal

	Emissies (in duizend ton per jaar)					
	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr
Natuurlijk	1.4	28	12	45	30	43
Menselijk	7.6	35	332	132	52	31
<b>Totaal</b>	<b>9.0</b>	<b>63</b>	<b>344</b>	<b>177</b>	<b>82</b>	<b>74</b>

Zowel de atmosfeer als de rivieren fungeren als toevorroute van spoormetalen. Verhoogde concentraties in het zeewater in de buurt van riviermondingen suggereren het belang van de rivieren als de belangrijkste aanvoerweg. Verder van de riviermondingen wint de atmosferische inbreng echter aan belang en wordt de atmosfeer zelfs de belangrijkste toevorroute.

Het eerste onderzoek naar de atmosferische bijdrage voor de vervuiling van de Noordzee met zware metalen werd reeds uitgevoerd in de jaren zeventig, met sporadische metingen naar 40 verschillende spoorelementen in zowel droge depositie (gemeten via luchtfilterstalen) als natte depositie (regen). Recent zijn deze data verder systematisch aangevuld en vervolledigd.

De luchtvervuiling boven de Noordzee is vergelijkbaar gebleken met deze boven andere Europese zeeën, zoals de Baltische Zee en de Middellandse Zee, en uiteraard veel hoger dan boven de open oceanen, zoals blijkt uit Tabel 2. De aanvoer van zware metalen is veel hoger wanneer de wind lucht aanvoert van boven Engeland, Noord-Frankrijk of België, dan wanneer de luchtmassa's van de noordelijke Noordzee afkomstig zijn. Vooral vliegias van grote stookinstallaties en verontreiniging door de metallurgie blijken belangrijk. De concentratie aan zware metalen is echter nog ruim beneden de toegestane limieten, waardoor de zware metalen 'slechts' een secundaire prioriteit krijgen volgens het QSR. Gelukkig is ook gebleken dat de atmosferische concentraties en de deposities aan deze spoorelementen voor de Noordzee tussen eind jaren tachtig en midden jaren negentig gemiddeld met de helft zijn gereduceerd.

Tabel 2. Totale atmosferische depositie van zware metalen boven  
verschillende zeeën (kg per km<sup>2</sup> en per jaar)

	Cu	Pb	Zn
Baltische Zee	2,9	2,4	11
Middellandse Zee	2,6	20	23
Bermuda	0,09	0,07	0,67
Noordzee (1997)	1,3	3,7	6,6

# HET HYDROMETEOSYSTEEM VAN DE VLAAMSE KUST

Guido Dumon

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen,  
Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende

## 1. Het hydrometeosysteem Westerscheldemond

Het hydrometeosysteem Westerscheldemond is een geïntegreerd monitoringsysteem bestaande uit een meetnet op zee, een computernetwerk aan de wal en een hydrometeovoorspellingscentrum.

Dit meetnet op zee en de infrastructuur aan de wal wordt het *'Meetnet Vlaamse Banken'* genoemd. De naam van het meetnet verwijst naar een groep onregelmatige zandbanken die gesitueerd zijn voor de westelijke helft van de Belgische kust en die de scheepvaart in dat gebied zeer bemoeilijken.

Het hydrometeovoorspellingscentrum wordt het *'Oceanografisch Meteorologisch Station'* genoemd.

## 2. Historiek

### Een golfmeetboeiennet en meteopark

In 1976 werd met de goedkeuring van het raamcontract voor de uitbouw van de haven van Zeebrugge gestart met het opbouwen van het Meetnet Vlaamse Banken door het oprichten van een golfmeetboeiennet op het Belgisch Continentaal Plat en een meteopark te Knokke-Heist.

Niet alleen was er een duidelijke nood aan statistische informatie van golf- en windgegevens om de ontwerpcriteria vast te leggen. Ook tijdens de uitvoering van de werken zelf moest men beschikken over de actuele hydrometeotoestand en de verwachtingen voor de komende dagen.

In een werfkeet te Zeebrugge ging een ploeg van hydrometeovoorspellers aan de slag om dagelijks hydrometeoberichten op te maken.

In de loop van de havenuitbouw werd dit eerste meetnet uitgebreid door de plaatsing van hydrometeosensoren op een bestaande bebakeningspaal.

### Het meetpalennet

Om over meer hydrometeogegevens te beschikken langs de vaargeulen naar de haven van Zeebrugge en de Westerschelde werden er in 1984 vijf meetpalen op zee geplaatst die uitgerust werden met hydrometeosensoren.

In september 1993 werd de inrichting van een meet- en bebakeningsplatform op de Westhinder zandbank afgewerkt.

Met zijn bebakeningsfunctie vervult dit platform een heel belangrijke rol voor de veiligheid van de scheepstrafiek in één van de meest drukke vaarroutes ter wereld. Begin 1994 heeft het meet- en bebakeningsplatform de rol van het lichtschip Westhinder overgenomen.

De status van de bebakening (licht, mistdetector, misthoorn en radarbaken) wordt continu doorgestuurd naar de wal.

Met de meetfunctie wordt belangrijke informatie verstrekt aan de diverse gebruikers van het Meetnet Vlaamse Banken op gebied van actuele winddata, waterstand en golven.

### **Hydrometeosysteem Westerscheldemond**

Beide hierboven beschreven meetsystemen, het golfmeetboeiennet met het meteopark enerzijds en het meetpalennet anderzijds, bleven tot in 1989 afzonderlijk naast elkaar bestaan.

Inmiddels waren de besprekingen van de Technische Scheldecommissie voor de verdieping van de Westerschelde gestart. Daaruit volgde dat een deiningsprediktiesysteem moest worden uitgebouwd om de getijgebonden scheepvaart te begeleiden door de ondiepe Akkaert- en Scheurpas. Dit te ontwikkelen deiningsprediktiesysteem werd het 'Hydrometeosysteem Westerscheldemond' genoemd.

In 1989 werd met de opbouw van het Hydrometeosysteem Westerscheldemond gestart.

Deze opdracht hield in:

- de bestaande meetsystemen van het Meetnet Vlaamse Banken werden operationeel gemaakt voor de integratie in één gecoördineerd meetsysteem;
- de opbouw van een centraal inwinnings- en verwerkingscentrum met een centraal databestand en het operationeel maken van een datacommunicatienet tussen de diverse onderdelen van het meetnet;
- de installatie van een hydrometeovoorspellingscomputer voor het gebruik van mathematische modellen voor getij- en golfvoorspelling; de integratie ervan in het Meetnet Vlaamse Banken;
- het inwinnen van de voor de modellen noodzakelijke meteorologische voorspellingsdata via het Koninklijk Meteorologisch Instituut;
- de uitwisseling van verwerkte meetdata met buitenlandse instanties en een effectieve koppeling van het Meetnet Vlaamse Banken met de Nederlandse meetnetten;
- de opbouw van een datadistributiesysteem met de daarvoor nodige raadplegings- en communicatiesoftware om de ingewonnen, verwerkte en voorspelde informatie beschikbaar te maken bij de gebruikers.

Dit volledig geïntegreerd meetnet is in de loop van 1993 operationeel geworden.

## **3. Functie van het hydrometeosysteem**

### **3.1. Doelstellingen van het hydrometeosysteem**

1. inwinnen van actuele hydrometeoparameters langs de Vlaamse Kust en op het Belgisch Continentaal Plat, inzonderheid langs de vaargeulen. Onder hydrometeoparameters wordt verstaan: waterstand (getij), golven, stroming, wind, luchtdruk, water- en luchttemperatuur...;
2. het rechtstreeks verwerken van de ingewonnen gegevens en de resultaten opslaan in een centrale databank;

3. gegevensuitwisseling met nationale en internationale instanties (KMI, Rijkswaterstaat, Beheerseenheid Mathematisch Model, Thames-Barrier,...)
4. uitvoeren van getij- en golfvoorspellingsberekeningen met behulp van mathematische modellen;
5. distributie van de ingewonnen actuele meetgegevens naar de gebruikers;
6. het inwinnen van aanvullende meteorologische basisinformatie (weerkaarten, satellietbeelden,...);
7. aan de hand van alle ingewonnen informatie hydrometeoverwachtingen van getij, golven, wind en zicht opstellen en verspreiden naar de gebruikers;
8. opbouw van een uitgebreide databank met hydrometeogegevens over meerdere jaren en statistische verwerking van de ingewonnen gegevens; dit is o.a. van belang in het kader van de algemene kustproblematiek: studie van kustverdedigingswerken en definiëren van ontwerpcriteria voor zeeverende constructies,....

### **3.2. De gebruikers of klanten van het hydrometeosysteem**

De gebruikers worden ingedeeld in interne en externe klanten.

*De interne klanten zijn:*

- de projectleiders van de afdeling Waterwegen Kust die werken op zee of aan de kust opvolgen: baggerwerken, hydrografische activiteiten, kustbeschermingswerken, haveninfrastructuurwerken, bergingswerken,...
- de stormvloedwaarschuwingsdienst
- de studiediensten van de cel Kust en cel Zee en Maritieme Toegangswegen van Waterwegen Kust en van het Waterbouwkundig Laboratorium,...
- de afdelingen Scheepvaartbegeleiding, Loodswezen en Maritieme Schelde evenals de Schelderadarketen;

*De externe klanten zijn o.a.:*

- de havens van Oostende en Zeebrugge;
- de meetnetten van Rijkswaterstaat in Nederland;
- het K.M.I.;
- de Beheerseenheid van het Mathematisch Model;
- 'ad hoc' klanten: aannemersbedrijven in het kader van speciale werken op zee, havenbedrijven, universiteiten in het kader van wetenschappelijk onderzoek, expertisekantoren in het kader van schadegevallen op zee,...

## **4. Opbouw van het hydrometeosysteem**

### **4.1. Het Meetnet Vlaamse Banken**

Het Meetnet Vlaamse Banken bestaat uit volgende grote delen:

- Een meetsensorenbestand langs de kust en op het Belgisch Continentaal Plat;
- Lokale Acquisitiecentra aan de wal;
- Dataverbindingen met externe meetnetten of instanties;
- Een Mathematisch Modellen Computersysteem
- Het Centraal Inwinnings- en Verwerkingscentrum (CIV)

### *1° Een meetsensorenbestand langs de kust en op het Belgisch Continentaal Plat*

- telemetrische golfmeetboeien van het type Waverider- (niet-directioneel) en Wavec- (directioneel);
- zeven meetpalen in zee, uitgerust met hydrometeosensoren, bebakening en een telemetrie-systeem voor doorsturen van de gegevens naar de wal;
- een meteopark te Zeebrugge voor het opmeten van wind, luchtdruk, temperaturen, luchtvochtigheid, neerslag;
- een koppeling met de telemetrische getijmeters in de haven van Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge;

### *2° Lokale Acquisitiecentra aan de wal*

De gegevens afkomstig van de golfmeetboeien, meetpalen en andere meetlocaties worden in Lokale Acquisitiecentra (LAC's) ontvangen en voorverwerkt. De brutowaarden, bv. uitgangsspanningen, worden omgezet in parameterwaarden zoals bv. golfhoogte, golfperiode, gemiddelde windsnelheid, maximum windsnelheden, temperaturen, enz...

Wegens de geografische ligging van de sensoren en door de historische achtergrond zijn er drie LAC's opgebouwd:

- de 'Residentie De Mast Oostende' (RMO) voor de inzameling van de informatie van golfmeetboeien;
- het MeetPalenNet (MPN) voor het verzamelen van de gegevens van de meetpalen MOW0 ... MOW4 en MOW7 (Westhinderplatform); de gegevens van de maregrafen langs de kust worden er via het intern datacommunicatienetwerk van het departement eveneens ingewonnen;
- het LAC van het 'Oceanografisch Meteorologisch Station' (OMS) voor het inwinnen van de gegevens van het meteopark te Zeebrugge en golfmeetboeien in de omgeving van Zeebrugge;

De lokale acquisitiecentra zijn uitgerust met een minicomputer van het type HP1000 of op PC waarop volgende functies zijn geïmplementeerd :

- sturen van de acquisitie-apparatuur voor het bemonsteren van de signalen van de sensoren;
- opslaan van de bruto-meetgegevens (meestal spanningen);
- het on line verwerken van de bruto-meetgegevens in parameterwaarden en opslaan in een lokaal databestand.

De lokale acquisitiecentra werken autonoom en onafhankelijk van elkaar.

### *3° Dataverbindingen met externe meetnetten of instanties*

Deze dataverbindingen hebben als doel gegevens uit te wisselen met andere meetnetten of bijkomende basisinformatie in te winnen.

Er zijn verbindingen met:

- de Nederlandse meetnetten (Rijkswaterstaat); actuele meetgegevens van het Meetnet Vlaamse Banken worden continu doorgestuurd naar de Nederlandse meetnetten, omgekeerd komen meetgegevens van meer noordelijk gelegen locaties op de Noordzee ter beschikking van het eigen meetnet;

- het K.M.I., waardoor dagelijks gegevens van het ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecasts) te Reading en het UK-Meteorological Office in Bracknell ter beschikking komen;
- de Thames Barrier te Londen, voor het leveren van getijmetingen langs de Britse kust.

Externe klanten/gebruikers kunnen via een opbellijn actuele meetgegevens opvragen uit het centraal databestand van het meetnet.

#### *4° Een Mathematisch Modellen Computersysteem*

De wind- en luchtdrukvoorspellingen die via het KMI van het UK-MetOffice te Bracknell worden ontvangen voeden drie mathematische modellen die op een daartoe bestemd computersysteem hun berekeningen uitvoeren. Het 'mu-STORM'-model berekent een voorspelling van de getijopzet of afwaaiing. Het 'OMNECS-model' is een meer recent hydrodynamisch getijmodel. Het 'Deiningsprediktiemodel' (Hypas) maakt een voorspelling van de golven en deining.

Deze modellen werden ontwikkeld door de Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium (BMM). Het mu-STORM-model was een bestaand model van de BMM, het deiningsprediktiemodel (HYPAS) werd specifiek voor het Meetnet Vlaamse Banken ontwikkeld evenals het Omnecs-model.

De resultaten van deze modellen, die tweemaal per dag een berekeningscyclus uitvoeren, worden doorgestuurd naar de centrale databank van het meetnet.

#### *5° Het Centraal Inwinnings- en Verwerkingscentrum (CIV)*

Het Centraal Inwinnings- en Verwerkingscentrum omvat het knooppunt van het datacommunicatienet en de computer met de centrale database.

De Lokale Acquisitiecentra en het Mathematisch Modellen Computersysteem zijn rechtstreeks met vaste datalijnen met elkaar verbonden.

Om de operationaliteit te verhogen zijn deze vaste verbindingen tussen verschillende locaties ontdebeld via het DCS-netwerk van Belgacom.

Bij een uitval van één van de vaste lijnen wordt automatisch, zonder tussenkomst van de operator, omgeschakeld naar het DCS-netwerk.

Het CIV staat in voor:

- het verzamelen van de gegevens van
  - de lokale acquisitiecentra;
  - de modellencomputer;
  - de externe meetnetten en instanties.
- het opslaan in een centrale database;
- de continue kwaliteitsbewaking van de ingewonnen parameters;
- de verdeling naar de diverse interne en externe gebruikers;
- het beheer van het datanetwerk;
- het beheer van de databank;
- de 'off line' verwerking van de gegevens: raadplegen van meetgegevens, het editeren (controle, corrigeren,...) rapportering van de gegevens,...
- statistische verwerking van de gegevens in de database ter ondersteuning van het algemeen beleid van kustverdediging, havenbouw, baggerwerken, enz...



## 4.2. Het Oceanografisch Meteorologisch Station

In het Oceanografisch Meteorologisch Station te Zeebrugge worden de in het Meetnet Vlaamse Banken ingewonnen interne en externe gegevens en de resultaten van de mathematische voorspellingsmodellen door hydrometeospecialisten continu opgevolgd en verder verwerkt.

Daarnaast wordt er bijkomende meteorologische basisinformatie ingewonnen zoals weerkaarten via satelliet (FAX-E van DWD) en via een vaste ISDN-lijn met het KMI, wolkenfoto's via satelliet (NOAA en Meteosat) en gegevens van het BBS van het KMI (Bulletin Board System).

De verzamelde en verwerkte gegevens worden verder geïnterpreteerd. Viermaal per dag wordt een hydrometeobericht opgesteld met de verwachtingen van getij, golven, wind, zicht, enz... Deze hydrometeoverwachtingen zijn geldig voor de vaargeulen voor de Vlaamse kust en de verschillende werkgebieden van de afdeling Waterwegen Kust (baggerwerken, peilingen, wrakkenberging, kustverdedigingswerken, havenwerken,...).

De hydrometeoberichten worden via fax of e-mail naar de diverse 'klanten' verstuurd o.a.:

- de afdelingen Scheepvaartbegeleiding en Loodswezen op de locaties Zeebrugge, Oostende en Nieuwpoort, Vlissingen, Antwerpen en de Schelderadarketen te Zeebrugge;
- de afdeling Maritieme Schelde;
- de havens van Oostende en Zeebrugge;
- de projectleiders van de afdeling Waterwegen Kust die werken op zee of aan de kust opvolgen;
- de stormtijwaarschuwingsdienst van de afdeling;

Op de Internet website van AWZ zijn de voorspellingen eveneens terug te vinden in het kustweerbericht: <http://www.awz.be>

## **GEÏNTEGREERD HYDRAULISCH EN NAUTISCH ONDERZOEK VOOR HET ONTWERPEN VAN HAVEN- EN KUSTVERDEDIGINGSINFRASTRUCTUUR**

Frank Mostaert, Erik Laforce, Youri Meersschaut, Tom De Mulder en Marc Willems

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout

De afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek (WLH) van de Administratie Waterwegen en Zeewezen houdt zich hoofdzakelijk bezig met toegepast onderzoek inzake open watersystemen zoals zeeën, kusten, estuaria, rivieren en kanalen,... en de hieraan gebonden structuren waaronder bodem, oevers, strand, waterbouwkundige kunstwerken, schepen,... Hydraulica, hydrologie, sedimenttransport, morfologie en nautica vormen de kerndisciplines van dit onderzoek. Naast het onderzoek is het verzamelen, beheren en exploiteren van hydrologische, hydraulische, morfologische of nautische meetgegevens de kernactiviteit.

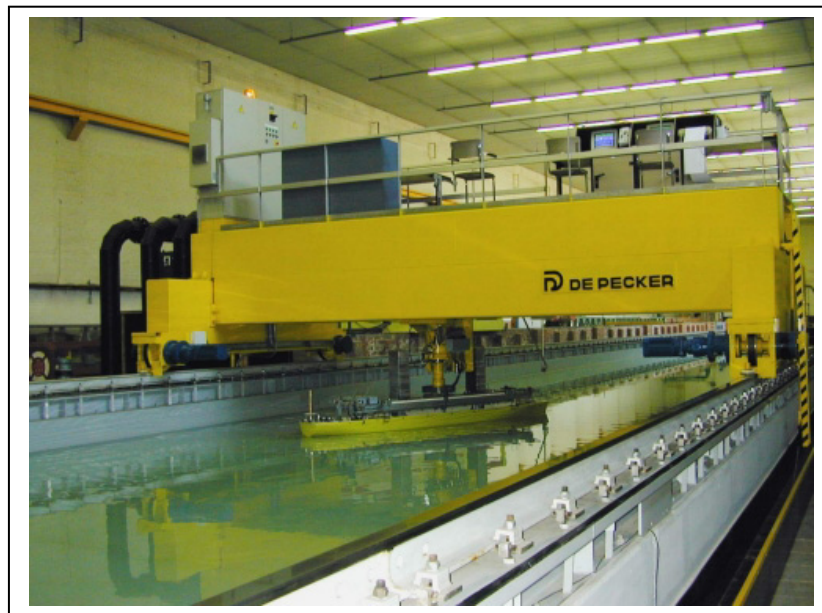
De afdeling WLH stelt zich tot doel om op een integrale, wetenschappelijk verantwoorde en kwalitatief hoogstaande wijze, te voorzien in kennis, kennisproducten en advies op het gebied van voornoemde watersystemen en dit ter ondersteuning van het handelen van de Vlaamse overheid. De toegepaste onderzoeksvragen aan het adres van WLH situeren zich zowel bij de voorbereiding, de uitvoering als de ondersteuning van het beleid onder meer op het vlak van de veiligheid tegen overstromingen, het veilig en optimaal gebruik van de waterweg, het ontwikkelen van meervoudige functies van de waterweg, de verbetering van de leefomgeving, het zoetwaterbeheer en het meer efficiënt investeren in watergerelateerde projecten door de overheid. Om deze doelstellingen te bereiken beschikt de afdeling over een zeventigtal medewerkers waaronder een twintigtal onderzoekers. Daarenboven wordt strategische samenwerking gezocht met onder meer de universiteiten en met andere afdelingen van de administraties. Om de vragen van de klanten te kunnen beantwoorden worden ook studies of deelaspecten ervan uitbesteed en wordt geïnvesteerd in specifieke onderzoeksinfrastructuur, soft- en hardware.

Naast het werk voor klanten binnen de administratie, sluit WLH ook aan bij vragen vanuit de wetenschappelijke en universitaire wereld om te participeren in zowel binnenlandse (FWO, PODO, doctoraatsonderzoek, eindwerken,...) als Europese onderzoeksprojecten (MAST-OPTICREST, CLASH). De onderzoeksinfrastructuur wordt aldus mits het afsluiten van samenwerkingsverbanden ook ter beschikking gesteld voor meer fundamenteel onderzoek van universitaire vorsers.

De aard van de onderzoeksvragen waarmee het WLH geconfronteerd wordt, kunnen grofweg opgedeeld worden in drie klassen. In de eerste plaats is er de bepaling van de *omgevingsfactoren* (getij, stroming, golven, morfologische evolutie,...) waaraan een bepaalde watergebonden structuur (bodem, kunstwerk, haven, dijk, strand, schip,...) wordt onderworpen. Deze kennis is nodig voor het ontwerp van een nieuwe of verbeterde toestand en/of voor de evaluatie van een bestaande toestand. Ten tweede zijn er de *geïntegreerde hydraulische/nautische studies*, waarbij bijvoorbeeld de meest aangewezen lay-out van een watergebonden structuur zoals een havenmond, sluis of vistrap wordt bepaald. De derde klasse omvat de *detailengineering* van bepaalde aspecten van een watergebonden infrastructuur zoals de dwarsdoorsnede van een havendam, strandsuppletie,...

WLH beschikt over in Vlaanderen unieke infrastructuur om dit toegepast onderzoek uit te voeren. Zo zijn er verschillende installaties beschikbaar voor *fysische schaalmodellen*, waarin een reële situatie op schaal kan nagebouwd worden en kan onderworpen worden aan het verticaal en horizontaal getij en/of golven. Op deze wijze kunnen de stabiliteit van een waterbouwkundig kunstwerk, de effectiviteit van een kunstwerk en de ermee gepaard gaande erosie- en sedimentatieverschijnselen nagegaan worden.

Wat betreft het nautisch onderzoek, dient ook de *sleeptank* vermeld te worden. In samenwerking met het departement Scheepsbouwkunde van de Universiteit Gent wordt hierin intensief onderzoek uitgevoerd naar de krachtwerking op modelschepen in ondiep water, waarbij recentelijk in het bijzonder ook de effecten van vloeibare sliedlagen op het vaar- en manoeuvreergedrag bestudeerd worden.



Sleeptank

Tot op heden vormen de fysische schaalmodellen de onderzoeksmiddelen bij uitstek voor het toegepast onderzoek van WLH. Dergelijk instrumentarium biedt het voordeel dat visueel duidelijk kan worden gemaakt wat er gebeurt. Onderzoek met fysische schaalmodellen vergt echter grote weerkerende investeringen, de projecten hebben een lange doorlooptijd, het is beperkt door optredende schaalearselen. Mede hierdoor wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van numerieke of mathematische modellen.

