

## De invloed van geluidspollutie op zeezoogdieren

### *Impact of noise pollution on sea mammals*

<sup>1</sup>M. Doom, <sup>1</sup>P. Cornillie, <sup>2</sup>I. Gielen, <sup>3</sup>J. Haelters.

<sup>1</sup>Vakgroep Morfologie,

Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Gent, Salisburylaan 133, B-9820 Merelbeke

<sup>2</sup>Vakgroep Medische Beeldvorming van de huisdieren en Orthopedie van de Kleine Huisdieren,  
Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Gent, Salisburylaan 133, B-9820 Merelbeke

<sup>3</sup>Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN/RBINS) - OD Natuur  
3de en 23ste Linieregimentsplein  
B-8400 Oostende

Marjan.Doom@UGent.be

*“Delphinum audire manifestum est; nam et cantu mulcentur et capiuntur attoniti sono; quam audiant, mirum.”* Plinius,  
*Naturalis Historia*

Vertaling: *‘Het is duidelijk dat dolfinen kunnen horen. Want ze worden zowel gesust door gezang als verbijsterd verleid door geluid. Hoe ze dan horen, is me een raadsel.’\**

## SAMENVATTING

Miljoenen jaren geleden migreerden de voorouders van de huidige walvissen (Cetacea) van zee naar land. Deze evolutionaire gebeurtenis vergde ingrijpende morfologische aanpassingen. Voorpoten veranderden in flippers, achterpoten werden rudimentair en de neusgaten verplaatsten zich naar dorsaal op de schedel om als spuitgat te fungeren. Ook de zintuigen ondergingen drastische adaptaties. Gezien het zicht op grote diepte en in troebel water zeer beperkt is, rekenen walvissen op andere zintuigen dan het zicht om te navigeren, foerageren, jagen, communiceren met soortgenoten, etc. De productie en perceptie van geluidsgolven werden cruciaal voor het voortbestaan van deze wonderbaarlijke schepselen van de zee. Sommige soorten ontwikkelden zelfs echolocatie, gebaseerd op de natuurkundige principes van de geluidsleer, als bijkomend hulpmiddel om obstakels onder water te lokaliseren. Het spreekt voor zich dat elke verstoring van het gehoormechanisme levensbedreigend kan zijn voor deze dieren. Onderzoek naar het effect van geluidspollutie door menselijke activiteit op het mariene leven vraagt een multidisciplinaire aanpak. Een accurate berichtgeving van deze onderzoeksresultaten aan de beleidsmakers is cruciaal om de meest kwetsbare walvisachtigen te beschermen.

## ABSTRACT

The ancestors of the current whale species (Cetacea) migrated from land to sea millions of years ago. Obviously, this evolutionary movement demanded some radical morphological adjustments. Forelegs changed into flippers, the hind legs became rudimentary, and the nostrils moved dorsally on the skull to function as a blowhole. The sense organs also underwent drastic adaptations. Since visibility is very limited at great depth, whales have to depend on senses other than sight to navigate, forage, hunt, communicate with conspecifics, etc. The production and perception of sound waves became crucial for the survival of these magnificent marine creatures. Some species even developed echolocation as an additional tool based on the physical principles of acoustics to locate obstacles under water. It goes without saying that any disturbance of the acoustic mechanisms may be life-threatening for these animals. Research on the effects of human-caused noise pollution on marine life demands a multidisciplinary approach. An accurate report of these research results to policymakers is necessary in order to protect the most vulnerable cetaceans.

\* Uit Plinius' *Naturalis Historia*, Liber XI caput 54 In: Reysenbach de Haan F.W. (1956). *De Ceti Auditu* (Hearing in Whales), *Acta Oto-Laryngologica: Supplementum*, 134, 1-114. Vertaald door Mathilde De Moor



**Figuur 1 en 2.** Onderzoekers (verbonden aan het KBIN, de Universiteit van Luik en de Vakgroep Morfologie van de Faculteit Diergeneeskunde (UGent)) aan het werk bij de gestrande potvis (Theofiel) te Heist, februari 2012 (Foto: KBIN; Vakgroep Morfologie, UGent).