Sinds het einde van de jaren zeventig ontwikkelde het WLH zelf mathematische modellen, zoals onder meer een eendimensionaal model voor het getijdengebied van de Schelde dat toelaat in elke dwarsdoorsnede en op elk ogenblik het debiet en de waterstand te simuleren. Sinds een drietal jaar is er echter een geïntensifieerde aandacht voor de ontwikkeling van tweedimensionale mathematische modellen voor kust en Schelde. Dergelijke modellen maken het mogelijk om ook variaties van waterstand en dieptegemiddelde stroomsnelheid op elke plaats te simuleren in de tijd. Ook driedimensionale modellen vinden meer en meer ingang en deze moeten toelaten om ook verticale profielen van stroomsnelheden op elke plaats te voorspellen.

Met deze mathematische modellen kan niet alleen de waterbeweging worden berekend, maar kan eventueel ook het ermee gepaard gaande sedimenttransport worden bepaald, of zelfs morfologische evoluties van de bodem. Daarnaast beschikt het WLH over mathematische modellen voor de voorspelling van de golfvoortplanting.

Het WLH koos voor de aanschaf van een commercieel softwarepakket voor dergelijke 2D en 3D modellering. De softwarepakketten dienden op een relatief gebruiksvriendelijke wijze te kunnen voorzien in:

- (1) het genereren van kromlijnige rekenroosters vanwege de noodzaak om complexe lay-outs te kunnen beschouwen;
- (2) de mogelijkheid om bodemtopografie in te voeren via interpolatie van peilinggegevens;
- (3) het vastleggen van de rand- en beginvoorwaarden;
- (4) de oplossing van de mathematische vergelijkingen die een vertaling zijn van de fysische behoudswetten uit de hydrodynamica;
- (5) de mogelijkheid tot visualiseren en analyseren van de resultaten van het model.

Het softwarepakket bevat niet alleen modules voor het simuleren van de waterbeweging, maar laat ook toe van golfvoortplanting, sedimenttransport en zelfs morfologische evoluties (op een geïntegreerde wijze) door te rekenen.

Sedert 1999 zijn met het softwarepakket een aantal mathematische modellen ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld een waterbewegingmodel en een golfvoortplantingmodel voor de Belgische kuststrook, een gekoppeld stroming- en golfvoortplantingmodel voor de Oostkust en een waterbewegingmodel voor het tijgebied van de Schelde.

Deze modellen moeten niet zozeer gezien worden als een doel op zich, doch eerder als een middel om onderzoek te doen in het kader van concrete projecten. Zo kan steeds een detailmodel ingebed worden in de hierboven genoemde modellen, waardoor de waterbeweging, de golfvoortplanting en later ook het sedimenttransport en de morfologische evolutie in detail kunnen onderzocht worden voor een bepaald interessegebied. Zo werden onder meer detailmodellen voor Oostende ontwikkeld in het kader van het ontwerp van de kustverdediging en havenmond te Oostende. Daarnaast is een detailmodel voor de Haven van Zeebrugge in ontwikkeling (onder meer) met het oog op de studie van de neervorming in de voorhaven, evenals ter studie van de stromingspatronen in de haven en voor de sluisingen.

In feite is het de bedoeling om op termijn over een zogenaamde modellentrein te kunnen beschikken die gaat van de Atlantische Oceaan tot en met de meest stroomopwaartse takken van het getijdengebied van de Schelde. Met behulp van een dergelijke trein kan dan steeds een gepaste aandrijving (in dit geval randvoorwaarden voor stroming, golven enz.) voor detailmodellen gegenereerd worden. Bij het verder ontwikkelen en op punt stellen van de modellentrein werkt WLH samen met gespecialiseerde instituten in binnen- en buitenland (zowel wetenschappelijke, universitaire als overheidsinstellingen).

De investering in numerieke modellen, in de benodigde gesofisticeerde hardware en vooral in de opbouw van de noodzakelijke expertise en in de opmaak van de basismodellen heeft veel inspanningen gevergd die pas sedert 2000 aanleiding geeft tot de eerste concrete resultaten. De afdeling WLH gaat ervan uit dat noch fysische schaalmodellen, noch numerieke modellen op zich een antwoord kunnen bieden op elke vraag. Waar men bij fysische modellen ziet wat men doet en waar men natuurlijke omstandigheden nabootst, wordt bij numerieke modellen ook zeer sterk geschematiseerd en dreigt het gevaar dat het tot

een soort black box techniek verwordt zonder de inbreng van experts. Daarenboven is er nog steeds de gebrekkige kwaliteit van de turbulentiemodellering en de grote beperkingen van de sedimenttransport modules.



Studie van stabiliteit van de ontworpen havendam voor Oostende op fysisch schaalmodel in de golfgoot

De mogelijkheid en de aanwezige expertise om beide technieken, aangevuld met terreinmetingen complementair te gebruiken zijn grote troeven van het Waterbouwkundig Laboratorium. Dit procédé is toegepast voor het gecombineerd onderzoek met fysische en mathematische modellen ter bepaling van de optimale zandsuppletie op het strand van Knokke-Zoute. Dit onderzoek gebeurde in nauwe samenwerking met de afdeling Waterwegen Kust, de Universiteit Gent en een studie bureau.

Naast de installaties voor fysische schaalmodellen en de software voor mathematische modellen beschikt WLH ook over een performante *scheepsmanoeuvresimulator*. Deze simulator bestaat niet alleen uit een zo realistisch mogelijk nagebouwde 'commandobrug van een schip' (inclusief een in real-time bewegend buitenbeeld) waarin nautici alle handelingen kunnen uitvoeren die met het varen met een bepaald (zee)schip gepaard gaan, maar ook uit gesofisticeerde hardware en software.

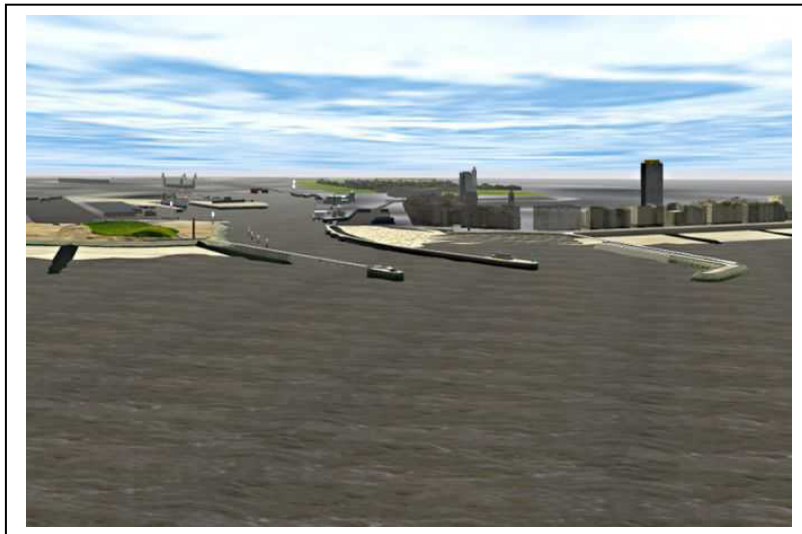


Zicht op de commandobrug van de WLH-scheepsmanoeuvresimulator

Zo maakt de simulator onder meer gebruik van een wiskundig scheepsmodel, waarin de krachtwerking op het schip onder invloed van verschillende randvoorwaarden wordt vastgelegd. Het WLH beschikt over de wiskundige modellen voor een hele reeks scheepstypes.

Ook de omgevingscondities (waterstanden, stroming, wind, golven) dienen in het model ingebracht te worden. Hiervoor kan onder meer beroep worden gedaan op voorspellingen met behulp van de mathematische modellen die beschikbaar zijn op het WLH.

Wat betreft het bewegend buitenbeeld, beschikt het WLH reeds over een hele reeks grafische omgevingen (onder meer havens/dokken/sluizen te Zeebrugge, Oostende, Vlissingen, Terneuzen, Antwerpen, Hingene,...).



Grafische omgeving (buitenbeeld) voor simulatorvaarten in vernieuwde haventoeegang te Oostende

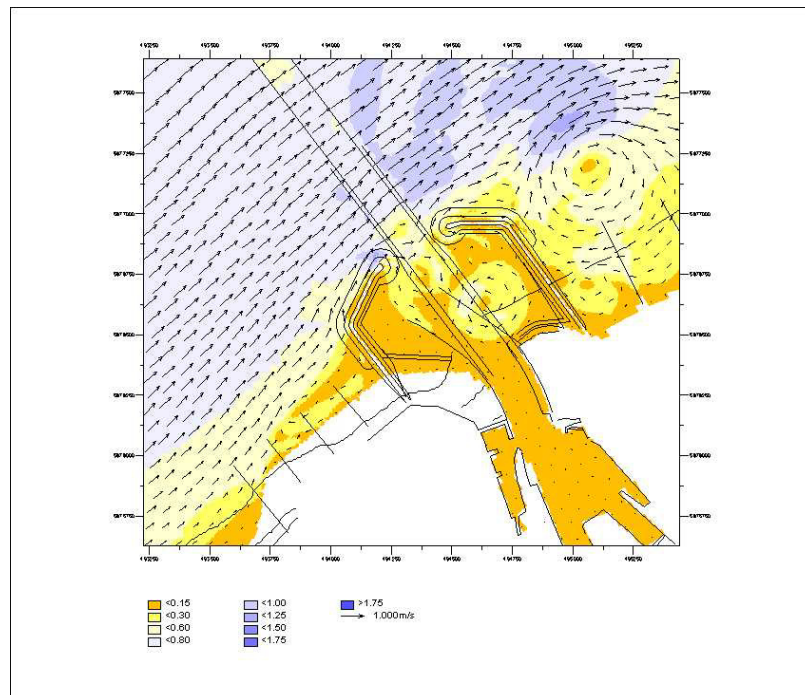
De simulator wordt gebruikt als onderzoeksinstrument voor simulaties van te ontwerpen haveninfrastructuur enerzijds en als opleidingsinstrument voor loodsen en schippers om in gekende of nieuwe omgevingen te leren varen.

De verschillende onderzoeksmiddelen kunnen gezamenlijk worden ingezet rekening houdend met hun relatieve sterktes en zwaktes. Het onderzoek vanaf terreinmetingen, over modelmatig verwerken van de terreinmetingen met 2D en 3D modellen, over het fysisch experimenteren in de sleeptank met scheepsbewegingen, over de integratie van natuurlijke omgevingsgegevens en van nautische gegevens in het numeriek model van de simulator, tot het realiseren van de simulatie-experimenten en uiteindelijk de opleiding is een voorbeeld van de geavanceerde geïntegreerde aanpak waar het Waterbouwkundig Laboratorium zich in wil profileren.

Dit onderzoekstraject werd in 2000 voor het eerst toegepast bij het ontwerp van de nieuwe haventoeegang van Oostende. Op basis van de beschikbare gegevens verzameld op het terrein (morfologie, stromingen, hydrometeogegevens) werden de hydrodynamische omstandigheden gemodelleerd van de huidige toestand en van de verwachte toestand na constructie van de nieuwe havendammen. De gemodelleerde omstandigheden kunnen worden ingebracht in het mathematisch model van de scheepsmanoeuvresimulator.



Daarnaast wordt dit model gevoed door nautische aspecten, de in een sleeptank gemeten impact van stromingen op specifieke schepen die de haven zullen aandoen.



Simulatie van stroming met tweedimensioneel mathematisch model voor een ontwerp van nieuwe havenmond te Oostende

Met de simulator, bediend door ervaren loodsen, wordt de ontworpen virtuele omgeving van nieuwe haveninfrastructuur uitgetest onder allerlei omstandigheden (golven, getijden, stromingen, weer) met verschillende scheepstypes. Dit leidt tot adviezen voor verbeteringen van het ontwerp na een statistisch verantwoord aantal gesimuleerde vaarten.

# **MODELLEREN VAN STROMINGEN EN GOLVEN LANGS DE VLAAMSE KUST**

Jaak Monbaliu, Erik Toorman en Jean Berlamont

Katholieke Universiteit Leuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde, Laboratorium voor Hydraulica, Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Heverlee

## **Inleiding**

Onze Vlaamse kustzone wordt gekenmerkt door de bijna unieke aanwezigheid van talrijke zandbanken, mooie zandstranden en dito duinen. Het getij is met 4 tot 5 m aanzienlijk. Stormopzet is niet te onderschatten, en de stromingen zijn sterk en complex. Golven kunnen aanzienlijke schade berokkenen. De scheepvaart is door de aanwezigheid van routes naar een aantal belangrijke havens, op zijn minst druk te noemen.

Om tot een beleid te komen om de rijkdom van onze kust en onze zee duurzaam te beheren en te exploiteren, is kennis onontbeerlijk. Kennis van het getij en stormopzet, van stromingen en van golven zijn daar één doch een essentieel onderdeel van. De ontwerpwaarde van het kruinniveau van onze dijken wordt bepaald door in te schatten hoe hoog het water wel kan komen ten gevolge van getij, stormopzet en golven. Sedimenten, maar ook pollutanten worden meegevoerd met de stromingen. Afslag van strand of duin door golven bij storm kan verstrekkende gevolgen hebben. Het manoeuvreren van een schip op zee of bij het binnenvaren van een haven is afhankelijk van de stroming en de golfwerking. Activiteiten binnen een haven worden beschermd door een 'golf'breker.

Zonder metingen van getij, stormopzet, stromingen en golven weten we weinig of niets. Maar we kunnen niet overal en altijd meten. We kunnen ook nu niet meten wat straks zal komen. Daartoe hebben we modellen nodig, hetzij fysische, hetzij wiskundige modellen, elk met zijn eigen kwaliteiten maar ook beperkingen. Wijzelf gaan ons hier beperken tot een beperkt aantal wiskundige modellen voor stromingen en golven.

## **Dagelijks gebruik van numerieke modellen van stromingen en golven langs de Vlaamse kust**

Numerieke modellen worden veelvuldig gebruikt. Het WLH [afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek van AWZ (afdeling Waterwegen en Zeewezen, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap)] beschikt over tal van softwarepakketten om hen te helpen in het beheren en plannen van infrastructuurwerken aan de kust. Het zoeken naar een optimale lay-out van bijvoorbeeld de nieuwe havendam van Oostende is in een belangrijke mate gebaseerd op de interpretatie van de resultaten afkomstig van golf- en stromingsberekeningen.

Door AWZ werd onlangs het Oceanografisch Meteorologisch Station officieel ingehuldigd. Het OMS wordt beheerd en geëxploiteerd door de afdeling Waterwegen Kust, dat beroep doet op het KMI voor de opmaak van weerberichten voor de scheepvaart en voor werken langs de kust en op zee. Dagelijks worden specifieke hydrometeoberichten met verwachtingen van wind, getij, en golfhoogtes voor windzee en deining opgesteld. De wiskundige modellen die daarbij worden gebruikt voor de voorspelling van golven en stromingen, steunen in belangrijke mate op onderzoekswerk verricht aan de BMM



(Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium) en het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven.

## Onderzoek aan de KU Leuven

In de mariene en estuariene sector heeft het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven vooral expertise opgebouwd op het gebied van sedimentmechanica en hydrodynamica van stromingen en golven. Het onderzoek gebeurt zowel in een Vlaamse, als in een nationale en internationale context. Er is dan ook een voortdurende terugkoppeling tussen onderzoek dat met Vlaamse (of nationale) overheidsmiddelen wordt gefinancierd en onderzoek dat met externe middelen zoals privé-bedrijven of EU wordt gefinancierd. Vele onderzoekers stromen ook door naar privé-bedrijven of de overheid.

Voorbeelden van onderzoek in de internationale context, zijn de deelnames aan EU MAST (Marine Science & Technology) projecten zoals MaxWave, COSINUS (Prediction of Cohesive Sediment transport and bed morpho-dynamics in estuaries and coastal zones with Integrated Numerical Simulation models), G6M & G8M Coastal Morphodynamics, PROMISE (Pre-Operational Modelling In the Seas of Europe), MMARIE (application of high performance computing techniques for the Modelling of MARine Ecosystems), NOWESP (North-West European Shelf Program), en CENAS (Study on the Coastline Evolution of the Eastern Po plain due to sea level change caused by climate variation and to Natural and Antropogenic Subsidence).

Vanuit Vlaanderen komt financiering vooral vanuit AWZ (afdeling Waterwegen en Zeewezen), het IWT (Instituut voor de aanmoediging van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen) en het FWO (Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek). Maar ook privé-bedrijven investeren regelmatig in praktijkgericht onderzoek.

De opdrachten gefinancierd door AWZ zijn hoofdzakelijk toepassings- en beleidsondersteunend gericht. De calibratie van OMNECS [Operatieel Model van het Noordwest-Europese Continentale Plat (1995-1998)], was een onderdeel van het hierboven aangehaalde operationeel model voor de voorspelling van stormopzet en getij aan onze kust. Bij het 'Verkennd onderzoek ter bepaling van het golfklimaat (2000)' werd gebruik gemaakt van het aan de TU Delft ontwikkelde SWAN (Simulating Waves Nearshore)-model. Bij deze opdracht werd nagegaan of het mogelijk is 'numerieke' golfboeien te maken. Uitgaande van gemeten directionele golfspectra op locatie Westhinder, werden golfspectra op locatie Bol van Heist gesimuleerd en vergeleken met de daar gemeten golfspectra. Door te kiezen voor een spectraal golfmodel zoals SWAN voor de transformatie van golven naar de kust, kan men de karakteristieken van het volledige golvenspectrum bewaren. Dit moet in principe toelaten om op elk rekenpunt van het model een 'numerieke directionele golfboei' te hebben. Door statistische verwerking van de simulaties over een lange periode, kan men dan een golfklimaat opstellen voor elk punt.

Momenteel (2001-2002) wordt voor het WLH gewerkt aan de implementatie en calibratie van een stromingsmodel en een spectraal golfmodel van de derde generatie (de uitgebreide PROMISE versie van het WAM-model) voor de Noordzee. Deze opdracht wordt uitgevoerd in samenwerking met de BMM (verantwoordelijk voor het stromingsmodel). De implementatie van zowel het stromingsmodel als het golfmodel voor het volledige gebied van de Noordzee is noodzakelijk om zo goed mogelijke randvoorwaarden te creëren voor de gedetailleerde

kuststrookmodellen die in gebruik zijn bij het WLH. Deze kuststrookmodellen worden o.a. gebruikt in het kader van het Veiligheidsniveau Vlaanderen Kustverdediging.

Alhoewel golven mede verantwoordelijk zijn voor het in suspensie brengen van sedimenten, zijn het vooral de stromingen die voor het transport zorgen. Gedetailleerde modellering van stromingen is dan ook een vereiste om balansen van sediment transport te berekenen. Deze berekende stromingen vormen ook de basis voor de interpretatie van metingen, zij het in situ-metingen over langere periodes op één locatie, zij het synoptische metingen op één ogenblik via technieken van aardobservatie. Een voorbeeld hiervan is een studie van het dynamisch gedrag van zwevend transport uitgevoerd door Eurosense. Stromingsbeelden met een resolutie van 300 m werden berekend voor de volledige kustzone met een verdere verfijning (75 m resolutie) rond de haven van Zeebrugge.

Reeds 20 jaar worden aan het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven studies uitgevoerd betreffende de problematiek van aanslibbing van havens en toegangsheuven en de daaraan verbonden problemen van het verwijderen en stockeren van de baggerspecie. Bij de bouw van de Vandamme zeesluis te Zeebrugge werd door het laboratorium in opdracht van SBBM (nu BESIX) en met co-financiering van het IWONL (thans IWT) uitvoerig onderzoek verricht naar de mogelijke aanslibbing ter plaatse van de zeewaartse deur en de eventuele verwijdering van eerder bezonken slib. Eenmaal slib voldoende geconsolideerd is kan het niet meer door de ebstroom of door spuien verwijderd worden. Dit onderzoek gaf later aanleiding tot studies ivm de aanslibbing onder de Flandria terminal te Antwerpen, de aanslibbing van de toegangsheuven van de Berendrecht sluis, versnelde consolidatie van baggerslib in onderwatercellen en op het land (voor IMDC) en de aanslibbing van de heuven waarin de tunnelelementen van de Liefkenshoektunnel geplaatst werden.

Het laboratorium beschikt over alle apparatuur voor de karakterisering van het fysisch gedrag van slib, in het bijzonder een aantal consolidatiekolommen, een gamma-densimeter en een erosiegoot waarin de kritische schuifspanning voor erosie van slib kan bepaald worden. Dit is een essentiële inputparameter voor numerieke modellen ivm sedimenttransport en morfologische modellen (bv. voor de Schelde in opdracht van IMDC).

Het fundamenteel onderzoek naar het gedrag van slib werd ook gefinancierd door het FWO. Van 1988 tot 2001 was dat in de vorm van een doctoraats- en post-doctoraatsbeurs. Verschillende aspecten kwamen aan bod. De laatste jaren werd de meeste aandacht gericht op de correcte modellering van sedimentfluxen in stromingen, waarbij in het bijzonder de interactie van turbulentie met zwevende deeltjes werd bestudeerd. De modulatie van turbulentie in suspensies heeft belangrijke gevolgen voor het energiebudget, de bodemschuifspanning en bijgevolg de uitwisseling (erosie en bezinking) van sediment met de bodem. Dit alles heeft belangrijke implicaties voor de studie van de morfodynamica van onze kust en estuaria.

Deze kennis wordt dan ook benut bij andere projecten, zoals het bestuderen van de erosie- en sedimentatieprocessen in het kader van MONAY (Monitoring Natuurherstel IJzermonding; opdrachtgever AMINAL, coördinator Laboratorium Plantkunde van de RUG). Ook heeft de uitgebreide ervaring met slib het laboratorium toegelaten een leidende rol te spelen in de EU projecten G6M en COSINUS.

Bij het project 'Hydrodynamica en sedimenttransport – fundamentele aspecten' (2001-2004) zijn naast het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven (promotor), ook het

Laboratorium voor Hydraulica van de RUG en het WLH betrokken. Het is de bedoeling om de invloed van stromingen en golven op sedimenttransport (in casu zand) in detail te bestuderen en dit op verschillende lengte- en tijdschalen. Daarbij zullen zowel numerieke als fysische experimenten uitgevoerd worden. Op de allerkleinste schaal wordt gekeken hoe in één verticale, stromingsparameters (het gemiddelde snelheidsprofiel en de turbulentiekaracteristieken) over één golfcyclus veranderen bij verschillende combinaties van stromingen en golven. Op de allergrootste schaal zal een gekoppeld golf-stromingsmodel gebruikt worden om een sedimenttransportmodel aan te drijven voor het gebied van de Vlaamse Banken. Bepalen hoe de processen van één punt en één golfcyclus geïntegreerd worden naar een gebied van honderden km<sup>2</sup> en tijdschalen van enkele dagen, is een grote uitdaging. De investeringen in de golfgoot door het WLH door vernieuwing van de sturing van het golfschot en het toelaten van stromingen (tegen en met de golven), en de FWO-financiering voor de aankoop van moderne meettoestellen voor het meten van snelheden en concentraties, zullen daarbij een belangrijke rol spelen. Maar ook de jarenlange ervaring en knowhow opgedaan bij de gedetailleerde modellering van sedimentfluxen in stromingen, zal hier van pas komen.

In het FWO-project 'Numerieke modellering en experimentele validatie van golfinteractie met ondoordringbare zeeweringen' geleid door de Afdeling Weg- & Waterbouwkunde van de RUG, zal o.a. in detail nagegaan worden hoe men uit informatie van het golfspectrum kan overgaan naar de ogenblikkelijke waterstandsverheffing. Dit onderzoeksproject start in 2002 en loopt tot 2005. Golfgroepering, interactie stroming en golven, en de combinatie van windzee en deining, spelen hier een belangrijke rol. Voor dit project zal in belangrijke mate beroep gedaan worden op de knowhow binnen het EU-project MaxWave. Het MaxWave project is op zoek naar methodes om de mechanismen waarbij deze 'uitzonderlijke' golven voorkomen beter te begrijpen en zodoende ook te kunnen waarschuwen wanneer de verschillende factoren wijzen op een hoge kans van voorkomen.

### **Conclusies en aanbevelingen naar beleidsondersteunend onderzoek**

Onderzoek, zoals het hierboven aangehaald onderzoek op het gebied van stromingen en golven, kan en mag niet geïsoleerd gebeuren. Internationale confrontatie van ideeën en samenwerking is noodzakelijk om onderzoek van hoog niveau te verzekeren. Terugkoppeling naar Vlaanderen is belangrijk. Verbeterd inzicht in een duurzaam beheer van onze zee en onze kust, moet ook hier zijn toepassing vinden. Terugkoppeling betekent echter ook dat Vlaanderen iets te bieden heeft en daarom moet Vlaanderen voldoende investeren in onderzoek en opleiding. Het ondersteunen van verschillende onderzoeksgroepen in multidisciplinaire Vlaamse onderzoeksprojecten in een geest van wetenschappelijke openheid, is een noodzakelijke voorwaarde om in return goede beleidsondersteuning mogelijk te maken.

### **Referenties**

- Berlamont J.E. and E.A. Toorman (Eds). 2000. COSINUS Final Scientific Report, Hydraulics Laboratory, KU Leuven.
- De Putter B., P. De Wolf, C.S. Yu, R. Houthuys, J. Van Sielegheem, and D. Fransaer. 1996. Suspended sediment concentrations along the Belgian coast under storm conditions and over an M2 tidal cycle.
- Defevere W., L. Ronco, and J. Monbaliu. 2000. Verkennend onderzoek ter bepaling van het golfklimaat – eindverslag. Studie in opdracht van Afdeling Waterwegen Kust.

- Ozer J., R. Padilla-Hernandez, J. Monbaliu, E. Alvarez Fanjul, J.C. Carretero Albiach, P. Osuna, C.S. Yu, and J. Wolf. 2000. A coupling module for tides, surges and waves. *Coastal Engineering* 41:95-124.
- Monbaliu J., R. Padilla-Hernandez, J.C. Hargreaves, J.C.C. Albiach, W. Luo, M. Sclavo, and H. Günther. 2000. The spectral wave model, WAM, adapted for applications with high spatial resolution. *Coastal Engineering* 41:41-62.
- Yu C.S. 1993. Modelling shelf sea dynamics. Ph.D. thesis Civil Engineering Department KU Leuven. 183p. + app.

## **GOLFOPLOOP OP GEHELDE GESLOTEN EN OPEN ZEEWERINGEN**

Julien De Rouck en Björn Van de Walle

Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Civiele Techniek, Afdeling Weg- en Waterbouwkunde, Campus Ardoyen, Technologiepark 9, B-9052 Gent

In het kader van het Europees onderzoeksproject OPTICREST ('The optimisation of crest level design of sloping coastal structures through prototype monitoring and modelling' - MAS3-CT97-0116) werden in Vlaanderen zowel metingen op ware grootte (Zeebrugge) als laboratoriummetingen (Borgerhout) uitgevoerd. Zowel de Afdeling Waterwegen Kust als de Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek binnen de Administratie Waterwegen en Zeewezen van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur van de Vlaamse Gemeenschap waren actief betrokken bij het project. De Afdeling Weg- en Waterbouwkunde van de Vakgroep Civiele Techniek van de Universiteit Gent was coördinator van het drie jaar durend project dat van start ging op 1 maart 1998 en eindigde op 28 februari 2001. De Afdeling Waterwegen Kust stond in voor het uitvoeren van de metingen van de golfkarakteristieken, de golfoploop (E: wave run-up) en de golfoverslag (E: wave overtopping) over de stortsteengolfbreker in Zeebrugge. In het Waterbouwkundig Laboratorium van Borgerhout zijn modelproeven uitgevoerd. Deze modelproeven bestonden uit zowel het simuleren van opgemeten stormen, als het uitvoeren van parametrische testen.

De doelstellingen van het OPTICREST-project waren:

- het opstellen van ontwerpregels voor het bepalen van de kruinhoogte van kuststructuren, gebaseerd op prototypemetingen en ondersteund door modelproeven
- het verifiëren en kalibreren van schaalmodellen met prototypemetingen van golfoploop
- het kalibreren van numerieke modellen met prototypemetingen en modelproeven betreffende golfoploop
- bestaande golfoploopmeettoestellen verbeteren (inclusief software)

Het project steunde op drie grote pijlers: prototypemetingen, modelproeven en numerieke modellering.

Tien partners uit zeven Europese landen waren betrokken bij het project. Het totale budget bedroeg 1.401 miljoen EUR, waarvan 1 miljoen EUR gefinancierd werd door de Europese Gemeenschap.

In het kader van dit Europees project werden prototypemetingen uitgevoerd op de zeedijk in Petten (Nederland) en op een golfbreker te Zeebrugge (België).

In Petten, gesitueerd langsheen het centraal deel van de westkust van Nederland beschermt een zeedijk de achterliggende gebieden tegen de zee. De voet van de dijk is bekleed met basaltblokken en bovenaan is deze beschermd met asfalt en asfaltbeton. Het voorland is relatief ondiep en wordt gekenmerkt door een zandbank voor de kust. Dit voorland heeft een grote invloed op de voortplanting van de golven naar en de golfoploop op de dijk. Het dijkprofiel bevat tevens een berm. Een uitgebreid meetnet van palen in zee met druksensoren, golfhoogtemeters, golfmeetboeien,... voorziet RIKZ (Rijkswaterstaat) met data over zeegolven ter hoogte van de Pettemer meetraai. Een golfoploopbakken is ingewerkt in het bovenste gedeelte van de dijk.

De golfbreker in Zeebrugge is een conventionele stortsteengolfbreker waarvan de deklaag bestaat uit betonblokken, zgn. gegroefde kubussen (elk blok weegt 25 ton). De meetsectie bevindt zich op het noordelijk gedeelte van de westelijke golfbreker welke de haven

beschermt tegen de golfaanval. Op de golfbreker is een meetsteiger met een totale lengte van 60 m uitgebouwd in zee. Deze steunt aan de zeewaartse zijde op een stalen paal ( $\phi = 1.80$  m) en aan de landwaartse zijde op 2 betonnen kolommen. Op deze meetsteiger zijn volgende meetinstrumenten aangebracht:

- een infrarood golfhoogtemeter ter bepaling van de golfkarakteristieken aan de voet van de golfbreker
- drie anemometers ter bepaling van de windsnelheid en -richting.

Op de stalen paal welke de meetbrug ondersteunt zijn twee druksensoren aangebracht waarmee het gemiddeld waterpeil wordt opgemeten. Voor de golfbreker liggen twee golfmeetboeien (één op 150 m en één op 215 m) waarmee de invallende golven worden opgemeten.

Golfoploop wordt gemeten met twee verschillende meetsystemen. Een eerste meetinstrument (het zogenaamde 'spiderweb'-systeem) bestaat uit zeven verticale stappenbakens welke aangebracht werden tussen de meetbrug en de deklaag. Aan hun onderzijde zijn deze bakens bevestigd aan de betonblokken en aan hun bovenzijde aan de meetbrug d.m.v. een stijve veer. Uit deze metingen kunnen m.b.v. een computeralgoritme de golfoploophoogtes berekend worden. Een tweede meetsysteem bestaat uit vijf golfoploopbakens welke bovenop de blokken van de deklaag zijn geplaatst. Deze bakens geven direct een beeld van de golfoploophoogte.

In een dwarsdoorsnede, ca. 150 m voorbij de meetsteiger, is ook een overtoppingsbak geconstrueerd. Deze overtoppingsbak is een betonnen kuip ( $\cong 28$  m<sup>3</sup>) waarin het water dat over de kruinblokken slaat wordt opgevangen. D.m.v. een samengestelde overlaat wordt de overtoppingsbak langs één zijkant continu geledigd. Door de continue registratie van de waterhoogte in de tank en gebruikmakend van de calibratieformule van de overlaat kan zowel het gemiddeld golfoverslagdebiet als de watervolumes van de individuele overslaande golven bepaald worden.

Gedurende de afgelopen 7 jaar zijn er in Zeebrugge 13 interessante stormen opgemeten. Een storm is pas interessant wanneer de golven uit het noordwesten komen zodat de golven de golfbreker quasi loodrecht aanvallen. Dit komt gemiddeld overeen met windkracht  $> 7$  Beaufort uit het noordwesten. De significante golfhoogtes  $H_{mo}$  (d.i. het gemiddelde van de 33% hoogste golven binnen een tijdreeks) varieerden tussen 2.40 m en 3.13 m, de gemiddelde golfperiode  $T_{0,1}$  bedroeg ongeveer 6.53 s en de gemiddelde piek golfperiode  $T_p$  (d.i. de periode waar het spectrum een maximum bezit) bedroeg ongeveer 7.93 s.

Golfoploop  $Ru$  is gedefinieerd als het verschil tussen de golfoploophoogte en de gemiddelde waterstand (E: Still Water Level (SWL)). Golfoploop wordt bijvoorbeeld gekenmerkt door  $Ru_{2\%}$ .  $Ru_{2\%}$  is de golfoploop die door 2% van de oplopende golven wordt overschreden. Conventioneel wordt veelal met de dimensieloze  $Ru_{2\%}/H_{mo}$  waarde gewerkt. Ook andere overschrijdingspercentages  $x$ , andere dan 2%, worden gebruikt en worden aangeduid door  $Ru_{x\%}/H_{mo}$ .

Drie laboratoria hebben de golfbreker van Zeebrugge gemodelleerd: het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout (FH), de Afdeling Civiele Techniek van de Universiteit van Aalborg (Denemarken) (AAU) en het Laboratorium van Havens en Kusten van de Polytechnische Universiteit van Valencia (Spanje) (UPV). FH en UPV modelleerden de golfbreker van Zeebrugge tweedimensionaal op schaal 1:30. AAU modelleerde de golfbreker driedimensionaal op schaal 1:40. Het kernmateriaal van de golfbreker werd zodanig verschaald zodat de hydraulische gradiënten dezelfde waren in model en in prototype (op ware grootte). Golfoploop werd in alle laboratoria gemeten met een laboversie

van de stappenbaak, ontworpen en geconstrueerd aan de Afdeling Weg- en Waterbouwkunde van de Gentse Universiteit. Het unieke aan deze stappenbaak is dat de naalden van de baak zeer nauwkeurig (tot op 2 mm) het grillig verloop van de helling van een golfbreker kunnen volgen. Op die manier kan golfoploop dan ook veel nauwkeuriger opgemeten worden.

De algemene waarde, opgemeten bij hoogwater, voor  $Ru_{2\%}/H_{mo}$  in prototype is 1.77 (voor  $\xi_{om} = 3.59$  waarbij  $\xi_{om}$  het Iribarren getal voorstelt en het brekertype (oplopende breker) kenmerkt). Zowel het 'spiderweb'-systeem als de oploopbakens detecteerden een zelfde waarde voor de golfoploop. Deze waarde werd verkregen door analyse van 9 stormen, elk 4 opeenvolgende tijdreeksen van 30 minuten binnen een twee uur durend tijdsvenster rond hoog water in rekening brengend. Gedurende deze 2 uur durende periodes op hoogtij is het gemiddeld waterpeil nagenoeg constant.

**Tabel 1. Resultaten van prototypemetingen en laboratoriummetingen, opgemeten bij hoogtij**

	Lengte van tijdreeks	$\frac{Ru_{2\%}}{H_{mo}}$ [-] prototype-metingen	$\xi_{om}$ [-]	$\frac{Ru_{2\%}}{H_{mo}}$ [-] FH	$\frac{Ru_{2\%}}{H_{mo}}$ [-] UPV	$\frac{Ru_{2\%}}{H_{mo}}$ [-] AAU
29 augustus 1995	2h15min	1.66	3.76	1.42		1.91
19 januari 1998	2h30 min	1.73	3.70	1.53		1.76
20 januari 1998	2h	1.79	3.64	1.40		1.89
7 februari 1999	2h	1.73	3.55	1.39		1.71
6 november 1999	2h	1.82	3.45	1.44	1.81	1.41
6-7 november 1999	2h	1.84	3.64	1.57	1.76	1.29

Een ander merkwaardig resultaat is dat de waarde van  $Ru_{2\%}/H_{mo}$  stijgt naarmate het waterpeil daalt. Bovendien zijn tijdens vloed de  $Ru_{x\%}/H_{mo}$  waarden groter dan tijdens eb. Hierbij wordt de invloed van de stromingen voor de kust als mogelijke oorzaak beschouwd. Tevens wordt gemeend dat als gevolg van zettingen van de deklaagelementen door de jaren heen de elementen in het onderste gedeelte van de deklaag dichter zijn gepakt dan bovenaan waardoor bij lager waterpeil een hogere golfoploop wordt opgemeten.

Golfafloop (E: wave run-down) werd ook opgemeten m.b.v. het 'spiderweb'-systeem. De waarde van  $Rd_{2\%}/H_{mo}$  bedroeg -0.86.

Wanneer de meetresultaten van de meetcampagnes te Zeebrugge en de laboratoriumresultaten worden vergeleken komen we tot enkele merkwaardige vaststellingen (Tabel 1). Alle waarden in Tabel 1 zijn geldig bij hoog water. De laboratoriumresultaten komen over het algemeen niet goed overeen met de prototype meetresultaten, dit ondanks de zeer natuurgetrouwe opbouw van het model en de deklaag in het bijzonder (de positie van de deklaagelementen in de buitenste laag van het model is identiek aan de positie van de deklaagelementen t.h.v. de meetsteiger op de golfbreker te Zeebrugge). De eerste vier

stormen die nagebootst werden in AAU hebben een golfloopwaarde welke van dezelfde grootteorde is als de waarden bekomen in prototype. De laatste twee waarden liggen veel lager dan de prototypewaarde. Wanneer de opgemeten prototype spectra en de in het labo gegenereerde spectra van de eerste vier stormen op elkaar worden gelegd dan stemmen deze niet goed overeen: in het laboratorium krijgen de laagfrequente golven meer energie toebedeeld. De  $Ru_{2\%}/H_{mo}$  waarden bekomen in FH liggen allen veel lager dan de prototypewaarden. De resultaten bekomen in UPV stemmen wel zeer goed overeen met de prototype golfloopwaarden.

Daar waar in prototype een afhankelijkheid van de  $Ru_{2\%}/H_{mo}$  waarde van het waterpeil werd vastgesteld, wordt deze afhankelijkheid tevens slechts in één labo (AAU) waargenomen. Echter, de afhankelijkheid is niet zo uitgesproken als in prototype. De andere labo's vonden nauwelijks invloed van het waterniveau op de golfloop. In AAU werd een beperkte invloed van stroming evenwijdig met de as van de golfbreker opgemerkt en in UPV werd de invloed van wind op golfloop onderzocht. Echter, wind heeft slechts een beperkte invloed.

Vergelijking van de resultaten van de prototypemetingen op de golfbreker van Zeebrugge met beschikbare informatie in de wetenschappelijke literatuur leidt tot enkele verrassende conclusies. Een eerste referentie betreft de proefresultaten gerapporteerd door Allsop *et al.* (1985). De formule van Losada & Giménez-Curto (1982) werd hierbij als uitgangspunt genomen. Deze laatste formule werd opgesteld voor proeven met regelmatige golven. Niettemin werd deze gefit op de resultaten van de proeven waarin onregelmatige golven werden gebruikt. De deklaag bestond tevens uit gegroefde kubussen. Een kern was niet aanwezig. De deklaagelementen werden namelijk geplaatst op een laag stortsteen op een geperforeerde stalen plaat. De formule van Allsop *et al.* (1985) geeft een waarde  $Ru_{2\%}/H_{mo} = 1.19$  (voor de prototype waarde  $\xi_{om} = 3.59$ ), een waarde welke duidelijk lager is dan de 1.77 opgemeten op prototype in Zeebrugge.

Een tweede referentie betreft de resultaten van de reeks proeven gerapporteerd door Kingston & Murphy (1996) op een schaalmodel van de golfbreker te Zeebrugge. Hierbij werd ook de formule van Losada & Giménez-Curto (1982) op de resultaten gefit en een  $Ru_{2\%}/H_{mo}$  waarde 1.12 was het resultaat.

Een derde en vierde referentie zijn de proeven gerapporteerd door van der Meer & Stam (1992) en Ahrens & Heimbaugh (1982). De deklaag beider structuren bestond uit stortsteen waarbij de nominale diameter van de stenen  $D_{n50}$  veel kleiner was dan de toegepaste significante golfhoogte  $H_s$ . De formule van van der Meer & Stam (1992) duidt een waarde  $Ru_{2\%}/H_{mo} = 1.97$  (voor  $\xi_{om} = 3.59$ ) aan (in prototype is  $Ru_{2\%}/H_{mo} = 1.77$ ) en de formule van Ahrens & Heimbaugh (1982) levert een waarde  $Ru_{max}/H_{mo} = 2.19$  op, waartegen een prototype waarde  $Ru_{max}/H_{mo} = 2.07$  (voor  $\xi_{om} = 4.56$ ) geplaatst wordt. De formules geldig voor stortsteen leunen veel dichter aan bij de prototypemetingen (talud met gegroefde kubussen) dan de formules gepubliceerd voor golfbrekers met een deklaag bestaande uit gegroefde kubussen.

Diepgaand onderzoek betreffende de mogelijke reden(en) waarom golfloop verschillend is in prototype en in labo wordt voortgezet. Alvast worden reeds enkele mogelijke oorzaken opgesomd: enerzijds zijn er de schaafeffecten die onmiskenbaar optreden wanneer modelproeven worden uitgevoerd (al was het maar omdat de viscositeit van water niet verschaald kan worden) en anderzijds zijn er de modefeffecten zoals:

- het niet exact kunnen reproduceren van opgemeten golfspectra
- de invloed van wind



- de invloed van stromingen
- de invloed van de plaatsing van de blokken (een kleine verandering in plaatsingspatroon heeft een grote verandering in  $Ru_{2\%}$  waarde tot gevolg)
- de porositeit en de doorlatendheid van de deklaag

Met het einde van het OPTICREST project is het einde van het onderzoek betreffende golfloop nog lang niet in zicht. Het is een complexe materie welke één van de vele onderzoekdomeinen is van de Afdeling Weg- en Waterbouwkunde van de Gentse Universiteit. Tevens is gebleken dat golfloop niet hét fysisch verschijnsel is waarop de bepaling van de kruinhoogte van een golfbreker moet gebaseerd zijn. Golfoverslag is hiervoor een meer aangewezen fysisch verschijnsel. Echter, dit moet nog onderzocht worden. Golfoverslag is het onderwerp van een nieuw Europees project CLASH ('Crest Level Assessment of coastal Structures by full scale monitoring, neural network prediction and Hazard analysis on permissible wave overtopping'). Dertien partners uit 7 Europese landen zullen golfoverslag bestuderen a.d.h.v. prototypemetingen op 4 sites, modelproeven, numerieke modellering en het ontwikkelen van een neurale netwerk.

De bekomen resultaten zijn verkregen via het OPTICREST project. De Europese Unie en de Vlaamse Gemeenschap worden dan ook hartelijk bedankt voor hun financiële steun.

## Literatuur

- Ahrens J.P. and M.S. Heimbaugh. 1988. Irregular wave runup on riprap revetments. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 114(4).
- Allsop N.W.H., P.J. Hawkes, F.A. Jackson, and L. Franco. 1985. Wave run-up on steep slopes - model tests under random waves. Report SR2.
- Burcharth H.F., Z. Liu, and P. Troch. 1999. Scaling of core material in rubble mound breakwater model tests. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC V)*, Cape Town, South Africa.
- De Rouck J., C. Boone, and B. Van de Walle B. 2001. OPTICREST – Detailed scientific and technical report (FINAL), MAS03/1131, Dept. Of Civil Eng., Ghent University, Belgium.
- De Rouck J., P. Troch, B. Van de Walle, L. Van Damme, and J. Bal. 2000. The optimisation of crest level design of sloping coastal structures through prototype monitoring and modelling. *EurOCEAN 2000 Conference*, August-September 2000, Hamburg (Germany).
- Kingston K. and J. Murphy. 1996. Full scale dynamic load monitoring of rubble mound breakwaters, MAS2-CT92-0023, Thematic report 'B. Wave run-up / Run-down'.
- Losada M.A. and L.A. Giménez-Curto. 1981. Flow characteristics on rough, permeable slopes under wave action. *Coastal Engineering* 4:187-206.
- Troch P., J. De Rouck, and L. Van Damme. 1998. Instrumentation and prototype measurements at the Zeebrugge rubble mound breakwater. *Coastal Engineering* 35:141-166.
- Troch P., M. De Somer, J. De Rouck, L. Van Damme, D. Vermeir, J.P. Martens, and C. Van Hove. 1996. Full scale measurements of wave attenuation inside a rubble mound breakwater. p.1916-1929. In: *Proceedings 25<sup>th</sup> ICCE*, 2-6 September 1996, Orlando (USA).
- van der Meer J.W., Stam C.-J.M. 1992. Wave run-up on smooth and rock slopes of coastal structures. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 118(5).

## **Sedimentologisch en geofysisch onderzoek op het strand en op zee**

Jean Lanckneus<sup>1</sup>, Geert Moerkerke<sup>1</sup> en Vera Van Lancker<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Marine Geological Assistance NV (Magelas), Violierstraat 24, B-9820 Merelbeke

<sup>2</sup> Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Renard Centre of Marine Geology, Krijgslaan 281, Gebouw s8, B-9000 Gent

Twee van de hoofdbevoegdheden van de afdeling Waterwegen Kust (Administratie Waterwegen en Zeewezen) omvatten de algemene kustverdediging en het beheer en onderhoud van de maritieme toegangsheuvelen tot de kusthavens en de Westerschelde.

Daar deze taken zeer omvangrijk zijn en een enorme verantwoordelijkheid inhouden (gevaar van overstromingen, aan de grond lopen van vrachtschepen,...) is de Administratie zich bewust van de noodzaak om moderne monitoringstechnieken toe te passen bij het vervullen van haar opdracht en om wetenschappelijk advies te winnen bij het uitvoeren van belangrijke ingrepen op infrastructuurwerken of op het milieu.

Magelas, een studiebureau gespecialiseerd in mariene cartografie en wetenschappelijk onderzoek op het domein van de sedimentologie, morfologie, topografie en sedimentdynamica, heeft in het verleden reeds meerdere malen zijn medewerking verleend aan het Bestuur. Een aantal voorbeelden van deze medewerking worden hierna voorgesteld.

### **Cartografie van wrakken**

De Westerschelde is als toegangspoort tot Antwerpen één van de drukst bevaren rivieren ter wereld. Opdat steeds grotere containerschepen onafhankelijk van het getij de haven van Antwerpen zouden kunnen binnenlopen, werd in 1995 tussen Nederland en Vlaanderen een 'Verdrag inzake de verruiming van de vaarweg in de Westerschelde' ondertekend. Niet alleen de Westerschelde moest verdiept worden maar eveneens de toegangsheuvelen op zee die leiden tot zowel de kusthavens als de Westerschelde. Om deze vaargeulen te kunnen verdiepen, moet de zeebodem wel eerst vrijgemaakt worden van grote objecten die het verloop van baggerwerken sterk zouden hinderen. Dit betekent dat een aantal wrakken weggehaald moeten worden.