## INLEIDING

Zo'n 55 miljoen jaar geleden migreerde de voorouder van de huidige walvissen (Cetacea) naar een nieuwe habitat, de zee. Deze voorouder was een op het land levend hoefdier. Walvissen zijn dus evolutionair nauwer verwant aan bijvoorbeeld runderen dan aan andere in de zee levende zoogdieren, zoals zehonden. Meer nog: van alle nog levende landdieren is momenteel het nijlpaard het nauwst aan walvissen verwant (Gatesy, 1997). Het spreekt voor zich dat de evolutie haar werk heeft gehad met functioneel morfologische aanpassingen aan het leven onder water, een proces van miljoenen jaren. Voorpoten moesten omgevormd worden tot flippers, achterpoten gingen verloren en als je boven water moet in- en uitademen zijn neusgaten net iets handiger bovenop de kop (spuitgat) dan vooraan op de snoet. Omdat het onder water vanaf een bepaalde diepte pikdonker is en omdat het vaak zo troebel is dat niets te zien is, is het gehoor van walvissen sterk ontwikkeld. Er werd een systeem uitgebouwd voor het onder water

navigeren, communiceren en het voedsel zoeken. Het gehoor van walvissen werd aldus uitgebouwd tot hun best ontwikkelde zintuig (Berta et al., 2006).

Walvissen blijven voor wetenschappers op vele vlakken een mysterie. Het zijn dan ook niet de meest toegankelijke en gemakkelijk te onderzoeken diersoorten. Maar dit verklaart misschien deels ook hun aantrekkingskracht. Observaties in de zee zijn niet evident, dieren die in gevangenschap worden gehouden niet representatief. Morfologische studies moeten zich veelal beperken tot kadavers van gestrande dieren die niet altijd even "vers" zijn. Komt daarbij dat voor vele soorten uit deze orde van zoogdieren een grijpkraan nodig is voor de dissectie. De anatomische studies zijn dan ook gering in aantal en beperken zich noodgedwongen tot beschrijvende gegevens en hypothetische functionaliteiten (Figuur 1 en 2).

Gezien de vaak bedreigde status van deze prachtige dieren is onderzoek echter cruciaal. Het spreekt voor zich dat walvisjacht (Figuur 3) en vervuiling vele soorten tot de rand van verdwijnen hebben gedreven. In de 21<sup>e</sup> eeuw is alvast een eerste trieste uitsterven van een walvisachtige in historische tijden te melden. De Yangtze-rivierdolfijn (*Lipotes vexillifer*) is niet meer. Chemische en akoestische vervuiling van zijn leefgebied en overbevissing zijn deze unieke diersoort fataal geworden (Turvey et al., 2007).

Maar ook andere, op het eerste zicht minder voor de hand liggende invloeden van de mens zouden deze zeezoogdieren wel eens kunnen bedreigen. Om dat te begrijpen en dus potentieel te voorkomen is meer inzicht in de zintuigelijke waarnemingen van walvissen nodig. Zintuigen -en wat walvissen betreft zeker het gehoor- spelen immers een centrale rol in tal van levensnoodzakelijke processen, zoals voortplanting, jacht en oriëntatie.



**Figuur 3.** Nederlandse walvisvaart in de 17e eeuw. Schilderij van Abraham Storck, Rijksmuseum Amsterdam ([http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abraham\\_Storck\\_-\\_Walvisvangst.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abraham_Storck_-_Walvisvangst.jpg)).

## MORFOLOGIE

Algemeen wordt gesteld dat de mens in staat is geluidfrequenties tussen 20Hz en 20.000Hz waar te

nemen. Zeezoogdieren produceren frequenties die ver buiten de reikwijdte van het menselijk gehoor vallen, zowel onder (infrasoona) als boven (ultrasona) die drempelwaarden. Geluid gedraagt zich anders in water dan in lucht. De geluidssnelheid onder water is ongeveer vijfmaal sneller dan in de lucht en is afhankelijk van de watertemperatuur en de saliniteit. Sommige soorten gebruiken deze verhoogde geluidssnelheid in hun voordeel, als compensatie voor de verminderde transmissie van licht en dus zichtbaarheid onder water, via een systeem van echolocatie. Om de anatomische aanpassingen aan horen onder water te kunnen duiden, wordt eerst dieper ingegaan op het gehoor van landdieren (Berta et al., 2006).