In Belgische wateren zijn een 210 wrakken bekend bij de afdeling Waterwegen Kust. Zeven wrakken moeten noodgedwongen verwijderd worden daar deze het verruimen van de toegangsheuvelen verhinderen. Het ruimen van de wrakken wordt voorafgegaan door een zo nauwkeurig mogelijke detectie van niet alleen het wrak maar ook van alle mogelijke wrakstukken die rond het wrak verspreid liggen. De kraanpontons die ingezet worden om het wrak los te trekken en naar boven te halen moeten dan ook beschikken over de accurate posities van de wrakdelen. Magelas is gespecialiseerd in de visualisatie van de zeebodem met een hoge resolutie waarbij gebruik gemaakt wordt van akoestische apparatuur (side-scan sonar) die gekoppeld wordt aan een digitaal acquisitie- en verwerkingssysteem. De uitgezonden akoestische golven worden teruggekaatst door de bodem en de intensiteit van de reflectie wordt bepaald door het sedimenttype en geometrie van de zeebodem. Het eindproduct van dergelijke opname is een volledig gecorrigeerd beeld van de zeebodem die vergeleken kan worden met een akoestische luchtfoto.

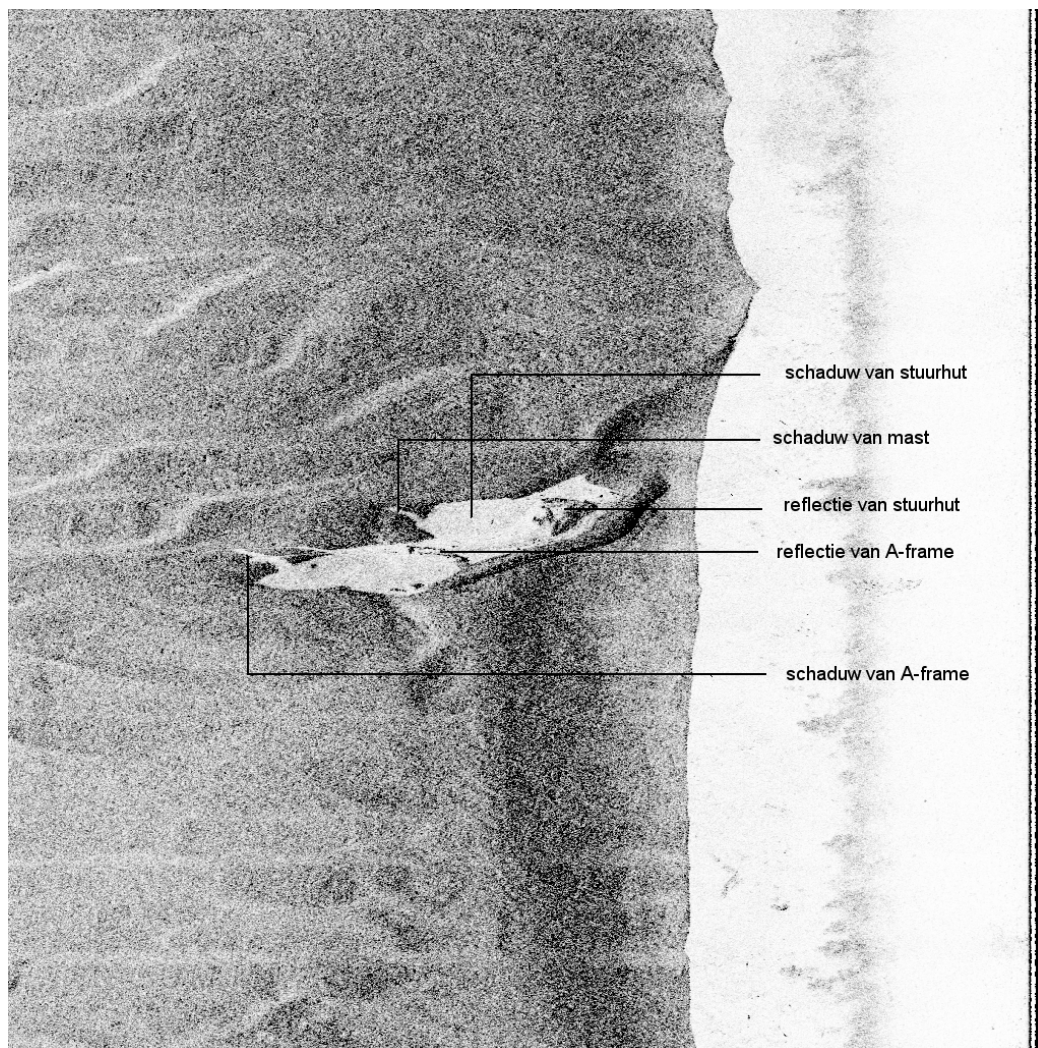


Fig. 1. Niet-gecorrigeerd side-scan sonar beeld van één der wrakken die geruimd moet worden in de toegangseulen naar de Westerschelde

Het wrak op Fig. 1 komt in feite voor op de plaats van de zwarte dunne lijn aan de rechterkant van het beeld. De volledige vorm van het wrak wordt echter haarscherp weergegeven door de schaduw van het wrak. Deze akoestische schaduw (in Fig. 1 is deze wit) is te vergelijken met de schaduw van een object dat door een lichtbron zijdelings belicht zou worden. De schaduw verradt niet alleen de algemene vorm van het wrak maar ook het A-frame op het achterdek en de mast zijn gemakkelijk herkenbaar.

De niet-gecorrigeerde beelden (zoals op Fig. 1) worden met behulp van software georeferereerd wat betekent dat een juiste absolute positie toegewezen wordt aan iedere pixel van het side-scan sonar beeld.

Het gecorrigeerde beeld wordt daarna uitgeplot op een kaart van willekeurige schaal waarop eveneens informatie over het wrak bekomen met andere technieken gesuperponeerd wordt. Deze bijkomende informatie omvat bijvoorbeeld dieptecontourlijnen bekomen door bathymetrische opname en magnetische anomalieën verkregen door magnetische detectie. Deze manier van werken biedt het voordeel dat alle belangrijke informatie beschikbaar is op één enkel document. Op deze kaart wordt dan ook als laatste stap de zones aangeduid waar de grijpers moeten werken.

## Detectie van holten in de zeedijkvlooiing

Daar de kustverdediging tot de verantwoordelijkheid van de afdeling Waterwegen Kust behoort, is de herstelling en versterking van de glooiingen en zeedijken een hoofdplicht van het Bestuur. De prioriteit gaat naar verzwakte of beschadigde structuren, maar het herkennen van zwakke punten in de zeedijkvlooiingen is niet altijd eenvoudig. Dit komt door het feit dat de holten die onder de bekleding ontstaan lange tijd geen zichtbaar effect hebben op de glooiing. Deze holten ontstaan door het eroderend effect van water dat insijpelt doorheen een aantal kleine barsten en spleten waardoor de funderingslaag wegspoelt. Het probleem is dat de vorming van de holten een proces is dat geruime tijd doorgaat vóór het ogenblik dat de bovenliggende bekleding het begeeft wat veroorzaakt kan worden door het inbeuken van de golven tijdens een zware storm. Het Bestuur was dan ook van mening dat een vroegtijdige detectie van deze holten een meer doelgericht onderhoud van de zeekering zou mogelijk maken en dat grootschalige instortingen op deze wijze zouden vermeden kunnen worden.

Een methodologie werd aan het Bestuur voorgesteld om met behulp van geofysische, niet-destructieve technieken, de zeedijkvlooiing en de zeedijk op een aantal plaatsen (tussen Middelkerke en Oostende, Ronde te Wenduine, Spinoladijk te Oostende) te doorlichten. Radarmetingen werden uitgevoerd om holten te detecteren (Fig. 2) waarvan de aanwezigheid gecontroleerd werd door het uitvoeren van visuele observaties doorheen boorgaten van geringe diameter met behulp van een video-endoscoop. De opbouw van de ondergrond werd gecontroleerd met behulp van een elektromagnetische techniek.

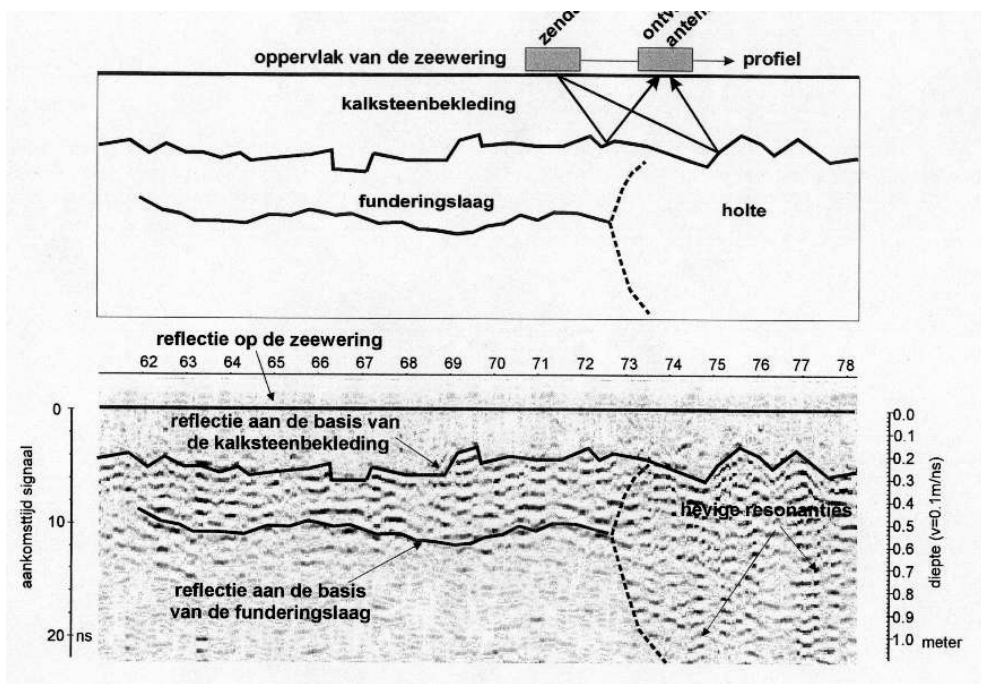


Fig. 2. Detectie van een holte in de zeedijkvlooiing (in samenwerking met de firma's G-Tec, Haecon en Ghent Dredging)

De gebruikte technieken hebben de detectie van een groot aantal holten mogelijk gemaakt en een indeling van de zeedijkvlooiing kon uitgevoerd worden op basis van de staat waarin deze zich bevond. Op deze manier kon het Bestuur prioriteiten vastleggen voor de herstellingswerken op basis van de gedetecteerde graad van beschadiging.

## Invloed van de hydro-meteo op de sedimentatie in de haven van Zeebrugge

Naast het uitvoeren van gespecialiseerd survey werk op land en op zee, voert Magelas ook wetenschappelijke analyses uit op het vlak van de sedimentologie, morfologie, sedimentdynamica (de bewegingen van het sediment) en morfodynamica (de bewegingen van de bodemstructuren). Een dergelijke opdracht was het onderzoek dat uitgevoerd werd naar de relaties tussen de hoeveelheden sediment die bezinken in de haven van Zeebrugge en de hydro-meteo condities die heersen tijdens de sedimentatie. Dit gebeurde in het kader van het onderzoeksproject 'Ecologische monitoring van de baggerwerken in de Belgische kusthavens' dat gecoördineerd wordt door de afdeling Waterwegen Kust.

De hoeveelheden sediment die bezinken in de haven van Zeebrugge worden berekend op basis van densiteitsprikken die maandelijks uitgevoerd worden op verschillende plaatsen in de haven. Wanneer de hoeveelheden sediment die bezinken in de haven van Zeebrugge geanalyseerd worden, valt het op dat er gedurende het jaar grote variaties in sedimentatie optreden. Fig. 3 geeft een tijdsreeks van sedimentatiehoeveelheden in een deel van de haven tussen augustus 1996 en augustus 1999.

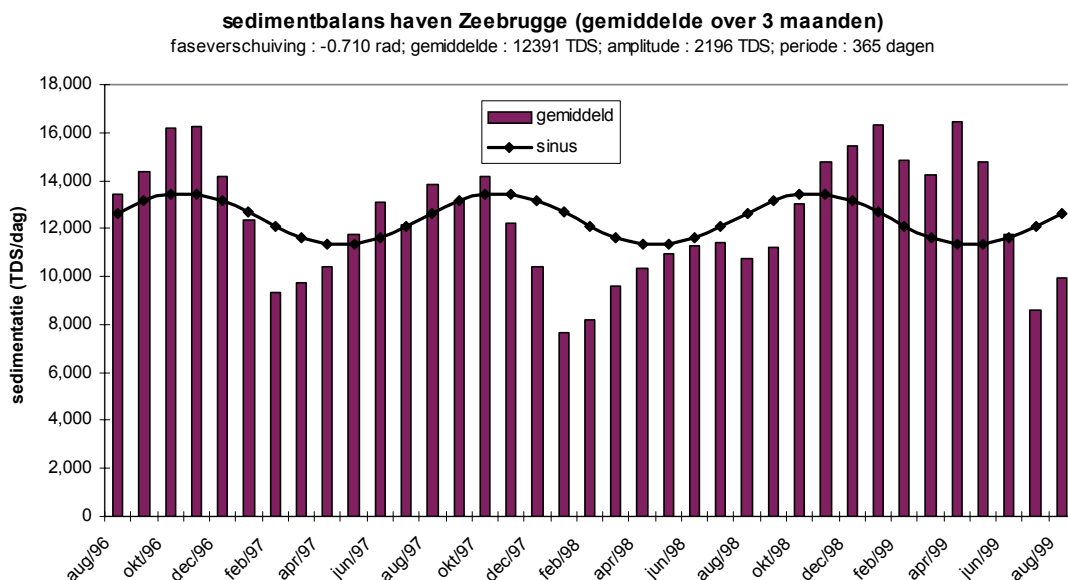


Fig. 3. Maandelijks hoeveelheden sediment die in een deel van de haven van Zeebrugge (Centraal Deel Nieuwe Buitenhaven) bezonken tussen augustus 1996 en augustus 1999 (T.V. Noordzee en Kust, 1998)

De waargenomen variatie is complex en de variaties vinden vermoedelijk hun oorsprong in een combinatie van bepaalde hydro-meteorologische parameters. Voor het onderzoek werden dan ook een aantal parameters geanalyseerd die het wind-, stromings- en golfklimaat karakteriseren.

Met behulp van een aantal statistische technieken waaronder Principaal Component Analyse en discriminantanalyse konden een aantal relaties vastgesteld worden die tot nu toe nog niet achterhaald werden. Zo kon bepaald worden dat de sedimentatie van het slib in de haven omgekeerd evenredig is met de windsnelheid. Bij lage windsnelheden grijpt een uitgesproken sedimentatie plaats en het sedimentatieproces vermindert bij hogere windsnelheden. Voorts kon afgeleid worden dat de sedimentatie van het gesuspendeerd materiaal optreedt wanneer zeewinden (uit de sector NE tot NW) domineren. Landwinden zijn in staat om het binnenkomen van gesuspendeerd sediment tegen te werken. De sedimentatie is het sterkst

gecorrigeerd met zwakke winden uit de N-NNW richting. Winden uit deze richting blazen immers evenwijdig aan de as van de haven waardoor de aanvoer van gesuspendeerd sediment bevorderd wordt.

Ook de golven hebben een duidelijke invloed op de hoeveelheid slib die in de haven sedimenteert. De sedimentatie domineert bij het voorkomen van kleine golven en vermindert bij hogere golfactiviteit. Het suspensiemateriaal zet zich bovendien maximaal af in de haven op het ogenblik dat de golven afkomstig zijn uit het NNW. Golven uit deze richting zijn, net als de wind, gealigneerd met de as van de haven waardoor de aanbreng van gesuspendeerd sediment het minst gehinderd wordt. De sedimentatie vermindert wanneer de golven uit andere richtingen toekomen.

Verder onderzoek moet uitmaken indien de analyse van de hydro-meteo condities gebruikt kunnen worden om het sedimentatiegedrag in de haven te kunnen voorspellen.

### **Referenties**

Tijdelijke Vereniging Noordzee en Kust, 1998. Evaluatierapport Bijakte 13, Derde projectjaar. Ref.: TVNK/Z/N/98038/MDR/PHE.

## **ONDERZOEK VOOR HET BEHEER VAN ESTUARIA**

Patrick Meire, Stefaan Vandamme, Tom Ysebaert en Erica Van den Bergh

Universiteit Antwerpen, Departement Biologie, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer  
Universiteitsplein 1, B-2610 Wilrijk

Het niet erkennen van de multifunctionaliteit van waterlopen in het algemeen, en het daaruit voortvloeiende zeer versnipperde beheer ervan hebben ertoe geleid dat in de voorbije decennia de ecologische kwaliteit van onze waterlopen sterk degradeerde. Zowel de waterkwaliteit als de morfologische kwaliteit (oeverstructuren etc.) is vaak zeer slecht. Dit resulteerde niet alleen in een verarming van de aquatische levensgemeenschappen, maar ook in grote economische gevolgen door bv. de hoge saneringskosten van vervuilde waterbodems, verhoogde risico's op overstromingen en verlies van de visserijfunctie. De degradatie enerzijds en het groeiend inzicht in de samenhang van alle facetten van het watersysteem anderzijds hebben geleid tot het concept integraal waterbeheer. Immers, een watersysteem is het samenhangend en functioneel geheel van oppervlaktewater, grondwater, onderwaterbodems, oevers en technische infrastructuur met inbegrip van de voorkomende levensgemeenschappen en alle bijhorende fysische, chemische en biologische kenmerken en processen. Integraal waterbeheer is een methodiek om het watersysteem zodanig te beheren en te ontwikkelen tot het voldoet aan de doelstellingen van de ecologische functies en van de gebruiksfuncties. Dit impliceert een belangenafweging en de erkenning van de samenhang en de wisselwerking binnen en tussen de verschillende componenten van het watersysteem. Dit vereist evenwel ook een samenwerking tussen de verschillende beleidsinstanties en beheerders.

Het toepassen van integraal waterbeheer houdt dan ook in dat maatregelen en/of ingrepen zo worden gepland dat ze aan meer dan één doelstelling voldoen en dit op een duurzame manier met een minimum aan onderhoud en effecten op andere functies. Bovendien moet het behoud en herstel van ecologische waarden en het optimaal ecologisch functioneren van het systeem eveneens als harde randvoorwaarde gelden bij afwegingen net als veiligheid en economische imperatieven. Dit hoeft niet negatief te zijn, dit kan integendeel leiden tot elkaar versterkende projecten (bv. verhoogde veiligheid gekoppeld aan verminderde baggerwerken en beter functioneren van een estuarium), maar zal soms ook leiden tot compromissen wat betreft de gestelde doelstellingen.

Het Schelde-estuarium, het deel van de Schelderivier dat aan de tijwerking onderhevig is, strekt zich uit over een lengte van 160 km en loopt van Gent (B) tot Vlissingen (NL). Het Nederlands deel van het estuarium wordt de Westerschelde, het Belgisch deel de Zeeschelde genoemd. De getij-invloed is eveneens merkbaar op de zijrivieren van de Schelde, nl. de Durme, de Rupel, de Zenne, de Dijle en de Nete. Dit is evenwel niet altijd zo geweest. Wat het hydraulisch regime betreft kunnen voor de Zeeschelde drie perioden onderscheiden worden: een fluviale, met seizoengebonden afvoer, die te Antwerpen eindigt rond de 5<sup>e</sup>-6<sup>e</sup> eeuw; een overgangperiode naar tijregime tussen de 6<sup>e</sup> en de 10<sup>e</sup> eeuw; een periode van tijregime vanaf de 10<sup>e</sup> eeuw. Tegen de wisselende waterstanden der tijwerking heeft men zich doorheen de eeuwen gaandeweg beter beschermd door steeds meer en hogere dijken te bouwen. De stormvloed van 1.2.1953 heeft vooral in Zeeland desastreuze gevolgen gehad en leidde tot de uitwerking en uitvoering van het Deltaplan dat sinds kort voltooid is. Het was echter na de stormvloed van 3.1.1976 en de daaropvolgende grote overstromingen dat werd

beslist tot de uitvoering van het Sigmaplan. Hierbij wordt dezelfde veiligheidsgraad nagestreefd als in het Deltaplan.

Binnen Europa is het Schelde-estuarium één van de weinige overgebleven estuaria met een omvangrijk zout-, brak- en zoetwatergetijdensysteem. Vooral het zoetwatergetijdengebied is op Europese schaal een bijzonder zeldzaam habitat. De ecologische waarde wordt sterk negatief beïnvloed door de slechte waterkwaliteit. De uitvoering van het Sigmaplan evenals verdere ingrepen in de waterloop ter bevordering van de bevaarbaarheid kan de ecologische waarde en het functioneren van het estuariene ecosysteem verder negatief beïnvloeden.

Na de langdurige wasperiode in de jaarwende 1993-1994 (die in heel Vlaanderen overstromingen veroorzaakte) en de stormvloed van 14 november 1993 (met sinds lange tijd de hoogste waterstanden genoteerd in de Zeeschelde) en 28 januari 1994, keurde de Vlaamse regering in 1994 een 'nood- en urgentieprogramma waterbeheersing' goed, dat ook een versnelde afwerking van het Sigmaplan inhield. De Vlaamse Regering heeft evenwel geoordeeld dat de uitvoering van deze programma's dient te passen binnen een integrale visie op het beheer van de waterlopen en heeft, wat betreft het Sigmaplan, beslist tot uitvoering van een algemene milieu-impactstudie voor het eerste deel van het Sigmaplan. Als ondersteuning hiervan werd het Onderzoeksproject Milieu Effecten Sigmaplan (OMES) opgestart.

De kernvragen voor het onderzoeksproject zijn:

1. *wat is de rol van het intertidaal (slikken en schorren) in het volledige estuariene functioneren (C en N cycli enz.);*
2. *welke beheersmaatregelen dragen maximaal bij tot het bereiken van een grotere veiligheid tegen overstromingen en het optimaal functioneren van het estuariene ecosysteem, met bijzondere aandacht voor de mogelijke rol van gecontroleerde overstromingsgebieden.*

Om deze vragen te beantwoorden werd gekozen om een ecosysteemmodel te ontwikkelen dat het mogelijk maakt om het belang van processen in het intertidaal voor de dynamiek van het aquatische estuariene systeem te onderzoeken. Immers, wiskundige ecologische modellen bieden de mogelijkheid zeer verschillende facetten van het functioneren van een ecologisch systeem te integreren in een beschrijving van de belangrijke factoren die de flux van koolstof en nutriënten beïnvloeden. Deze integratie maakt het mogelijk een gefundeerde schatting te maken van het relatief belang van specifieke factoren, zoals de uitbreiding van zoetwatergetijdenezones of het zuiveren van de huishoudelijke en industriële afvallozingen. Modellen bieden, binnen de marges van onzekerheid die binnen het model kunnen worden gekwantificeerd, de mogelijkheid effecten van beheersmaatregelen door te rekenen.

Het opstellen van een dergelijk model vereist evenwel veel gegevens en een goede kennis van het ecosysteem. Dit wordt in het OMES-project, naast de opbouw van het ecosysteemmodel, voorzien in drie grote luiken: 1) inventarisatie en monitoring; 2) opstellen van structuurmodellen; 3) procesonderzoek.

Het luik inventarisatie en monitoring is van essentieel belang om: i) de uitgangssituatie te beschrijven; ii) de effecten van vroegere en geplande ingrepen te beschrijven; iii) de input te leveren voor de modellen.



Het voorspellen met het model van de effecten van verschillende alternatieve beheers- en/of inrichtingsvarianten voor het Sigmaplan vereist een input van de verwachte ontwikkelingen van de verschillende habitats, m.a.w. een simulatie van het abiotisch milieu en op zijn minst de verwachte vegetatieontwikkelingen. Om dit te realiseren zijn modellen nodig die we hier om de gedachten te vestigen 'structuurmodellen' noemen, ze voorspellen de structuur van het ecosysteem. Op basis van de beschikbare abiotische gegevens (sediment en hydrodynamica) dienen voorspellingen te worden gemaakt van de sedimentatie, bodemtextuur en overspoelingsregime voor de verschillende ter studie zijnde alternatieven. De hydrodynamische modellen leveren de gegevens i.v.m. te verwachten waterhoogtes, stroomsnelheden, slijbtransport enz. De mogelijke vegetatieontwikkelingen worden voorspeld op basis van statistische modellen die als input de belangrijkste abiotische parameters hebben en als output de probabiliteit van voorkomen van een vegetatietype. Dit kan dan op zijn beurt worden vertaald in een volledige levensgemeenschap.

Het procesonderzoek is gericht op het analyseren van verschillende onderdelen van de biogeochemische cycli van C en N en in het bijzonder over de rol van de oevervegetatie als bron van organische stof naar het pelagiaal toe en de impact op de flux en omzettingen van materiaal in de bodem.

Het OMES-project is in eerste instantie bedoeld om de impact van waterbouwkundige werken op het Schelde-ecosysteem na te gaan. Hoewel de verontreiniging van zowel water als bodem een belangrijke impact heeft op het ecosysteem ligt het niet in de bedoeling om in dit project specifiek onderzoek naar oorzaken en effecten van verontreiniging uit te voeren.

Het uitvoeren van een dergelijk onderzoeksproject op zich kan wetenschappelijk een grote waarde hebben maar de uitdaging is uiteraard de koppeling met het effectief uitvoeren van maatregelen in het veld. Bij verschillende dijkwerken zijn reeds alternatieven uitgewerkt op basis van de bekomen onderzoeksresultaten. De grootste uitdaging is evenwel de realisatie van het gecontroleerd overstromingsgebied Kruikeke-Bazel-Rupelmonde en dit op zo'n manier dat én de veiligheid én het milieu gunstig beïnvloed worden. Voor dit laatste is het zo maximaal mogelijk herstellen van de uitwisseling tussen polder en rivier essentieel. Het invoeren van een gecontroleerd en gereduceerd getij is een mogelijkheid hiertoe die momenteel onderzocht wordt. Teneinde dit te onderbouwen wordt een experimentele benadering gevolgd waarbij eerst in een mesocosmosopstelling onder gecontroleerde omstandigheden het effect van getijparameters en sediment op de groei van riet wordt onderzocht. Vervolgens zal in een mesocosmosopstelling in de Schelde zelf de impact van waterkwaliteit op de ontwikkeling van riet worden bestudeerd onder omstandigheden van een gereduceerd getij. De laatste fase van het experimenteel werk is een pilootproject dat loopt onder het project MARS (Marsh Amelioration along the River Schelde). Dit project (een samenwerking tussen AMINAL, afdeling Natuur, AWZ, Afdeling Zeeschelde en Rijkswaterstaat, Directie Zeeland) wordt gesteund door het Life fonds van de Europese commissie en omvat o.a. het aanleggen van een overstromingsgebied van 10 hectaren met een gecontroleerd en gereduceerd getij in een voormalig poldergebied.

Tijdens deze lezing zal een overzicht gegeven worden van de onderzoeksresultaten van het OMES-project en het experimenteel onderzoek. Op basis hiervan zullen dan meer algemene bedenkingen worden geformuleerd over beheer van estuaria en het hiertoe benodigde onderzoek.

# **NATUURBEHOUD EN -ONTWIKKELING IN HET KUSTGEBIED: HET BELANG VAN ONDERSTEUNEND ONDERZOEK**

Jean-Louis Herrier, Marc Leten en Koenraad De Smet

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (AMINAL), Afdeling Natuur, Koning Albert II-laan 20, bus 8, B-1000 Brussel

## **Inleiding**

Het natuurbehoud aan de kust en elders heeft, sinds haar prille begin, steeds vrij sterke banden gehad met de natuurwetenschappen. Het waren immers ornithologen en botanici, zowel verlichte amateurs als professionele academici, die met lede ogen de achteruitgang en eventueel de verdwijning van in de eerste plaats soorten en hun biotopen en later ook landschapstypes vaststelden, die de alarmbel luidden en de eerste stappen zetten tot het oprichten van particuliere natuurbehoudverenigingen. Het is geen toeval dat de vzw Belgische Natuur- en Vogelreservaten jarenlang gehuisvest was in het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. De eerste oproepen tot bescherming van landschap en natuur tegen als ongunstig ervaren evoluties zoals o.a. de verstedelijking (van de kust) kwamen trouwens van wetenschappers zoals professor Jean Massart, die omstreeks 1900 de toenmalige Belgische landschappen op de gevoelige plaat zette. Uiteraard wogen toen ook esthetische en cultuurhistorische motieven zwaar door in de eisen tot bescherming van landschappen die zowel door artistieke als wetenschappelijke kringen gesteld werden. Hier ontstond een zekere opsplitsing tussen enerzijds het biologisch onderbouwd natuurbehoud en de meer historisch - geografisch en esthetisch gemotiveerde landschapszorg, die weliswaar doorgaans bondgenoten bleven.

## **Natuurbehoud langs de Vlaamse kust: een moeizaam begin**

De (Vlaamse) kust, als sterk van het binnenland afwijkend milieu, droeg al in een vroeg stadium de belangstelling weg van de natuurwetenschappen. De bijzondere aandacht voor het kustgebied bij Jean Massart, overigens één van de eerste ecologen van België, kwam dus niet bepaald uit de lucht vallen. Meerdere generaties 19<sup>e</sup> eeuwse botanisten en zoölogen waren hem, vooral dan op het vlak van de inventarisatie van planten en dieren, reeds voorafgegaan. Opmerkelijk genoeg droeg de toenemende belangstelling voor kust en duinen als vakantiegebied bij tot deze wetenschappelijke interesse. Niet weinige (bemiddelde) onderzoekers en amateur-wetenschappers brachten een deel van hun vakantie door tussen Knokke en De Panne, profiterend van de toenemende ontsluiting van deze 'goudmijn die op (toeristische) ontginning lag te wachten'. De eerste pleidooien voor natuurbehoud aan de kust kaderden dan ook niet zelden in vooruitziende pogingen om het behoud van *wilde natuur* te verantwoorden tegenover, maar ook ten behoeve van de moderne, recreërende mens. De Eerste Wereldoorlog zorgde echter op meerdere vlakken voor een breukmoment.

Tijdens het interbellum verzwakte de wetenschappelijke belangstelling echter omgekeerd evenredig met de toenemende invloed van vastgoedmakelaars en speculanten. Pas na de Tweede Wereldoorlog kwam hierin een voorzichtige kentering, met o.a. een eerste vegetatiekundige studie van het Westhoekgebied in De Panne door Paul Duvigneaud uit 1948. Decennia na Massart kwam ook de rest van de wetenschappelijke wereld tot het besef

dat aan de Belgische kust een rijk en onvervangbaar stuk natuurlijk patrimonium dreigde te verdwijnen.

Het duurde echter tot 1957 vooraleer, na verwerving van het gebied door de Belgische Staat, 340 ha van de *Westhoekduinen* in De Panne als eerste staatsnatuurreservaat langs de Vlaamse kust (en in Vlaanderen) werd aangewezen. Het was het resultaat van een jarenlange strijd, waarin de Koninklijke Vereniging voor Natuur- en Stedenschoon, met daarin een aantal vooraanstaande wetenschappers, een voortrekkersrol speelden. In dezelfde periode had het Belgische Ministerie van Cultuur, op verzoek van Graaf Léon Lippens, ook een poging van de Nederlandse overheid tot indijking van het grensoverschrijdend schorgebied *Het Zwin* te Knokke vrijdeld. Voor het overige ontbrak het tussen de jaren 1950 en 1980 de particuliere natuurbehoudbeweging, laat staan de voor natuurbehoud bevoegde overheidsdiensten, aan slagkracht om te verhinderen dat de Vlaamse kust verder werd volgebouwd tot de sterkst verstedelijkte kust van Europa benoorden de Pyreneeën en de Alpen. Getuigen hiervan: o.a. de bouw van een marinebasis in de *IJzermonding* te Nieuwpoort, de Westhoekverkaveling te De Panne, de Simliverkaveling in Nieuwpoort-Bad, de Mariapark-, Monobloc- en Witte Burg-verkavelingen alsook het Sunparks-vakantiedorp in Oostduinkerke, de verkaveling van de fossiele duinen van *Vosseslag – D’Heye* te De Haan, de verkaveling van een groot deel van de duinen en duinbossen van *Het Zoute*, te Knokke ... Tegen de algemene teneur van *stevensbegeleiding van de Belgische kust* in, bleven eenzame wetenschappers, met Frank De Raeve als voortrekker en *gidsland Nederland* in eerste instantie als lichtend baken, de ecologische rijkdom van het kustgebied benadrukken. Hoe ondankbaar zijn rol ook mag zijn geweest, wijlen Frank De Raeve heeft meer dan wie ook, nog meer door persoonlijke invloed dan in geschrifte, gezorgd voor een nieuwe, kritische en bezielde aandacht van wetenschap én beleid voor de eigenheid en waarde van het Vlaamse kustecosysteem.

Mede door deze volhardende druk begon de hogere overheid vanaf de jaren 1980 het publiek domein geleidelijk aan uit te breiden met de verwerving van verscheidene duingebieden: het *Hannecartbos* (31 ha), de *Hoge Blekker* (20 ha) en de *Karthuizerduinen* (6 ha) te Koksijde, en de *Houtsaegeerduinen* (79 ha) te De Panne en Koksijde. Ongeveer gelijktijdig dwongen de acties van de in 1985 opgerichte Duinenwerkgroep (later Kustwerkgroep) van Natuurreservaten vzw een reeks voor het natuurbehoud positieve beslissingen van de Vlaamse regering af: de waterwinning werd uit het natuurgebied *Ter Yde* te Oostduinkerke geschrapt, de gewestplanbestemming van de *Oostvoorduin* werd gewijzigd van woonuitbreiding - naar natuurgebied met wetenschappelijke waarde, diverse nieuwe vastgoedontwikkelingsprojecten werden niet toegelaten en tenslotte werden het maatschappelijk draagvlak en de politieke wil gevonden die in 1993 de goedkeuring van de ‘Duinendecreten’ in het Vlaams parlement mogelijk maakten. In 1986 was ook het Instituut voor Natuurbehoud opgericht. Het Instituut voor Natuurbehoud speelde, als beleidsondersteunende wetenschappelijke instelling van de Vlaamse regering, een essentiële rol in de inventarisatie en de aanduiding van de in uitvoering van de ‘Duinendecreten’ te beschermen duin- en duin-polderovergangsgebieden, evenals in de afbakening van de ‘Europese Vogel’- en ‘Habitat-richtlijn’-gebieden.

Het beheer van de staatsnatuurreservaten *De Westhoek* (De Panne), *De Houtsaegeerduinen* (De Panne en Koksijde) en *Het Hannecartbos* (Koksijde, Oostduinkerke) werd aanvankelijk bijgestaan door twee, grotendeels uit academici van de diverse betrokken disciplines en plaatselijke amateur-biologen samengestelde adviescommissies. Dat beheer beperkte zich tot 1996 hoofdzakelijk tot het regelmatig maaien van enkele als bijzonder waardevol

beschouwde (maar qua oppervlakte eerder onbeduidende) vegetatierelicten en tot weinig efficiënte pogingen tot kanalisatie van de recreatiedruk via bebakende wandelpaden. Overigens dient opgemerkt te worden dat van de bovenvermelde toenmalige staatsnatuurreservaten enkel *De Westhoek* voor het publiek toegankelijk was. De commissies vergaderden, brachten geregeld een werkbezoek en zagen dat het al dan niet goed was. Wetenschappelijk onderzoek in de Vlaamse kustduinen was al met al vrij frequent, maar eerder gefragmenteerd: op een paar locaties en ad hoc (bijvoorbeeld in functie van een gepland waterwinningsproject) werd fundamenteel onderzoek verricht naar specifieke diergroepen, bv. invertebraten, of werd nog een inventaris van de flora en beschrijving van de vegetatie gemaakt.

## **Nieuw elan**

De uitvoering van de *decreten van 14 juli 1993, 21 december 1994 en 29 november 1995 houdende maatregelen tot bescherming van de kustduinen* of 'Duinendecreten' alsook de implementatie van de *resolutie van 6 mei 1994 van de Raad van de Europese Gemeenschappen betreffende een communautaire strategie voor geïntegreerd beheer van de kustzones* gaven een nieuw elan en vooral een grotere coherentie aan het Vlaams natuurbeleid voor de kust, ook inzake wetenschappelijk onderzoek. Het keerpunt kwam er in 1994: er werd toen door de toenmalige AMINAL - dienst Natuurontwikkeling een aanvang gegeven aan een studieproject dat het toegepast wetenschappelijk onderzoek naar het ecosysteem van de kustduinen en het beheer van die kustduinen grondig zou wijzigen. Het gaat om de 'Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust', uitgevoerd door de Universiteit Gent. Meer bepaald werden de abiotische aspecten behandeld door de vakgroep Geologie en Bodemkunde en de vakgroep Geografie, terwijl de biotische aspecten en de integratie van beide aspecten door het Laboratorium Plantkunde, in samenwerking met het Instituut voor Natuurbehoud, werden verzorgd. De 'Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust', waarvan het eindrapport in december 1996 ingeleverd werd, vertrekt in het deel 'Ecosysteembeschrijving' van een inventaris van de bestaande kennis omtrent het kustecosysteem om in het deel 'Natuurontwikkeling' de potenties voor natuurherstel en -ontwikkeling te situeren. Hierin worden ook aanbevelingen geformuleerd naar beleid, beheerders en gebruikers toe. De ecosysteemvisie omvat o.a. evaluatiecriteria voor huidige en potentiële natuurwaarden en een samenhangend systeem van 'Landschapdoeltypen' en 'Habitatdoeltypen' die het beleid als richtlijn zal hanteren bij de inrichting en het beheer van natuurreservaten, domeinbossen en domeinduinen langs de Vlaamse kust. De ecosysteemvisie kan dus beschouwd worden als een concretisering van de instandhoudingdoelstellingen voor de in uitvoering van de Europese 'Habitat'-richtlijn voorgedragen kandidaat-speciale beschermingszone 'Duingebieden met inbegrip van IJzermonding en Zwin'. Zij dient ook als referentiekader voor de beheersplannen van de natuurreservaten (beheerd door de afdeling Natuur) en de gebiedsvisies voor de domeinduinen (beheerd door de afdeling Waterwegen Kust).

## **Beheersplanning**

Eveneens tijdens de periode 1994–1996 werd het 'Verwervingsplan voor de Vlaamse kustduinen en aangrenzende gebieden' uitgewerkt door de Groep Toegepaste Ecologie van de Universitaire Instellingen Antwerpen. Dit 'verwervingsplan' geeft een volledig overzicht van de op heden nog overblijvende open ruimte in de Duinstreek en de onmiddellijk erbij aansluitende poldergebieden. Het stelt, aan de hand van natuurwetenschappelijke criteria, een prioriteitsvolgorde vast voor de verwerving van de betrokken gebieden door het Vlaams Gewest. Sinds 1998 werd in de AMINAL- afdeling Natuur een 'Cel Kustzone' opgericht die

belast is met o.a. de verwerving van kustduinen. Tussen 1997 en 2001 werden 145 ha kustduinen bijkomend aangekocht door het Vlaams Gewest en werden acht nieuwe Vlaamse natuurreservaten bij ministerieel besluit aangewezen, namelijk *Duinzoom Oosthoek*, te De Panne, *Belvédère* te Koksijde, *Het Schipgat*, *de Doornpanne en de Hoge Blekker*, te Koksijde, *Ter Yde* te Koksijde, *De IJzermonding*, te Nieuwpoort, *D'Heye*, te Bredene, *De Baai van Heist* en *De Kleiputten van Heist* te Knokke-Heist.

Voor alle bovenvermelde Vlaamse natuurreservaten, op twee na (*Duinzoom Oosthoek* en *De IJzermonding*), alsook voor de reeds eerder opgerichte natuurreservaten *De Westhoek*, *De Houtsaegerduinen* en *Het Hannecartbos*, werden gebiedsvisies en beheersplannen opgemaakt en, na gunstig advies van de adviescommissies en de Vlaamse Hoge Raad voor Natuurbehoud, bij ministerieel besluit goedgekeurd. Voor *De IJzermonding* werd in 1996 een 'ecologisch streefbeeld en natuurherstelplan met civieltechnische realisatiemogelijkheden' uitgebracht. De bovenvermelde beheersplannen en het natuurherstelplan refereren allen naar de aanbevelingen en de habitatdoeltypen van de 'Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust'. De beheersplannen voor de Vlaamse natuurreservaten *De Westhoek* en *De Houtsaegerduinen* werden op het terrein reeds nagenoeg volledig uitgevoerd en werden recent, na evaluatie door de adviescommissie van de natuurreservaten van de Westkust, zelfs gewijzigd. Ook het natuurherstelplan voor *De IJzermonding* kreeg reeds in ruime mate uitvoering met de afbraak en ontmanteling van de voormalige Marinebasis van Lombardsijde.

### **Beheersmonitoring**

De 'Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust' en de ervan afgeleide beheersplannen, natuurherstelplannen en gebiedsvisies vormen de wetenschappelijke grondslag en de basis van de natuurbeheers- en natuurontwikkelingsingrepen in de gewestelijke natuurreservaten. Het is echter van essentieel belang dat wanneer de voorgeschreven beheersingrepen uitgevoerd werden, ook wordt nagegaan of met die ingrepen de vooropgestelde doelstellingen effectief bereikt worden. Sinds tijdens de winter 1996–1997 de eerste grootschalige struweelontginning plaatsvond, de eerste poelen uitgegraven zijn en het begrazingsbeheer werd ingevoerd in *De Westhoek* en *De Houtsaegerduinen*, werden wetenschappelijke monitoringsprojecten opgezet die de effecten van die beheersmaatregelen voor flora, vegetatie, fauna (vogels, loopkevers en spinnen) en abiotisch milieu (grondwater en bodems) moeten opvolgen en evalueren. Reeds een viertal jaren worden ook de gedragingen, voedselvoorkeuren en diasporenverbreiding door de diverse bij het beheer ingeschaarde grazers (runderen, pony's, ezels en schapen) bestudeerd en onderling vergeleken. De resultaten van dergelijk monitoring-onderzoek moeten toelaten de eventueel nodige bijstellingen te geven aan het gevoerde beheer om de vooropgestelde doelstellingen te bereiken.

### **Wenselijke evoluties?**

Van 1994 tot 2001 werden/worden 27 onderzoeks- en studieprojecten die betrekking hadden/hebben op de kustzone uitgevoerd in opdracht van de AMINAL – afdeling Natuur (voorheen dienst Natuurontwikkeling). Hierbij werd door de afdeling Natuur in totaal een krediet van 76.969.942 BEF geïnvesteerd. Het is duidelijk dat een modern natuurbeheer, dat onder andere op een correcte manier de Europese 'Habitat'-richtlijn dient te implementeren, zowel voor de planning en de evaluatie uitgaande van de monitoring, moet steunen op degelijk wetenschappelijk onderzoek. Bij het modern natuurbeheer moeten wetenschappelijke navorsers en technische beheerders elkaar perfect aanvullen. Sinds 1994 past het door de

afdeling Natuur (voorheen dienst Natuurontwikkeling) gefinancierd wetenschappelijk onderzoek aan de kust in een vast stramien van beheersplanning, -monitoring, -evaluatie en -bijsturing. Op heden worden de beheersplanning en -monitoring zeer projectmatig opgevat en uitbesteed aan wetenschappelijke onderzoeksinstituten en studiebureaus. Wellicht zou, tenminste voor wat betreft beheersplanning en -monitoring, meer continuïteit en coherentie in het onderzoek kunnen verwezenlijkt worden door de oprichting van een permanent wetenschappelijke onderzoeksploeg verbonden aan de beherende administratie.

Ook is totnogtoe het door de afdeling Natuur gefinancierd onderzoek in functie van natuurbeheer s.s. steeds zeer praktijkgericht geweest. Bepaalde fenomenen, zoals de geomorfodynamiek van stuivende loopduinen, die nochtans van wezenlijk belang kunnen zijn voor de toekomst van duinecosystemen, verdienen meer aandacht.

Tenslotte vormt ook de bevoegdheidsverdeling inzake leefmilieu tussen het Vlaams Gewest en de Belgische staat een rem op het door de afdeling Natuur nochtans gewenst onderzoek naar het mariene deel van het kustecosysteem. Zeevogels, zeezoogdieren, vissen, kreeftachtigen, weekdieren en andere mariene organismen trekken zich van de laagwaterlijn van de gemiddelde laag-laagwaterspring, die de zeewaartse bevoegdheidsgrens van het Vlaams Gewest vormt, niets aan en het ware aangewezen zowel het wetenschappelijk onderzoek naar als de bescherming en het beheer van deze mariene organismen op het intertidaal strand en in de territoriale zee beter te integreren.

# **ONDERZOEK VAN SCHORREN EN DUINEN LANGS DE VLAAMSE KUST**

Maurice Hoffmann

Universiteit Gent, Vakgroep Biologie, Onderzoeksgroep Terrestrische Plantenecologie en Vegetatiekunde, K. L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent

Instituut voor Natuurbehoud, Onderzoekscel Landschapsecologie en Natuurbeheer, Kliniekstraat 25, B-1070 Brussel

Een laatste stand van zaken van het onderzoek aangaande schorren en duinen langs de Vlaamse kust werd gegeven in de Ecosysteemvisie van de Vlaamse kust (Provoost en Hoffmann (red.), 1996). Hierin wordt in een uitgebreid eerste deel een beschrijving gegeven van het kustecosysteem met een overzicht van de kennis ter zake tot dan toe. Dit referentiewerk is ingedeeld in de rubrieken klimaat, geomorfologie, hydrologie, pedologie, bewonings- en landschapsgeschiedenis en biologie. De beschrijving wordt gevolgd door vier pagina's kennislacunes in vier van deze zes onderzoeksdomeinen. We zullen hier proberen na te gaan in hoeverre in de laatste vijf jaar gewerkt is aan het invullen van die kennislacunes.

Het gros van het wetenschappelijk onderzoek in het terrestrisch deel van het gebied in de laatste vijf jaar is primair ingegeven door de vragen die zich stellen rond het natuurbeheer en is in het algemeen minder gestoeld op een fundamenteel wetenschappelijke vraagstelling, hoewel hieraan zeker de nodige aandacht wordt besteed. Dit is niet in het minst te danken aan de intensieve samenwerking tussen de beherende overheid en verschillende onderzoeksinstituten, waarbij een wisselwerking tot stand kwam tussen de praktijkgerichte vraagstelling vanwege de beheerders en de wetenschappelijke kennis en interesse vanwege de onderzoekers. Veel van wat hierna beschreven wordt betreft dan ook onderzoek dat (mee) gefinancierd werd en wordt door de Vlaamse overheid (Aminal, afd. Natuur, AWZ-WWK en andere).