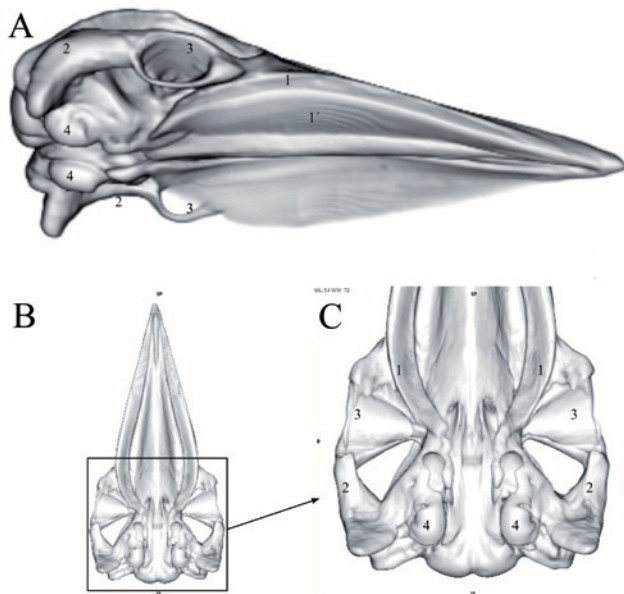
De anatomie en werking van het gehoor van landdieren zijn goed bekend. Het oor bestaat functioneel en morfologisch uit drie entiteiten, namelijk het buitenoor (oorschelp en gehoorgang), het middenoor (trommelholte met gehoorbeentjes) en het binnenoor (slakkenhuis en evenwichtsorgaan). Het buitenoor omvat een oorschelp die geluidsgolven opvangt en deze via de gehoorgang geleidt naar het middenoor. Het midden- en binnenoor van landdieren zitten stevig verankerd in het rotsbeen dat deel uitmaakt van de schedel. Buiten- en middenoor worden van elkaar gescheiden door het trommelvlies dat trilt onder invloed van de opgevangen geluidsgolven en dat de trilling transporteert naar het binnenoor. In de met lucht gevulde en volledig beenderig omsloten trommelholte (bulla tympanica) bevindt zich een keten van drie gehoorbeentjes (hamer, aambeeld en stijgbeugel). De geluidstrillingen worden langs de keten geleid en versterkt. Via de buis van Eustachius (tuba auditiva) staat het middenoor in verbinding met de keel, waardoor de druk in deze ruimte regelbaar is. De stijgbeugel sluit aan op het ovale venster (fenestra vestibuli), de toegang tot het slakkenhuis (cochlea). Trillingen van de gehoorbeentjes zetten zo op hun beurt de vloeistof in de cochlea (endolymfe) in beweging. Rijen van duizenden sensorische haarcellen liggen ingebed in een ligament dat opgenomen is in het slakkenhuis (de basilaire membraan) (Barone, 2010). Dit neuro-epitheel van de cochleawand wordt het orgaan van Corti (organum spirale) voor geluidsperceptie genoemd. Wanneer het ligament beweegt, buigen de ciliën van de haarcellen om, wat een signaal in gang zet. Elke haarcel is namelijk verbonden met een zenuwvezel en al deze zenuwvezels bundelen zich in de gehoorzenuw (nervus cochlearis). Die zenuw transporteert het signaal naar de hersenen. Bij het gehoororgaan bevindt zich ook het evenwichtsorgaan (of vestibulair systeem) dat bestaat uit drie halfcirckelvormige kanalen (canales semicirculares) en de otolietorganen (sacculus en utriculus). De kanalen registreren voornamelijk draaibewegingen. De otolietorganen geven informatie over de positie van het hoofd in de ruimte en over lineaire versnellingen. De cochlea en het vestibulair systeem worden samen het labrynt genoemd (Samuelson, 2007; Barone, 2010).