## **Geologie en geomorfologie**

Op het vlak van geologie is de laatste jaren met name interessant werk verricht rond de reconstructie van de holocene geologie van een aantal duingebieden, met name langs de Westkust. Meest in het oog springend zijn de resultaten ten aanzien van de reconstructie van de zogenaamde Oude duinen van Adinkerke en de achterliggende Moeren (Baeteman, 2001), onderzoek dat onderbouwd is met een groot aantal boringen, dateringen en veldwaarnemingen ter hoogte van ontsluitingen en waarin onder meer een heel andere ontogenese dan tot op heden verondersteld werd van de voormelde oude duinen wordt beschreven. Uit de resultaten blijkt dat het hier niet gaat om een restant van een pre-romeinse kustduinlijn [de kustlijn 4300 B.P. volgens De Ceunynck (1985, 1992)] maar om een beweeglijk, zandaccumulerend en duinvorming inducerend vloedmerkfront aan de zuidrand van een uitgestrekte intertidale zandvlakte – die het huidige Westhoekreservaat en het overdekt waddenlandschap tussen de Westhoek en de Oude duinen van Adinkerke-Ghyvelde innam – die naar het zuiden overging in slikken, die lokaal opslibden tot begroeide schorren en waarlangs in latere perioden veenvorming plaatsvond zonder dat het centrale deel van de Moeren ooit begroeid raakte met hoogveen. Dit vloedmerkfront ontstond hoogstwaarschijnlijk tussen 5000 en 4500 B.P. in het westelijk gelegen Franse Ghyvelde, waarna het zich in verschillende stappen progressief naar het oosten uitbreidde. Hun huidige vorm kregen de Oude duinen van Adinkerke-Ghyvelde vermoedelijk pas ongeveer 1500 B.P. en dus pas in historische tijden (Baeteman, 2001). Andere opmerkelijke bevindingen uit

recente boringen van bovenvermelde auteur is onder meer de ontdekking van een fossiel strand in de omgeving van Nieuwpoort-Bad, dat ca. 1 km landinwaarts ten opzichte van het huidige strand is gelegen. De jongste dateringen situeren dit fossiele strand in de 13<sup>e</sup> - 14<sup>e</sup> eeuw, wat aangeeft dat zo kort geleden nog (geologisch gesproken toch) de huidige duinen in de streek van Nieuwpoort toen nog open zee waren en deze dus pas na de 14<sup>e</sup> eeuw ontstaan zijn. Deze spaarzame, en nog slechts hier en daar uitgevoerde geologische onderzoeken geven duidelijk aan dat de vraag, geformuleerd in de voormelde ecosysteemvisie om een volledige paleogeografische reconstructie van het Vlaamse duinlandschap, meer dan gerechtvaardigd is.

Waar sinds 1996 nog weinig aandacht naar uitging is de studie van de momenteel aan de gang zijnde geomorfologische processen, hoewel hier nog verschillende kennishiaten bestaan. Zo gebeurt geen gedetailleerde opvolging van de morfodynamiek en zijn geen gedetailleerde geomorfologische kaarten beschikbaar, hoewel in het kader van de kustverdediging ter zake wel regelmatig waarnemingen worden uitgevoerd (topografische opmetingen, onderzoek van korrelgrootte, opmeting van erosiebestendigheid van duinvegetatietypen, modelmatige simulatie van effecten van 'superstormen' e.d. (onderzoek uitgevoerd door of in opdracht van AWZ-WWK; mod. med. Toon Verwaest).

## **Hydro(geo)logie**

Sinds de ecosysteemvisie is niet veel verder onderzoek gebeurd naar de hydrogeologie. Weliswaar wordt momenteel een sterk toepassingsgericht onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van watervoorziening buiten de duinen, met name door watervoorzieningsalternatieven te onderzoeken in het overdekt waddenlandschap tussen de Westhoek- en Cabourduinen en in de Lenspolder, maar de kennishiaten betreffende de lithologische en hydrogeologische opbouw van het grondwaterreservoir voor de duingebieden langs Midden- en Oostkust, waarvan sprake in de ecosysteemvisie, blijven bestaan. Ook heel wat praktische informatie blijft vaak onbeschikbaar, zoals gegevens betreffende polderpeilen, afvoerdebieten van polderwaterlopen, impact van rioleringen, enz. Recent werd wel een kortlopend onderzoek gestart naar de impact van evapotranspiratie van enkele duinvegetatietypes op de hydrologie van het systeem.

Positieve uitzondering op deze regel is het recente doctoraatsonderzoek van Van Meir (2001), die studie heeft gemaakt van de mogelijke impact van verschillende scenario's qua zeespiegelrijzing op de stijging van de zoet-zout grondwaterzone. Zij bestudeerde dit aan de hand van een modelmatige simulatie van drie scenario's ter hoogte van De Haan, waarbij vertrokken werd van een nulscenario, en een scenario met zeespiegelrijzing van 0,3 m/100 jaar respectievelijk 0,6 m/100 jaar.

## **Pedologie**

Aan het invullen van de in 1996 aangegeven kennislacunes in de pedologie (gebrek aan een duinspecifieke bodemtypologie en adequate bodemcartografie, impact van (begrazings)beheer op bodemgenese) werd wel hard gewerkt, met name dankzij het doctoraatsonderzoek van Ampe (1999) en de wetenschappelijke opvolging van het beheer in de verschillende reservaten aan de Westkust.

Ampe (1999) maakt studie van de voor de ecosysteemdynamiek relevante bodemkenmerken (Ampe en Langohr, 2001a). Daarmee rekening houdend werkt ze verder een specifieke typologie van duinbodems uit en besteedt ze aandacht aan het beheersaspect van de kustduinbodems. Een van haar ecologisch bijzonder belangrijke vaststellingen is dat de bodemzone waarin bewortelingsactiviteit (de biologisch actieve laag) geconcentreerd is in het



algemeen zeer ondiep is, wat een gevolg is van het feit dat de poriën morfologie van de diepere lagen geen wortel doordringing toelaat. Verder stelde zij vast dat het waterophoudingsvermogen van de duinbodems, voor zover zij voor 99% of meer uit zandfractie zijn opgebouwd, uiterst gering is (slechts enkele procenten), wat indirect aantoont hoe extreem belangrijk het humusgehalte van de bodem is (Ampe en Langohr, 2001b). Deze verhoogt het waterophoudend vermogen aanzienlijk en laat biologische activiteit van wortelende planten toe. Tenslotte besteedt zij aandacht aan het opvallend hydrofobe karakter van duinbodems onder mosduinen (komen voor op humusarme duinzandbodems), wat een verklaring kan inhouden voor het vaak lang bestand zijn van deze uit laagcompetitieve plantensoorten samengestelde gemeenschappen tegen invasie van grasland-, struweel- en bossoorten. Ook in duingraslanden, struwelen en bossen beïnvloedt het hydrofobe karakter van de bodem in belangrijke mate de hoeveelheid plantbeschikbaar water.

De studie van de impact van begrazing op de bodemontwikkeling staat nog in haar kinderschoenen, niet in het minst omwille van het feit dat nog maar kort geleden (1996) grote grazende hoefdieren werden geïntroduceerd in de Vlaamse natuurreservaten aan de Westkust. Ondanks die korte impacttijd wordt nu reeds vastgesteld dat de bulkdensiteit in de bovenste bodemlagen toeneemt, dat met andere woorden lokale bodemverdichting optreedt, maar dat anderzijds nog geen, ook geen lokale aanrijking gebeurde met N, P of K ten gevolge van fecaliëndepositie (Moffatt Kang'iri, 2001). Verder onderzoek wordt uitgevoerd in functie van het gevoerde beheer door het Laboratorium voor Algemene Bodemkunde van de Universiteit Gent.

## **Biologie**

Kennislacunes in de biologie waren volgens Provoost en Hoffmann (1996) vooral te situeren in bijkomende soortsinventarisaties, ecologische kennis omtrent potentiële doel- en sleutelsoorten (helm, kruipwilg, duindoorn, konijn, enz.), habitattypologie en vegetatiedynamiek (onder meer in verband met het verbossings- en verstruwelingsproces; Vanacker, 1996). Weliswaar niet expliciet vermeld, maar achteraf gebleken minstens even gebrekkig gekend is de precieze impact van beheersmaatregelen op flora, fauna en vegetatie, meer in het bijzonder de te verwachten impact van begrazing als beheersmiddel.

Vooraf in het kader van verschillende monitoringprojecten wordt sinds 1996 meer dan voorheen studie gemaakt van de evolutie van verschillende organismengroepen in het duingebied, hoewel de duinen vanuit faunistische en floristische hoek reeds lang merkelijk meer aandacht krijgen dan veel van de rest van Vlaanderen. Zonder volledigheid na te streven [zie het recente overzicht in Rappé *et al.* (1996)] kunnen we hier verscheidene bronnen aanhalen om aan te geven dat zoölogen en botanici reeds lang aangetrokken worden door de Vlaamse kustduinen.

Vanuit het Instituut voor Natuurbehoud wordt in samenwerking met de Universiteit Gent studie gemaakt van de duinflora (o.m. Ameeuw, 1998; Janssens, 2000; Provoost en Van Landuyt, 2001), terwijl via uitgebreid permanent kwadratenonderzoek in combinatie met luchtfoto-interpretatie studie wordt gemaakt van de vegetatiedynamiek langs de Westkust (doctoraatsonderzoek van Sam Provoost; zie Declerck en Maelfait, 2000; postdoc-onderzoek Bea Bossuyt). Recent werd ook een globaal vegetatiekundig overzicht opgemaakt op basis van de tot dan toe gemaakte vegetatie-opnamen in de Vlaamse kustduinen en schorren (De Maeyer *et al.*, 2001), wat verder wordt uitgewerkt in een typologie van natuurtypen voor de duinen (Vandenbussche *et al.*, in voorb.).

Verder vermelden we hierna exemplarisch enkele voorbeelden van floristisch-ecologisch of faunistisch-ecologisch georiënteerd onderzoek. Zo is er het langlopend onderzoek (1980 tot

op heden) naar thallassochore vaatplanten langs strand en zeereep (doctoraatsonderzoek Rappé) en het reeds meer dan twee decennia lang en nog altijd gecontinueerd onderzoek van entomo- en arachnofauna in duin en schor langs de rechteroever van de IJzermonding (o.m. Desender en Baert, 1995; Baert en Desender, 1993) en andere kustlocaties. Sowieso bestaat reeds lang zeer veel wetenschappelijke belangstelling voor de arthropoden langsheen de kust, onder andere terug te vinden in het pionierswerk van Hublé (spinnen), al dan niet gepubliceerd werk van onder meer Bosmans (waterwantsen en -kevers), Mertens (collembolen), Slosse (hooiwagens), Maes (vlinders), Maelfait, Baert, Bonte en Criel (spinnen; o.m. Maelfait *et al.*, 1989; Bonte *et al.*, 2000), Desender (loopkevers e.a.; Desender en Baert, 1995) en Grootaert en Pollet (tweevleugeligen; Pollet en Grootaert, 1996). Verschillende momenteel aan de gang zijnde doctoraatsonderzoeken zijn in meer of mindere mate gefocust op de arachnofauna van het duingebied (Bonte, Criel).

Ook fungi krijgen opnieuw (vroeger reeds in het werk van De Raeve o.m. 1987; Lust, 1987; Mervielde en Van der Veken, 1987; Walley, 1995) meer en meer aandacht met recent onderzoek naar paddestoelen in duingraslanden en kruipwilgstruwelen en coprofiele fungi op mest (mond. med. Verbeken), terwijl mossen en korstmossen ook reeds de nodige aandacht kregen (De Raeve, 1979; Hoffmann, 1988, 1993).

Last but not least dient het uitgebreid avifaunistisch, vaak langlopend onderzoek geciteerd te worden, dit zowel in functie van de monitoring van water- en trekvogels (o.m. de recurrente publicaties van Devos *et al.*, o.m. 1998) als van broedvogels (o.m. Bonte *et al.*, 2001; Bonte en Hoffmann, 2001).

Momenteel wordt op het Instituut voor Natuurbehoud 'de laatste hand' gelegd aan het zogenaamd 'duin-soortenboek' waarin een overzicht wordt gegeven van de floristisch-ecologische en faunistisch-ecologische kennis van de duinflora en -fauna (Provoost *et al.*; in voorb.) van de Vlaamse kustduinen.

## **Natuurbeheer**

De monitoringsopdrachten vanwege Aminal, afd. Natuur, zijn echter vooral gefocust op de studie van de relatie tussen het gevoerde beheer (met nadruk op het sinds 1996 in voege getreden extensieve begrazingsbeheer) en bodem en biota (Bonte *et al.*, 1998, 2001). Een deel hiervan werd hierboven reeds behandeld, maar deze vraagstelling gaf supplementair aanleiding tot een meer fundamentele onderzoeksbenadering naar de plant-herbivoor, herbivoor-herbivoorinteracties (Hoffmann *et al.*, 2001; Cosyns *et al.*, in druk) en plant-plantinteracties (met name het verschijnsel van associatieve herbivorie-resistentie; De Fré, 2001).

Er werd met name gevreesd dat de effecten op minder snel reagerende responsvariabelen als flora en vegetatie pas op langere termijn kwantificeerbaar zouden zijn. Door rechtstreeks studie te maken van het habitatgebruik, de locatieselectie en gedragsverdeling van de geïntroduceerde grote grazers (haflinger paard, konik en shetland pony, ezel, schotse hooglander en galloway en mergellandschaap) en van de zogenaamd wilde herbi- en/of granivoren (konijn, muizen), van hun dieetpreferenties en van hun onderlinge interacties zou het mogelijk moeten zijn om tot een inschatting te komen van potentiële effecten op de prooi, met name de vegetatie (samenstellende planten) van het terrein. Inmiddels werd hierrond nog niet veel gepubliceerd maar werd wel reeds een hele reeks aan licentieverhandelingen geschreven en zijn verschillende doctoraatsonderzoeken (Eric Cosyns, Indra Lamoot) aan de gang.

Eén van de secundaire begrazingseffecten betreft het mogelijke effect van endozoöchorie op de verbreiding van zaden van hogere planten. Recent wordt hiernaar onderzoek verricht, onder meer naar de potentiële bijdrage tot zaadverbreiding door onderzoek van de

kiemkracht van zaden uit mest van grote herbivoren. Hierbij wordt dankbaar gebruik gemaakt van de serre-infrastructuur van AWZ-WWK te De Haan, die beheerd wordt door het VLIZ. Inmiddels is gebleken dat deze potenties zeer groot zijn, alleen al uit het feit dat van niet minder dan 111 plantensoorten kiemplanten opkwamen uit meststalen van paarden, pony's, ezels, runderen, schapen en/of konijnen (Claerbout, 2001). Dit onderzoek wordt momenteel voortgezet door middel van veldexperimenten. Ook in het kader van onderzoek naar andere verspreidingsmechanismen (antropochorie met name agestochorie en epizoöchorie) worden gegevens verzameld in de natuurreservaten langs de kust (doctoraatsonderzoek Martine Couvreur).

Tenslotte werd recent het onderzoek opgestart naar de coprofage fauna en het effect daarop van bij de grote herbivoren toegediende ontwormingsmiddelen, maar van dit onderzoek zijn voorlopig nog geen resultaten bekend.

## **Natuurontwikkeling**

Eén van de belangrijkste natuurontwikkelingsprojecten aan de kust en in Vlaanderen in het algemeen is het mede door Life gefinancierde natuurherstelproject langs de rechteroever van de IJzermonding. Nadat in 1996 een ecologisch streefbeeld en een globaal natuurherstelplan werd ontwikkeld in opdracht van Aminal, afd. Natuur (Hoffmann *et al.*, 1996), werden in de loop van de afgelopen jaren grootschalige werken uitgevoerd, waarvan voorlopig de laatste gepland zijn voor het eerstkomende jaar. In het kader hiervan werd een multidisciplinair monitoringsonderzoek opgestart waarin de onderzoeksinstituten Universiteit Gent (Vakgroep Biologie, Onderzoeksgroep Terrestrische Plantenecologie en Vegetatiekunde, Sectie Mariene Biologie en Laboratorium voor Ecologie der Dieren, Zoögeografie en Natuurbehoud), het Instituut voor Natuurbehoud, het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, de Katholieke Universiteit Leuven (Dept. Burgelijke Bouwkunde) en de Universitaire Instelling Antwerpen (Onderzoekseenheid Ecosysteembeheer) participeren. Hierin wordt onderzoek verricht naar sedimentatie- en erosieprocessen, bodemkarakteristieken en topografieveranderingen, grondwaterkwaliteit en -fluctuaties, flora, vegetatie en zaadbank, de terrestrische arthropodenfauna, het intertidale macrobenthos, de avifauna (broed-, water- en trekvogels), de voedselbeschikbaarheid voor vogels en een ecosystemische integratie van de monitoringgegevens. Dit onderzoek is echter nog in een te vroeg stadium om reeds resultaten te kunnen citeren.

## **Referenties**

- Ameeuw G. 1998. Flora en flora-veranderingen in de 20<sup>e</sup> eeuw in de Vlaamse kustduinen in relatie tot enkele standplaatsfactoren en de bebouwingsgraad. Ongepub. scriptie Universiteit Gent. 77p.
- Ampe C. 1999. Onderzoek van duinbodems langs de Vlaamse en Noord-Franse kust met bijzondere aandacht voor de ecosystemedynamiek en natuurbeheer. Ongepubl. doct. verhandeling Universiteit Gent. 388p.+ Bijl. A+ Bijl. B.
- Ampe C. en R. Langohr. 2001a. Comprehensive and effective recording of edaphic characteristics of dune ecosystems as applied in the monitoring project of the Flemish coastal dunes. p.418-421. In: Coastal Dune Management, Shared Experience of European Conservation Practice. Houston J. A., S.E. Edmondson, and P.J. Rooney (Eds). Liverpool University Press. 458p.
- Ampe C. en R. Langohr. 2001b. Morphological characterization of humus forms in coastal dune systems: experience from the Flemish coast and northwest France. p.422-428. In:

- Coastal Dune Management, Shared Experience of European Conservation Practice. Houston J. A., S.E. Edmondson, and P.J. Rooney (Eds). Liverpool University Press. 458p.
- Baert L. en K. Desender. 1993. De spinnenfauna van het Militair Domein te Lombardsijde (Araneae). *Nieuwsbr. Belg. Arachn. Ver.* 8(1):15-20.
- Baeteman C. 2001. The Holocene development of De Moeren and the Inland Dunes (Western coastal plain of Belgium). *Excursiegids Field Meeting 2<sup>nd</sup> June 2001 to the Western Coastal Plain, De Moeren and Inland Dunes*. Belgian Geological Survey.
- Bonte D., E. Cosyns, K. De Maeyer, S. Provoost, en M. Hoffmann. 2001. Monitoring van de effecten van begrazingsbeheer op vegetatie, flora en fauna van de Vlaamse natuurreservaten langs de Vlaamse kust. Deel I. Vastleggen van de uitgangssituatie en eerste monitoringsresultaten. Gent, Brussel: Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud. 120p. Rapport nr. IN.O.2001.01.
- Bonte D., C. Ampe, M. Hoffmann, R. Langohr, S. Provoost, en J.-L. Herrier. 1998. Monitoring research in the Flemish dunes: from a descriptive to an integrated approach. p.139-149. In: *Proc. EUCC Conference on Coastal Dunes, Research and Management, Skagen, Denmark*.
- Bonte D. en M. Hoffmann. 2001. A GIS study of breeding bird habitats in the Flemish coastal dunes and its implications for nature management. p.128-139. In: *Coastal Dune Management, Shared Experience of European Conservation Practice*. Houston J. A., S.E. Edmondson, and P.J. Rooney (Eds). Liverpool University Press. 458p.
- Bonte D., J.-P. Maelfait, en M. Hoffmann. 2000. The impact of intensive cattle grazing on spider communities in a mesophytic calcareous dune grassland. *Journal of Coastal Conservation* 6(2):135-144.
- Bonte D., S. Provoost, M. Hoffmann, A. Anselin, B. Beyen, R. Billiau, R. Desaeveer, W. Wackenier, en G. Warreyn. 2001. Broedvogels van de kustduinen tussen Bray-Dunes (F) en Lombardsijde (B). *Oriolus* 67(1):3-18.
- Bossuyt B. (in voorbereiding). Studie van de temporele en ruimtelijke dynamiek van plantensoorten en –gemeenschappen in duinpannen. Postdoc-onderzoek KULeuven, Lab. Bos, Natuur en Landschap.
- Claerbout S. 2001. Potentiële endozoöchore zaadverbreiding door enkele herbivore zoogdieren. Ongepubl. scriptie Universiteit Gent, 81p. + bijl.
- Cosyns E., I. Lamoot, M. Deconinck, A. Goerlandt, A. Van Braeckel, J. Callebaut, J. Laquière, en M. Hoffmann. 2001. Monitoring van de effecten van begrazingsbeheer op vegetatie, flora en fauna van de Vlaamse natuurreservaten langs de Vlaamse kust. Deel II. Habitat- en dieetpreferenties van de geïntroduceerde herbivoren: terreingebruik, voedselkeuze en dieetsamenstelling van ezel en Shetland pony. Gent, Brussel, Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud. 47p. Rapportnr. IN.O.2001.02
- Cosyns E., T. Degezelle, E. Demeulenaere, en M. Hoffmann. (in druk). Feeding Ecology of Konik Horses and Donkeys in Belgian Coastal Dunes and its Implication for Nature Management. *Belg. J. Zool.*
- De Ceunynck R. 1985. The evolution of the coastal dunes in the western Belgian coastal plain. *Eiszeitalter und Gegenwart* 35:33-41.
- De Ceunynck R. 1992. Ontstaan van het duinlandschap van De Panne tot Nieuwpoort. P.36-45. In: *Tussen Land en Zee – Het duingebied van Nieuwpoort tot de Panne*. Termote J. (Ed.). Tielt, Lannoo.
- Declerck K. en J.-P. Maelfait. 2000. IN-activiteitenverslag 1999. Brussel, Instituut voor Natuurbehoud. 116p.
- De Fré B. 2001. Het effect van onsmakelijke en/of giftige plantensoorten op hun buursoorten in door grote herbivoren begraasde kustduinvegetaties. Ongepubl. scriptie Universiteit Gent. 101p. + bijl.