**Figuur 4. Linker en rechter tympano-periotisch complex van een tuimelaar. De wand van de trommelholte krult weliswaar naar binnen maar omsluit de holte niet volledig. De trommelholte is aldus geen volledig beenderig omsloten ruimte, dit in tegenstelling tot landdieren (Collectie Museum Morfologie, Faculteit Diergeneeskunde UGent).**

De huidige orde van de walvissen kan worden onderverdeeld in twee suborden: de tandwalvissen (Odontoceti) en de baleinwalvissen (Mysticeti). Beide hebben een uiterst verfijnd, aangepast gehoorapparaat voor de detectie van geluid onder water. Sommige aanpassingen zijn gemeenschappelijk, zoals het evolutionair verlies van een oorschelp, een sterk gereduceerde diameter van de uitwendige gehoorgang en relatief kleine semicirculaire kanalen. De buis van Eustachius heeft een robuustere wand om het dichtklappen ten gevolge van stijgende druk op grotere diepte te voorkomen (Ketten, 1997). Andere aanpassingen zijn specifiek voor elke suborde.

Het gehoorapparaat van tandwalvissen is het best in kaart gebracht, hoewel vaak onderzocht op kleine soorten die in gevangenschap worden gehouden. Deze dieren vangen niet langer geluidsgolven op via een uitwendige gehoorgang maar via de kin. Die trillingen worden vervolgens via speciaal vetweefsel (akoestisch vet) langsheen de onderkaak naar het middenoor geleid (Yamato et al., 2012). Bij deze soorten wordt de gehoorgang wel nog aangelegd, maar hij staat niet meer in verbinding met het trommelvlies en wordt als rudimentair beschouwd. Midden- en binnenoor worden niet in een gesloten trommelholte gehuisvest, maar in een open complex, het tympano-periotisch complex (Figuur 4). Bij de meeste tandwalvissen heeft dit complex geen substantieel beenderige verbinding meer met de schedel. Het is daarentegen opgehangen door middel van ligamenten in een met lucht gevulde ruimte, waardoor elk oor geïsoleerd is van trillingen afkomstig van de schedel en van het andere oor. Hierdoor is het gemakkelijker de richting te detecteren van waaruit het geluid is ontstaan. Dit is cruciaal voor echolocatie. De basilaire membraan is dikker en stijver, waarschijnlijk om de gevoeligheid voor hoogfrequente geluiden te verbeteren. Waarom het evenwichtsorgaan relatief zo klein is bij deze dieren, is onduidelijk. Er bestaat enorm veel



**Figuur 5.** Bovenschedel van een dwergvinvis (aangespoeld in Nieuwpoort februari 2013). Driedimensionale reconstructie van de computertomografische studie van de bovenschedel. **A.** Rechter schuin zijaanzicht; **B.** Onderaanzicht; **C.** Detail onderaanzicht zoals aangeduid in B. 1. Bovenkaakbeent met baleinen (1), 2. jukboog, 3. oogkas, 4. tympano-periotisch complex (CT-MR-unit, Medische Beeldvorming van de Huisdieren en Orthopedie van de Kleine Huisdieren, Faculteit Diergeneeskunde, UGent).

morfologische variatie in het binnen- en middenoor tussen tandwalvissoorten, wat het onderzoek er niet op vergemakkelijkt. Over hoe deze structuren precies functioneren, bestaat voorlopig geen consensus (Ketten, 1997; Ketten, 2012).

Baleinwalvissen blijven een nog groter mysterie en zijn minder onderzocht. Hun gehoorgang is nauw en gevuld met celdebris en oorsmeer. De discussie blijft bestaan of de gehoorgang wel of geen functie heeft (Yamato et al., 2012). Het trommelvlies puilt vingervormig uit in de gehoorgang. Op deze uitpuiling staat een kegelvormige plug die tot één meter lang kan worden en samengesteld is uit afgestorven cellen. De plug bevat groeilagen en wordt daarom vaak gebruikt voor de leeftijdsbepaling; men is het er echter niet over eens hoeveel lagen per jaar afgezet worden (Berta et al., 2006). Hoe geluidsgolven vanuit het water worden getransporteerd naar het midden- en binnenoor blijft voorlopig een raadsel en voer voor onderzoek (Figuur 5).