- De Maeyer K., S. Provoost, E. Cosyns, en M. Hoffmann. 2001. Monitoring van de effecten van begrazingsbeheer op vegetatie, flora en fauna van de Vlaamse natuurrezervaten langs de Vlaamse kust. Deel III. Globale vegetatieanalyse van duinen en schorren op basis van historisch opnamemateriaal. Gent, Brussel, Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud. 73p. Rapportnr. IN.O.2001.03.
- De Raeve F. 1979. Sur les pelouses à thérophytes des dunes de la côte ouest de la Belgique, en particulier le *Tortulo-Phleetum arenarii*. Biol. Jaarb. Dodonaea 47:74-86.
- De Raeve F. 1987. *Inocybe aeruginascens* Babos. dans les dunes entre Dunkerque et Nieuport. Dumortiera 34:22-28.
- Desender K. en L. Baert. 1995. Carabid beetles as bio-indicators in Belgian coastal dunes: a long term monitoring project. Bull. KBIN, Entomologie 65:35-54.
- Devos K., F. De Scheemaeker, S. Allein, en G. Rappé. 1998. Resultaten van steltlopertellingen langs de Vlaamse kust, winter 1996/97. Mergus 12:187-199.
- Janssens B. 2000. Verspreiding en auto-ecologie van enkele zeldzame en duinspecifieke plantensoorten aan de Vlaamse Westkust. Ongepubl. scriptie Universiteit Gent, 120p.
- Hoffmann M. 1988. De mossen en korstmossen van de Zwinbosjes en de Kleine Vlakte te Knokke-Heist. Muscillanea 7:5-13.
- Hoffmann M. 1993. Verspreiding, fyto-sociologie en ecologie van epifyten en epifytengemeenschappen in Oost- en West-Vlaanderen. Ongepubl. doct. verhandeling Universiteit Gent, xx+763p.
- Hoffmann M., E. Cosyns, M. Deconinck, I. Lamoot, en A. Zwaenepoel. 2001. Donkey diet in a Flemish coastal dune area in the first year after introduction. P.95-107. In: Coastal Dune Management, Shared Experience of European Conservation Practice. Houston J.A., S.E. Edmondson, and P.J. Rooney. Liverpool University Press. 458p.
- Hoffmann M., M. Hoys, J. Monbaliu, and M. Sas. 1996. Ecologisch streefbeeld en natuurherstelplan voor het integraal kustreservaat 'De IJzermonding' te Nieuwpoort-Lombardsijde met civieltechnische realisatiemogelijkheden. Universiteit Gent i.o.v. Min. Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afd. Natuur. 161p., 6 bijl., 73 fig., 7 fot.
- Janssens B. 2000. Verspreiding en auto-ecologie van enkele zeldzame en duinspecifieke plantensoorten aan de Vlaamse Westkust. Ongepubl. scriptie Universiteit Gent.
- Lust P. 1987. Paddenstoelen in het Zwinbosjescomplex. Duinen 1(3):76-79.
- Maelfait J.-P., M. Alderweireldt, K. Desender, en L. Baert. 1989. Lycosid spiders of the Belgian coastal dunes and saltmarshes. Bull. Ann. Soc. Roy. Belg. Entomol. 125:327-332.
- Mervielde H. en P. Van der Veken. 1987. Korstzwammen (Corticaceae) langs de Belgische kust. Verh. Kon. Belg. Bot. Ver. 9:24-26.
- Moffatt Kang'iri N. 2001. The Impact of recently introduced Ungulates on the Coastal Dune Soils of the 'Westhoek' Nature Reserve, Belgium. MSc thesis, Universiteit Gent. 101p.
- Pollet M. en P. Grootaert. 1996. An estimation of the natural value of dune habitats using *Empidoideae* (Diptera). Biodiversity and Conservation 5:859-880.
- Provoost S. en M. Hoffmann. (red.) 1996. Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. Deel 1. Ecosysteembeschrijving. Gent, Brussel, Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud in opdracht van Aminal, Afdeling Natuur, 375p.+xxxvii+vi.
- Provoost S. and W. Van Landuyt. 2001. The flora of the Flemish coastal dunes (Belgium) in a changing landscape. p.393-401. Coastal Dune Management, Shared Experience of European Conservation Practice. Houston J.A., S.E. Edmondson, and P.J. Rooney. Liverpool University Press. 458p.
- Rappé, G., M. Leten, S. Provoost, M. Hoys, en M. Hoffmann. 1996. Biologie. p.167-372. Ecosysteemvisie voor de Vlaamse kust. Deel 1. Ecosysteembeschrijving. Provoost S. en

- M. Hoffmann. (red.). Gent, Brussel, Universiteit Gent en Instituut voor Natuurbehoud in opdracht van Aminal, Afdeling Natuur, 375p.+xxxvii+vi.
- Vanacker S. 1996. Spontane bosontwikkeling in het natuurreservaat 'De Westhoek'. Ongepubl. scriptie Universiteit Gent. 150p.
- Van Meir N. 2001. Dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming: de ontwikkeling van een parameteridentificatie en een 3D-modellering van een zeespiegelrijzing. PhD, Universiteit Gent, Lab. Hydrogeologie.
- Walley R. 1995. Wasplaten (*Hygrocybe* s.l.) in Vlaanderen. p.43-53. In: Mededelingen gehouden op de derde Vlaamse Mycologendag (Leuven, 19 maart 1994). Langendries R., K. Van der Gucht, P. Van der Veken, en R. Walley. Universiteit Gent.

## **STRANDEN, NIET ALLEEN VOOR TOERISTEN!**

Magda Vincx, Steven Degraer, Bregje Beyst, Annemie Volckaert, Evelyne Hoste, Annelies De Backer en Tom Gheschiere

Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie  
K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent  
E-mail: magda.vincx@rug.ac.be

Zandstranden doen mensen dromen van vakantie... Tijdens het toeristisch seizoen – wat momenteel langer en langer wordt – trekken in België honderdduizenden toeristen naar zee en de zon en een ‘proper’ strand is daarbij de aantrekkingspool bij uitstek. Vele toeristen brengen het grootste deel van de dag op het strand of nabijgelegen wandeldijken door. Als onderdeel van de zeereep vormt het strand ook een belangrijke verdediging bij het voorkomen van overstromingen in het binnenland. Omwille van kusttoerisme en kustverdediging vinden tal van menselijke activiteiten plaats op het strand. Naast de activiteiten die de strandtoeristen zelf ontwikkelen, wordt in functie van het toerisme het strand ook dikwijls ‘heraangelegd’ door de overheid. Hierbij wordt een breed droog strand voor de zonneklopers gecreëerd en wordt het aanspoelsel ter hoogte van de vloedmerklijn opgeruimd. In functie van de kustverdediging vinden strandopspuitingen plaats en worden strandhoofden aangelegd. De ecologische impact van deze menselijke activiteiten wordt als minimaal beschouwd daar stranden veelal als ‘biologische woestijnen’ worden aanzien. Alhoewel, hierover hebben we momenteel nog geen uitsluitel.

Recent is men het ecologisch belang van stranden beginnen naar waarde schatten. De zandvlaktes herbergen schijnbaar geen organismen (rotskusten daarentegen hebben een direct waarneembare hoge biodiversiteit); doch dit is slechts schijn. Wanneer de menselijke verstoring minimaal is, vormen zandstranden een ideaal broedbiotoop voor verschillende vogelsoorten. Sinds de oprichting van het Vlaams strandnatuurreservaat de ‘Baai van Heist’, broeden opnieuw dwergsternen en strandplevieren op de Vlaamse stranden. Ook buiten het broedseizoen worden vele soorten vogels op onze stranden waargenomen (o.a. scholekster en drieteenstrandloper). Deze laatste gebruiken het strand als belangrijk voedselgebied. Zij vinden voedsel tussen het angespoelde materiaal (losgeslagen wieren en ‘dode’ organismen) dat vele kleine ongewervelde dieren bevat. Deze dieren leven zowel ingegraven in het zand (de infauna) als vrij zwemmend in het zeewater (de epi- en hyperfauna). Bij laagtij is het strand ‘droog’ en kunnen vogels foerageren; tijdens hoogtij wordt het een aquatisch milieu waar vissen en garnalen (epi- en hyperbenthos) hun voedsel komen zoeken. Afhankelijk van de grootte van deze dieren worden ze van klein naar groot ingedeeld in micro-, meio-, macro- en megafauna. Het belang van de stranden als voedsel- en broedgebied voor vogels lag aan de basis van de oprichting van twee strandnatuurreservaten langs de Vlaamse kust: de Baai van Heist en de IJzermonding.

Het habitat op zandstranden wordt in de eerste plaats gekarakteriseerd door de gradiënt van het terrestrische naar het mariene milieu. Op het ‘droog strand’ worden tal van terrestrische organismen aangetroffen, terwijl het ‘nat strand’ gedomineerd wordt door mariene organismen. De vloedmerklijn, waarin zowel terrestrische als mariene organismen worden gevonden, vormt hierbij een scherpe overgang. Het habitat van zandstranden wordt verder bepaald door het getijdenverschil, het golfregime (hoogte en periode), de hellingsgraad van het strand en de korrelgrootte van het sediment.

Het strand kan in vier zones verdeeld worden die van ecologisch belang zijn voor de organismen die er leven. De zone onder het gemiddeld laagwater bij springtij (MLWS) staat voortdurend onder water en wordt meestal bij het subtidaal gerekend. In het gebied tussen gemiddeld laagwater bij springtij en gemiddeld laagwater bij doortij (MLWN) is het voor de dieren van belang hoeveel keer deze zone boven water komt. De zone tussen MLWN en gemiddeld hoogwater bij doortij (MHWN) komt twee keer per dag onder water te staan (bij een semi-diurnaal getijdenregime). Tussen MHWN en MHWS is het dan weer belangrijk hoeveel keer de zone bloot komt te liggen. Boven MHWS komt het water parktisch nooit en deze zone behoort dus eigenlijk tot het terrestrische milieu (De Graaff, 1977).

Er zijn veel verschillende soorten stranden: de *reflectieve* stranden, waar het strand in de getijdenzone en voor de kust steil afloopt, en de *dissipatieve* stranden waar het strand een lichte helling heeft en voor de kust zandbanken en ondiepe geulen liggen. Tussen beide types zijn er overgangen.

Op het eerste zicht is er slechts weinig variatie binnen de Vlaamse stranden waarneembaar. Bij een gedetailleerde opname blijkt echter een duidelijke gradiënt in hellingsgraad van oost naar west te bestaan. De oostelijke kustzone wordt gekenmerkt door vrij steile, smalle stranden, terwijl licht hellende, brede stranden typisch langsheen de westelijke kustzone worden aangetroffen. Ook in de korrelgrootte van het sediment is deze gradiënt duidelijk waarneembaar: de sedimenten van de oostelijke stranden zijn grover dan deze van de westelijke stranden. Verder komt op sommige stranden een duidelijke afwisseling voor van strandruggen en zwinnen (= geulen) tussen de hoog- en de laagwaterlijn. In natuurlijke omstandigheden kunnen plaatselijk zoetwaterbronnen worden gevonden.

Natuurlijke harde substraten zijn niet aanwezig langsheen de Vlaamse kust. In functie van kustverdedigingswerken werden langs nagenoeg de volledige kustlijn strandhoofden aangelegd. Deze strandhoofden zijn opgebouwd uit beton of arduin en vormen de kunstmatige tegenhangers van de natuurlijke rotskusten. Ook hier wordt het habitat in belangrijke mate bepaald door de getijde gradiënt. Net als rotskusten worden strandhoofden gekenmerkt door de aanwezigheid van vele microhabitats (o.a. overhangende rotsblokken en getijdenpoelen).

Er bestaat een hoge habitat heterogeniteit aan de Vlaamse stranden die weerspiegeld wordt in een hoge biodiversiteit.

Verschillende fauna elementen werden recent langsheen de Vlaamse kust bestudeerd. We bespreken ze van klein naar groot.

Het meiobenthos (alle dieren kleiner dan 1 mm en ingegraven tussen de zandkorrels) werd op zowel het 'droog strand' als het 'nat strand' van De Panne bestudeerd. Twaalf verschillende groepen werden in het meiobenthos geïdentificeerd waarvan de vrijlevende mariene nematoden, gevolgd door Turbellaria, dominant zijn. De aantallen van het meiobenthos nemen toe naar de laagwaterlijn. Tijdens deze eerste studie werden 87 soorten vrijlevende mariene nematoden geïdentificeerd behorende tot 28 families. De diversiteit van nematodengemeenschappen neemt eveneens naar de laagwaterlijn toe. Aan de hand van de nematoden werden drie gemeenschappen onderscheiden. Deze gemeenschappen zijn geassocieerd met ofwel het hoog, het intermediair of het laag strand. De gemeenschappen zijn niet duidelijk van elkaar afgescheiden, maar gaan geleidelijk in elkaar over. De afbakening van de gemeenschappen wordt moeilijker naar het subtidaal toe.



Verscheidende studies werden uitgevoerd over het macrobenthos (alle dieren groter dan 1 mm en ingegraven in het sediment) van Vlaamse stranden (Elliott *et al.*, 1997; Degraer *et al.*, 1999; Degraer *et al.*, submitted). In vergelijking met het subtidale macrobenthos, worden slechts weinig soorten (totaal: 35 soorten) op het strand aangetroffen. De aantallen van het macrobenthos van de intergetijdenzone (tot 15000 ind./m<sup>2</sup>) zijn echter meestal veel hoger dan deze in de subtidale zone. Een duidelijk zonatiepatroon, waarbij iedere soort in specifieke dichtheden op een specifieke plaats in de intergetijdenzone voorkomt, wordt langsheen de intertidale gradiënt waargenomen. Op basis van deze soort-specifieke zonatieschema's worden twee zones afgebakend. Deze zones worden van elkaar gescheiden ter hoogte van het midden van de intergetijdenzone. Het macrobenthos van de lage zone kan worden beschouwd als een uitloper van het subtidale macrobenthos (belangrijkste soorten zijn de polychaeten of borstelwormen *Pygospio elegans*, *Eteone longa* en *Capitella capitata*). Het macrobenthos van deze lage zone vertoont slechts weinig variatie langsheen de Vlaamse kust. Het macrobenthos van de hoge intertidale zone daarentegen is sterk afhankelijk van het beschouwde type strand. Op steile, grof zandige stranden (voornamelijk oostelijke kustzone) wordt hier een duidelijk verschillend macrobenthos aangetroffen (voornamelijk de borstelwormen *Hesionides arenaria* en *Ophelia rathkei*) in vergelijking met de vlakke, fijn zandige stranden (westelijke kustzone, met voornamelijk de amphipoden *Bathyporeia pilosa*, *Eurydice pulchra* en de borstelworm *Scolelepis squamata*).

Een belangrijk deel van het 'strandecosysteem' speelt zich af in de waterkolom. Het hyper- en epibenthos in de brandingszone van de Vlaamse kust werd onderzocht van april 1996 t.e.m. juli 1997 (e.g. Beyst *et al.*, 1999; Beyst *et al.*, in press a, b, c). Het hyperbenthos wordt hier gedefinieerd als de associatie van alle kleine (< 1 mm) organismen levend in de onderste laag van de waterkolom. In totaal werden 180 hyperbenthische soorten aangetroffen, wat opmerkelijk is gezien de toch wel extreme omstandigheden in de brandingszone (sterke schommelingen in een groot aantal omgevingsfactoren zoals b.v. temperatuur, saliniteit; sterke turbulentie; ...). Jaargemiddelden van de totale aantallen en biomassa lagen ook hoog (> 1000 individuen/100m<sup>2</sup>; 300-3000 mg AFDW/100m<sup>2</sup>) in vergelijking met diepere delen van de Noordzee en zijn vergelijkbaar met die van andere meer beschutte brandingszones. De nabijheid van het rijke zandbankengebied en/of de invloed van de Westerschelde (een belangrijke kinderkamer voor een groot aantal soorten) speelt hier mogelijk een rol. Inderdaad bestaat het hyperbenthos in deze zone voor een groot deel (> 40%) uit vroege levensstadia van een groot aantal (dikwijls commercieel belangrijke) organismen zoals verschillende platvissoorten, garnalen en krabben. Andere dominante groepen zoals aasgarnalen (90% van het permanent hyperbenthos), kunnen een belangrijk deel uitmaken van het dieet van grotere vissen en schaaldieren en vormen dus op die manier een van de belangrijkste schakels in het voedselweb van de productieve brandingszone. Naast een duidelijke seizoenale successie in het voorkomen van hyperbenthische organismen, spelen hydrodynamische omstandigheden en lokale strandkarakteristieken ook een rol in de verspreidingspatronen van deze organismen.

Het epibenthos omvat alle benthische organismen die op of in de nabijheid van de zeebodem leven en die gevangen worden met een net met 5 mm maaswijdte. De soortensamenstelling is vergelijkbaar met die van andere brandingszones in de zuidelijke Noordzee. De brandingszones worden typisch gedomineerd door slechts een paar soorten: hier bestaat meer dan 80% van de epibenthosgemeenschap uit de grijze garnaal *Crangon crangon*, maar ook een aantal vissen zijn belangrijk (b.v. jonge schol *Pleuronectes platessa*). Naast deze soorten die nagenoeg het hele jaar in deze zone aangetroffen worden, maken ook een groot aantal andere dieren slechts periodisch gebruik van het strand. Deze migraties

kunnen gekoppeld zijn aan temperatuursveranderingen (b.v. sommige krabben), maar ook met het gebruik van de brandingszone als kinderkamer of overgangsgebied tussen een kinderkamer zoals de Westerschelde en de open zee (b.v. voor de jonge zeebaars *Dicentrarchus labrax*). De lokatie van de stranden kan in dit opzicht dus een belangrijke rol spelen. De overlevingskansen van deze jonge levensstadia kunnen verhoogd worden door het ondiepe karakter en de turbiditeit in deze zone (vermijden van predatie door grotere organismen, refugium-functie). Sommige gebruiken de brandingszone daarenboven als voedingsgebied (foerageer-functie): verschillende soorten (b.v. 1-jarige schol) foerageren niet alleen in de waterkolom, maar ook worden de rijkere delen van het strand frequent gebruikt. Ondanks de extreme omstandigheden en de sterke turbulentie in de branding, wordt deze zone intensief gebruikt door een groot aantal hyper- en epibenthische soorten.

Daar de vloedmerklijn een ecologisch belangrijke grens tussen het terrestrische en mariene milieu is, werd ook de macrofauna (alle organismen groter dan 1 mm) van dit milieu langs de Vlaamse kust bestudeerd. Naast de terrestrische fauna (vnl. tweevleugeligen, Diptera, en kevers, Coleoptera), de aangespoelde en *in situ* mariene fauna (respectievelijk, vnl. zeepokken, Cirripedia, en borstelwormen, Polychaeta), wordt de vloedmerklijn bewoond door een groot aantal karakteristieke soorten. Deze karakteristieke fauna wordt hoofdzakelijk vertegenwoordigd door typisch terrestrische groepen (vnl. tweevleugeligen, Diptera, en kortschildkevers, Staphylinidae). Slechts een klein deel van de karakteristieke fauna is typisch marien (vb. strandvlo, *Talitrus saltator*). Enkel in de nabije omgeving van het strandnatuurreservaat 'Baai van Heist' is de karakteristieke fauna dominant aanwezig. De afwezigheid van verstoring ter hoogte van de vloedmerklijn (o.a. betreding en opruimen aanspoelsel) kan hierbij belangrijk zijn.

Recent (september 2000, Engledow *et al.*, 2001) werd ook gestart met de studie van de epilithische macrofauna van harde substraten of m.a.w. alle dieren groter dan 1 mm en levend op harde substraten of rotskusten. In vergelijking met de zandstranden wordt ongeveer het dubbel aantal soorten teruggevonden in de intergetijdenzone (47 versus 91). Er wordt een onderscheid gemaakt tussen sessiele (vastgehecht) en mobiele (niet-vastgehecht) organismen. Binnen de sessiele dieren zijn de belangrijkste vertegenwoordigers de kreeftachtigen (Crustacea) met de zeepokken (familie Balanidae) en de weekdieren (Mollusca) met de mossel (*Mytilus edulis*) en de Japanse oester (*Crassostrea gigas*). De belangrijkste groepen binnen de mobiele dieren zijn de Crustacea (Amphipoda, Decapoda) en de borstelwormen (Polychaeta) (familie Spionidae). Ook hier worden grote aantallen teruggevonden: bij de sessiele dieren worden relatieve bedekkingsgraden teruggevonden van 90%, terwijl de dichtheden van de belangrijkste vertegenwoordigers van de mobiele dieren kunnen oplopen tot ruim 9000 ind./m<sup>2</sup>. Net zoals natuurlijke rotskusten, worden de kunstmatige harde substraten gekenmerkt door een zonatiepatroon. Tijdens het onderzoek werden twee zonatiepatronen gevonden: één voor meer geëxposeerde plaatsen (strandhoofden) en één voor meer beschutte plaatsen (havenmuren). In beide valt op dat de gevonden zones minder scherp afgebakend zijn dan op natuurlijke rotskusten én dat we ons bevinden in een vroege successiefase (den Hartog, 1959). De havenmuren vertonen reeds soorten (vooral wiersoorten) van een verdere successiefase, maar ook hier wordt nog geen climaxgemeenschap gevonden. De meeste soorten worden zowel op havenmuren als op strandhoofden gevonden (weliswaar in andere dichtheden), doch valt op dat sommige soorten een duidelijke voorkeur vertonen voor ofwel de meer geëxposeerde (de mossels) ofwel de meer beschutte plaatsen (de oesters).

Alhoewel zandstranden op het eerste zicht onherbergzaam lijken en dus ecologisch onbelangrijk, blijkt er toch een zeer rijke en typische fauna voor te komen. Ieder van deze soorten vervult een specifieke rol binnen het kustecosysteem. Verschillende organismen dienen als voedselbron voor de op het strand en strandhoofden foeragerende kustvogels. Bij vloed komen tal van vissen zich voeden in de intergetijdenzone. Bovendien fungeert het strand als belangrijk habitat voor de jonge stadia van verschillende vissoorten.

De Vlaamse stranden hebben dus niet alleen een grote aantrekkingskracht voor toeristen, maar ook voor verschillende mariene en terrestrische organismen zijn ze zeer belangrijk.

In het kader van een geïntegreerd kustzonebeheer dient men ook rekening te houden met de ecologische waarde van de Vlaamse zandstranden.

## Referenties

- Beyst B., A. Cattijse, and J. Mees. 1999. Feeding ecology of juvenile flatfishes of the surf zone of a sandy beach. *Journal of Fish Biology* 55:1171-1186.
- Beyst B., K. Hostens, and J. Mees. In press a. Factors influencing fish and macrocrustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium: temporal variation. *Journal of Sea Research*.
- Beyst B., D. Buysse, A. Dewicke, and J. Mees. In press b. Surf zone hyperbenthos of Belgian sandy beaches: seasonal patterns. *Estuarine Coastal and Shelf Science*.
- Beyst B., J. Vanaverbeke, M. Vincx, and J. Mees. In press c. Tidal and diurnal periodicity in macrocrustaceans and demersal fish of an exposed sandy beach, with special emphasis on juvenile plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Marine Ecology Progress Series*.
- De Graaff L.W.S. 1977. Het strand: de relatie tussen processen, materialen en vormen, en een proeve van terminologie-gebruik. *KNAG Geografisch Tijdschrift*, XI, 1, 47-68.
- Degraer S., L. De Neve, I. Mouton, and M. Vincx. 1999. Zonation and community structure of the macrobenthos of a macrotidal, ultra-dissipative sandy beach: Summer - Winter comparison. *Estuaries*, 22(3B):742-752.
- Degraer S., A. Volckaert, and M. Vincx. Submitted. Macrobenthic zonation patterns along a morphodynamical continuum of macro-tidal, low tide bar/rip and ultra-dissipative beaches. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- den Hartog C. 1959. The epilithical algal communities occurring along the coast of the Netherlands. Amsterdam: North-Holland Publishing Company. 241p.
- Elliott B., S. Degraer, M. Bursey, and M. Vincx. 1997. Intertidal zonation of macroinfauna on a dissipative, sandy beach at De Panne (Belgium): A pilot study. *Biol. Jaarb. Dodonaea* 64:92-108.
- Engledow H., G. Spanoghe, A. Volckaert, E. Coppejans, S. Degraer, M. Vincx, and M. Hoffmann. 2001. Onderzoek naar de fysische karakterisatie en de biodiversiteit van strandhoofden en andere harde substraten langs de Belgische kust. Eindrapport in opdracht van het Min. Vlaamse Gemeenschap, Dept. Leefmilieu en Infrastructuur, Afd. Waterwegen en Zeewezen. 109p.

## DEELNEMERSLIJST

- Ampe Carole, Vlaamse Landmaatschappij VLM, Gulden-Vlieslaan 72, B-1060 Brussel. E-mail: info@vlm.be
- Baert André, Nieuw Oostends Tijdschrift, Vaartdijk Zuid 38, B-8432 Leffinge. E-mail: baertandre@pi.be
- Baeteman Cecile, Ministerie van Economische Zaken, Bestuur Kwaliteit en Veiligheid, Belgische Geologische Dienst, Jennerstraat 13, B-1000 Brussel. E-mail: cecile.baeteman@mineco.fgov.be
- Baetens Katrijn, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)
- Baeyens Willy, Vrije Universiteit Brussel (VUB) VUB/ANCH, Vakgroep Scheikunde, Laboratorium Analytische en Milieuchemie, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel. E-mail: wbaeyens@vub.ac.be
- Baharak Bashar, student MARELAC, Universiteit Gent (RUG)
- Belpaeme Kathy, Provincie West-Vlaanderen, Dienst Externe Relaties, Europese Programma's en Gebiedswerking, Provinciehuis Boeverbos, Koning Leopold III-laan 41, B-8200 Sint-Andries (Brugge). E-mail: kathy.belpaeme@west-vlaanderen.be
- Berlamont Jean, Katholieke Universiteit Leuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde, Laboratorium voor Hydraulica, Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Heverlee. E-mail: jean.berlamont@bwk.kuleuven.ac.be
- Bonne Wendy, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: wendy.bonne@rug.ac.be
- Bossu Peter, Kabinet van de Vice-Eerste Minister en Minister van Begroting, Maatschappelijke Integratie en Sociale Economie, Koningsstraat 180, B-1000 Brussel. E-mail: peter.bossu@skynet.be
- Breyne Paul, Provincie West-Vlaanderen, Kabinet van de Gouverneur, Burg 3, B-8000 Brugge. E-mail: gouverneur@west-vlaanderen.be
- Brion Natacha, Vrije Universiteit Brussel (VUB) VUB/ANCH, Vakgroep Scheikunde, Laboratorium Analytische en Milieuchemie, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel. E-mail: nnbrion@vub.ac.be
- Buffel Frederik, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be
- Buijs Xavier, Instituut voor Politieke Ecologie IPE, Studiedienst Agalev, Agalev-Ecolo fractie, Bureau 11374, Paleis der Natie, B-1008 Brussel. E-mail: xavier.buys@agalev.be
- Bulckaen Bart, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: bartb@vliz.be
- Buyle Gwen, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)
- Calcoen Peter, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)
- Cattrijsse Andre, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: andre.cattrijsse@vliz.be
- Christ Veerle, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)
- Claes Albert, Julius Sabbe Studiekring vzw, Stijn Streuvelstraat 54a, B-8000 Brugge
- Claessens Ilse, studente MARELAC, Universiteit Gent (RUG)
- Claeys Charles, Promotiedienst Haven Oostende, Elizabethlaan 257, B-8300 Knokke-Heist
- Cliquet An, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Internationaal Publiekrecht, Maritiem Instituut, Universiteitstraat 6, B-9000 Gent. E-mail: an.cliquet@rug.ac.be
- Cloet Belinda, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)
- Coelus Robert, Vriendenkring Noordzee-Aquarium Oostende vzw, Aquariumgebouw, Visserskaai, B-8400 Oostende

Coenjaerts Johan, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Belgisch Biodiversiteitsplatform, Vautierstraat 29, B-1000 Brussel. E-mail: Johan.Coenjaerts@naturalsciences.be

Colpaert Roel, Belconsulting nv, Oude Stationsstraat 144, B-8700 Tielt. E-mail: info@belconsulting.be

Cornilly Wim, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Couvreur Stijn, G-TEC NV, Paul Delvaux wijk 34, B-3000 Leuven. E-mail: s.couvreur@gtec.be

Cox David, Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden DWTC, Wetenschapsstraat 8, B-1000 Brussel. E-mail: coxd@belspo.be

Craeymeersch Johan, Rijksinstituut voor Visserijonderzoek RIVO, Centrum voor Schelpdieronderzoek, Korringaweg 5, PB 77, NL-4400 AB Yerseke, Nederland. E-mail: johan@rivo.dlo.nl

De Backer Wim, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

De Brauer Dirk, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

De Buck Virginie, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

De Coen Wim, Universiteit Antwerpen, Departement Biologie, Onderzoeksgroep Ecofysiologie, Biochemie en Toxicologie, Groenenborgerlaan 171, B-2020 Antwerpen. E-mail: decoen@ruca.ua.ac.be

De Mesel Ilse, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: Ilse.DeMesel@rug.ac.be

De Mey Micheline, studente MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

De Moor Guy, Boesbeeklaan 5, B-9051 Gent. E-mail: l.demoor@ping.be

De Mulder Tom, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout. E-mail: watlab@lin.vlaanderen.be

De Putter Bernard, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: Bernard.Deputter@lin.vlaanderen.be

De Raes André, Gewestelijke Ontwikkelingsmaatschappij GOM, West-Vlaanderen, Baron Ruzettelaan 33, B-8310 Assebroek. E-mail: andre.deraes@gomwvl.be

De Ridder Benjamin, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

De Rouck Julien, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Civiele Techniek, Afdeling Weg- en Waterbouwkunde, Campus Ardoyen, Technologiepark 9, B-9052 Gent. E-mail: julien.derouck@rug.ac.be

De Smet Klaas, Vlaamse Landmaatschappij VLM, Gulden-Vlieslaan 72, B-1060 Brussel. E-mail: info@vlm.be

De Vlioger Hugo, N.V. Baggerwerken Decloedt en Zoon, Dredging Contractor Marine Engineering, Slijkensesteenweg 2, B-8400 Oostende. E-mail: decloedt@decloedt.be

De Vriese Thomas, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

De Wachter Bart, Ecolas NV, Lange Nieuwstraat 43, B-2000 Antwerpen. E-mail: bart.dewachter@ecolas.be

De Wilde Gert, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

De Wolf Peter, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Debacker Annelies, studente MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Debruyne Walter, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek VITO, Remote Sensing & Atmospheric Processes (TAP), Boeretang 200, B-2400 Mol. E-mail: walter.debruyne@vito.be

Declerck Misjel, St Trudostraat 84, B-8310 Assebroek (Brugge). E-mail: mdeclerck@vt4.net

Declercq Veerle, Molenmeers 48, B-8000 Brugge. E-mail: Veerle.Declercq@vlaamsparlement.be

Deegraer Steven, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: steven.deegraer@rug.ac.be

Deleu Samuel, student MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Demeyere Frank, Kabinet van de Regeringscommissaris toegevoegd aan de Minister van Economie en Wetenschappelijk Onderzoek, de Meeûssquare 23, B-1000 Brussel. E-mail: Frank.Demeyere@cab.picque.fed.be

Deneire Patrick, AG Haven Oostende, Slijkensesteenweg 2, B-8400 Oostende. E-mail: Harbour.Master@portfoostende.be

Deneudt Klaas, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: klaas.deneudt@vliz.be

Dereu Jacky, Gemeentebestuur Stad Oostende, Vindicvelaan 1, B-8400 Oostende. E-mail: jacky.dereu@pi.be

Deronde Bart, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek VITO, Remote Sensing & Atmospheric Processes (TAP), Boeretang 200, B-2400 Mol. E-mail: bart.deronde@vito.be

Desloovere Steven, Vlaamse Vereniging voor Watersport, Watersportlaan 11, B-8620 Nieuwpoort. E-mail: info@vwnieuwpoort.be

Desnouck Ria, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: Ria.Desnouck@lin.vlaanderen.be

Desutter Manu, Bedrijfsraad Visserij, Natiënlaan 94, B-8300 Knokke-Heist.

Dobbelaere Ingrid, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: ingrid.dobbelaere@vliz.be

Douvere Fanny, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Internationaal Publiekrecht, Maritiem Instituut, Universiteitstraat 6, B-9000 Gent. E-mail: fanny.douvere@rug.ac.be

Dumon Guido, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: Guido.Dumon@lin.vlaanderen.be

Durinck Paul, Studiebureau Econnection, Tentoonstellingslaan 137, B-9000 Gent. E-mail: paul.durinck@econnection.be

Fettweis Michael, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen BMM, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium, Brussel, Gulledele 100, B-1200 Brussel. E-mail: M.Fettweis@mumm.ac.be

Fierens Geert, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AMINAL, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Water West-Vlaanderen, Zandstraat 255 bus 1, B-8200 Brugge. E-mail: water.wvl@lin.vlaanderen.be

Fockedey Nancy, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: nancy.fockedey@vliz.be

Francis Michael, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Geeraerts Jimmy, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Civiele Techniek, Afdeling Weg- en Waterbouwkunde, Campus Ardoyen, Technologiepark 9, B-9052 Gent. E-mail: Jimmy.Geeraerts@rug.ac.be

Geerinckx Tom, student MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Gerard Paul, AG Haven Oostende, Slijkensesteenweg 2, B-8400 Oostende. E-mail: paul.gerard@portofoostende.be

Gheerardyn Hendrik, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Gheschiere Tom, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: tom.gheschiere@rug.ac.be

Glorie Stijn, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Goderis Jan, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Goes Heidi, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Gombeer Sophie, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Groenendijk Floris, Stichting De Noordzee, Drieharingstraat 25, NL-3511 BH Utrecht, Nederland. E-mail: f.groenendijk@noordzee.nl

Haelters Jan, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen BMM, Beheerseheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium, Oostende, 2e en 23e Linieregimentsplein, B-8400 Oostende. E-mail: J.Haelters@mumm.ac.be

Halleux Lucien, G-TEC NV, Paul Delvaux wijk 34, B-3000 Leuven

Haspelslagh Jan, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: janh@vliz.be

Heip Carlo, Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek NIOO/CEMO, Centrum voor Estuarien en Marien Onderzoek, Korringaweg 7, Postbus 140, NL-4400 AC Yerseke, Nederland. E-mail: heip@cemo.nioo.knaw.nl

Herman Rudy, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Wetenschap en Innovatie, Afdeling Wetenschappen, Boudewijngebouw, Boudewijnlaan 30, B-1000 Brussel. E-mail: rudy.herman@wim.vlaanderen.be

Hernandez Francisco, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: francher@vliz.be

Herrier Jean-Louis, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AMINAL, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Natuur, Graaf de Ferraris-gebouw, 4de Verd., Koning Albert II laan 20 bus 8, B-1000 Brussel. E-mail: jeanlouis.herrier@lin.vlaanderen.be

Hoffmann Maurice, Instituut voor Natuurbehoud, Kliniekstraat 25, B-1070 Brussel. E-mail: maurice.hoffmann@instnat.be; Universiteit Gent, Vakgroep Biologie, Onderzoeksgroep Terrestrische Plantenecologie en Vegetatiekunde, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. Maurice.Hoffmann@rug.ac.be

Houthuys Rik, Nachtegaalstraat 71, B-1501 Halle. E-mail: rik.houthuys@pandora.be

Houziaux Jean-Sebastien, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen KBIN, Departement Invertebraten, Afdeling Malacologie, Vautierstraat 29, B-1000 Brussel. E-mail: jean-sebastien.houziaux@naturalsciences.be

Huygens Marc, Haecon NV, Deinseseenweg 110, B-9031 Drongen. E-mail: marc.huygens@haecon.be

Jacobs Patric, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Afdeling Sedimentaire Geologie en Ingenieursgeologie, Krijgslaan 281 S8, B-9000 Gent. E-mail: patric.jacobs@rug.ac.be

Janssen Colin, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Toegepaste Ecologie en Milieubiologie, Onderzoeksgroep voor Milieutoxicologie, Jozef Plateaustraat 22, B-9000 Gent. E-mail: colin.janssen@rug.ac.be

Jaspers Edmonde, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: mony.jaspers@vliz.be

Keppler Ulrich, Groep Planning cv, Sint-Jacobsstraat 68, B-8000 Brugge. E-mail: gpbg@groepplanning.be

Kerckhof Francis, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen BMM, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium, Oostende, 2e en 23e Linierégimentsplein, B-8400 Oostende. E-mail: F.Kerckhof@mumm.ac.be

Knockaert Ann, studente MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Laforce Erik, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout. E-mail: Erik.Laforce@lin.vlaanderen.be

Lanckneus Jean, Marine Geological Assistance NV Magelas, Violierstraat 24, B-9820 Merelbeke. E-mail: info@magelas.be

Laplace Jeannine-Jeanette, Driftweg 59, B-8450 Bredene

Laurent Johan, Kabinet van de Vlaams minister van Mobiliteit, Openbare Werken en Energie, Graaf de Ferrarisgebouw, Koning Albert II-laan 20 bus 1, B-1000 Brussel. E-mail: johan.laurent@vlaanderen.be

Le Roy Dirk, Ecolas NV, Lange Nieuwstraat 43, B-2000 Antwerpen. E-mail: dirk.leroy@ecolas.be

Leys Erwin, Eurosense Belfotop NV, Nerviërslaan 54, B-1780 Wemmel. E-mail: info.be@eurosense.com

Lodewyckx Herman, Agalev Oostende, Torhoutsesteenweg 296, B-8400 Oostende. E-mail: lodewyckx.herman@skynet.be

Loones Jan, Vlaams Parlement, Leuvenseweg 27, B-1011 Brussel. E-mail: Jan.Loones@vlaamsparlement.be

Maebe Sigrid, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen BMM, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium, Brussel, Gulledelle 100, B-1200 Brussel. E-mail: s.maebe@mumm.ac.be

Malherbe Bernard, Haecon NV, Deinseseesteenweg 110, B-9031 Drongen. E-mail: bernard.malherbe@haecon.be

Maly Denis, Maatschappij van de Brugse Zeevaartinrichtingen nv MBZ, Isabellalaan 1, B-8380 Zeebrugge. E-mail: mbz@zeebruggeport.be

Manhout Romain, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Marsham Daniël Frank, Irisstraat 16, B-8400 Oostende

Martens Filip, C-Power NV, Scheldedijk 30, Haven 1025, B-2070 Zwijndrecht. E-mail: c-power@c-power.be

Meersschaut Youri, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout. E-mail: Youri.Meersschaut@lin.vlaanderen.be

Mees Jan, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: jan.mees@vliz.be

Meire Patrick, Universiteit Antwerpen UA, Departement Biologie, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, Universiteitsplein 1, B-2160 Wilrijk. E-mail: pmeire@uia.ua.ac.be

Milh Dominique, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: dominique.milh@vliz.be



Monbaliu Jaak, Katholieke Universiteit Leuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde, Laboratorium voor Hydraulica, Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Heverlee. E-mail: Jaak.Monbaliu@bwk.kuleuven.ac.be

Monsieur Philippe, NAUTIV vzw, Witteburg 70, B-8670 Koksijde. E-mail: info.nautiv@skynet.be

Monteny Frank, Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden DWTC, Wetenschapstraat 8, B-1000 Brussel. E-mail: mont@belspo.be

Mostaert Frank, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout. E-mail: Frank.Mostaert@lin.vlaanderen.be

Musschoot Tobias, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Nijs Kim, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Oleo Michèle, Kabinet Vlaams Minister van Economie, Ruimtelijke Ordening en Media, Phoenix-gebouw, Koning Albert II-laan 19, B-1210 Brussel. E-mail: michele.oleo@vlaanderen.be

Oppeneer Monique, Eos Magazine, Forelstraat 22, B-9000 Gent. E-mail: webmaster@eosweb.com

Paret Bern, Provincie West-Vlaanderen, Dienst Externe Relaties, Europese Programma's en Gebiedswerking, Provinciehuis Boeverbos, Koning Leopold III-laan 41, B-8200 Sint-Andries (Brugge). E-mail: bern.paret@west-vlaanderen.be

Peeters Yvo, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Directoraat-Generaal, Graaf de Ferrarisgebouw, Koning Albert II-laan 20 bus 5, B-1000 Brussel. E-mail: Yvo.Peeters@lin.vlaanderen.be

Pillu Geert, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AMINAL, Administratie Milieu-, Natuur- Land- en Waterbeheer, Afdeling Natuur, Graaf de Ferraris-gebouw, 4de Verd., Koning Albert II laan 20 bus 8, B-1000 Brussel. E-mail: geertrl.pillu@lin.vlaanderen.be

Pollentier André, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen BMM, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium, Oostende, 2e en 23e Linierégimentsplein, B-8400 Oostende. E-mail: A.Pollentier@mumm.ac.be

Poppe Liesbeth, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Provoost Bart, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Provoost Sam, Instituut voor Natuurbehoud, Kliniekstraat 25, B-1070 Brussel. E-mail: sam.provoost@instnat.be

Raes Elie, Dredging, Environmental & Marine Engineering, Baggerwerken Decloedt & Zoon NV, Oostende, Slijkensesteenweg 2, B-8400 Oostende. E-mail: raes.elie@decloedt.be

Rappé Karen, Krommedijk 66, B-8300 Knokke-Heist

Redant Frank, Departement voor Zeevisserij, Ankerstraat 1, B-8400 Oostende. E-mail: frank.redant@dvz.be

Regelbrugge Heidi, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Remerie Thomas, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: Thomas.Remerie@rug.ac.be

Roelandt Nora, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: nora.roelandt@vliz.be

Roesbeke Marc, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Roman Ramon, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Ruddick Kevin, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen BMM, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium, Brussel, Gullelde 100, B-1200 Brussel. E-mail: K.Ruddick@mumm.ac.be

Rumes Bob, student MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Schallier André, ASICON bvba, Ringlaan Noord 54, B-8420 De Haan. E-mail: asicon@online.be

Schrijvers Jan, Eendrachtstraat 24, B-9000 Gent. E-mail: janschrijvers@hotmail.com

Schroé Paul, Maatschappij van de Brugse Zeevaartinrichtingen nv MBZ, Isabellalaan 1, B-8380 Zeebrugge. E-mail: ps@mbz.be

Segers An, studente 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Seys Jan, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victorialaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: jan.seys@vliz.be

Sobrie Aubin, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Storme Annie, Orchideeënlaan 5, B-8400 Oostende

Strubbe Jan, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Directoraat-Generaal, Graaf de Ferrarisgebouw, Koning Albert II-laan 20 bus 5, B-1000 Brussel. E-mail: JanEJ.Strubbe@lin.vlaanderen.be

Surmont Eddy, Le Soir, Albert I-promenade 56, Bus 16, B-8400 Oostende. E-mail: surmont@village.uunet.be

Swings Jean, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biochemie, Fysiologie en Microbiologie, Laboratorium voor Microbiologie, K. L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: jean.swings@rug.ac.be

Tavernier Jan, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Departement Educatie en Natuur, Afdeling Biologische Evaluatie, Vautierstraat 29, B-1000 Brussel. E-mail: tavernier@kbinirsnb.be

Timmermans Emmanuel, C-Power NV, Scheldedijk 30, Haven 1025, B-2070 Zwijndrecht. E-mail: c-power@c-power.be

Toorman Erik, Katholieke Universiteit Leuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde, Laboratorium voor Hydraulica, Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Heverlee. E-mail: Erik.Toorman@bwk.kuleuven.ac.be

Tortelboom Evy, Eurosense Belfotop NV, Nerviërsaan 54, B-1780 Wemmel. E-mail: evy.tortelboom@eurosense.com

Troch Peter, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Civiele Techniek, Afdeling Weg- en Waterbouwkunde, Campus Ardoyen, Technologiepark 9, B-9052 Gent. E-mail: PeterB.Troch@rug.ac.be

Van Cleemput Els, ERM nv, Posthoflei 3, B-2600 Berchem. E-mail: evc@ermbelgium.be

Van Damme Luc, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Van Damme Stefan, Universiteit Antwerpen UA, Departement Biologie, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer, Universiteitsplein 1, B-2160 Wilrijk. E-mail: svndamme@uia.ua.ac.be

Van de Walle Björn, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Civiele Techniek, Afdeling Weg- en Waterbouwkunde, Campus Ardoyen, Technologiepark 9, B-9052 Gent. E-mail: Bjorn.VandeWalle@rug.ac.be

Van den Balck Els, Studiebureau Econnection, Tentoonstellingslaan 137, B-9000 Gent. E-mail: els.vandenbalck@econnection.be

van der Werf Harmen, Provinciale Zeeuwse Courant, Prinses Marijkelaan 24, NL-2264 CM Leidschendam, Nederland. E-mail: hvdwerf@gpd.nl

van Eck Bert, Ministerie van Verkeer en Waterstaat RIKZ, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (Middelburg), Grenadiersweg 31, Postbus 8039, NL-4330 EA Middelburg, Nederland. E-mail: g.t.m.veck@rikz.rws.minvenw.nl

Van Grieken René, Universiteit Antwerpen UA, Departement Scheikunde, Onderzoeksgroep Micro- en Sporenanalyse, Universiteitsplein 1, B-2610 Antwerpen. E-mail: vgrieken@uia.ua.ac.be

Van Hecke Dominique, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Van Hoey Gert, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: g.vanhoey@rug.ac.be

Van Inghelandt Vincent, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Van Laer Paul M., Frère-Orbanstraat 156, B-8400 Oostende.

Van Loen Harry, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen KBIN, Departement Invertebraten, Afdeling Malacologie, Vautierstraat 29, B-1000 Brussel. E-mail: Harry.vanloen@naturalsciences.be

Van Loocke Karin, NAUTIV vzw, Witteburg 70, B-8670 Koksijde. E-mail: sailoronly@busmail.net

Van Poucke Willem, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Vloot, Sir Winston Churchillkaai 2, B-8400 Oostende. E-mail: Willem.VanPoucke@lin.vlaanderen.be

van Waeyenberge Jeroen, Instituut voor Natuurbehoud, Kliniekstraat 25, B-1070 Brussel. E-mail: jeroen.van.waeyenberge@instnat.be

Vandecasteele Jean, Gemeentebestuur Oostende, Kabinet van de Burgemeester, Vindictivelaan 1, B-8400 Oostende. E-mail: kurt.bullynck@euronet.be

Vanden Berghe Edward, Vlaams Instituut voor de Zee vzw VLIZ, Victoriaalaaan 3, B-8400 Oostende. E-mail: Wardvdb@vliz.be

Vandenborre Jeroen, student 2<sup>de</sup> licentie biologie, Universiteit Gent (RUG)

Vandenbroucke Guido, Natuurreservaten vzw, Bezoekerscentrum De Blankaart, Iepersesteenweg 56, B-8600 Woumen-Diksmuide. E-mail: westvlaanderen@natuurreservaten.be

Vandendriessche Sofie, student MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Vandewiele Sandra, studente MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Vanhaecke Paul, Ecolas NV, Lange Nieuwstraat 43, B-2000 Antwerpen. E-mail: paul.vanhaecke@ecolas.be

Vanhecke Pierre, Lalouxlaan 45, B-8670 Koksijde

Vanheese Ronald, student MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Vanpraet Jurgen, Kabinet van de Vlaams minister van Werkgelegenheid en Toerisme, Koolstraat 35, B-1000 Brussel. E-mail: jurgen.vanpraet@vlaanderen.be

Vanquichelberghe Véronique, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: veronique.vanquichelberghe@rug.ac.be

Vanreusel Ann, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: ann.vanreusel@rug.ac.be

Vansteenkiste Hugo, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Venus Danny, AGALEV, Kouterstraat 25, B-8650 Merkem. E-mail: danny.venus@agalev.be

Verfaillie Els, studente MARELAC, Universiteit Gent (RUG)

Vermandel Patrick, Gemeentebestuur Oostende, Havendienst, Slijkensesteenweg 1, B-8400 Oostende. E-mail: vermandel.patrick@wanadoo.be

Vermeersch Leen, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Scheepvaartbegeleiding, Doverlaan 7 bus 1, B-8380 Zeebrugge. E-mail: leen.vermeersch@lin.vlaanderen.be

Vermeir Dierik, ALSIC bvba, Raveschootstraat 15, B-9000 Gent. E-mail: dierik.vermeir@alsic.be

Verslycke Tim, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Toegepaste Ecologie en Milieubiologie, Onderzoeksgroep voor Milieutoxicologie, Jozef Plateaustraat 22, B-9000 Gent. E-mail: tim.verslycke@rug.ac.be

Verwaest Toon, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: toon.verwaest@lin.vlaanderen.be

Vincx Magda, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: magda.vincx@rug.ac.be

Volckaert Annemie, Universiteit Gent (RUG), Vakgroep Biologie, Afdeling Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat 35, B-9000 Gent. E-mail: Annemie.Volckaert@rug.ac.be

Warnier Franky, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust (Zeebrugge), District Haven Zeebrugge, Rederskaai 50, B-8380 Zeebrugge. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be

Willaert Marleen, Horizon Educatief vzw, Voorhavenlaan 85, B-8400 Oostende. E-mail: marwil@online.be

Willems Marc, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout. E-mail: watlab@lin.vlaanderen.be

Zwaenepoel Carlos, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap AWZ-AWK, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterwegen Kust, Administratief Centrum, Vrijhavenstraat 3, B-8400 Oostende. E-mail: waterwegen\_kust@lin.vlaanderen.be