## ECHOLOCATIE

Het actief gebruik van geluidsgolven in de detectie van prooi en obstakels wordt echolocatie genoemd. Het is een uiterst gespecialiseerd extra zintuig van tandwalvissen. Bij echolocatie worden kortstondige midden- tot hoogfrequente geluidssignalen (kliks) gegenereerd. Wanneer de geluidsgolven terugkaatsen op

een obstakel ontstaan echo's die informatie meedragen over de grootte, de afstand, de bewegingssnelheid en zelfs de structuur van het obstakel (Ketten, 1998). Om de geluidsgolven te bundelen en accuraat te richten, hebben tandwalvissen op het voorhoofd een bolvormig orgaan. Dit orgaan, de meloen genaamd, bestaat uit vetten die fungeren als een akoestische lens (Cranford et al., 1996) (Figuur 6).

Baleinwalvissen lijken geen echolocatie te gebruiken. Wel zouden ze geluidsgolven met lage frequentie uitzenden om te navigeren tijdens hun lange migratietochten (Markensteijn, 2005).

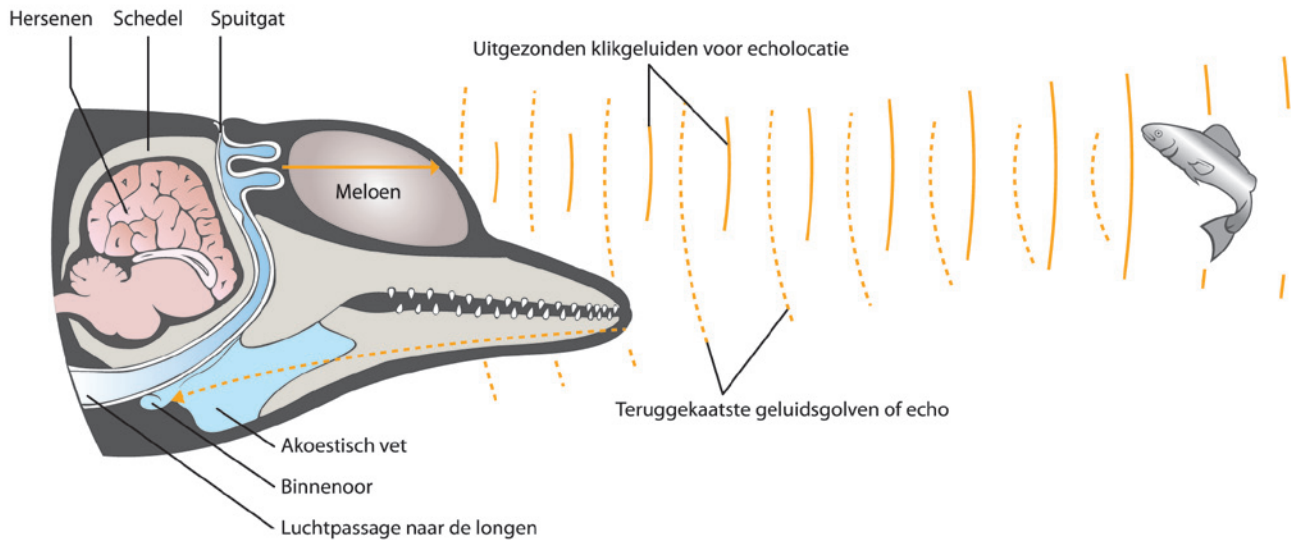
## GELUIDSPOLLUTIE

Hoewel Jacques-Yves Cousteau de wereld onder water in de eerste film met onderwatercinematografie (1956) beschreef als "Le monde du silence", is het er in tegendeel alles behalve stil. Toen de eerste microfoons in het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw in de oceanen werden neergelaten, werd een kakofonie van geluid afkomstig van golven, schurend zand en stenen, allerhande zeedieren en menselijke activiteiten geregistreerd. Zeezoogdieren dragen trouwens een behoorlijk steentje bij tot het onderwatergeluid. De fascinerende klik- en fluitsignalen van dolfinen heeft iedereen al wel eens gehoord. Het gezang van de bultrug (*Megaptera novaeangliae*) kan lyrisch worden genoemd. Elke soort heeft haar unieke set aan geproduceerde klanken. Zeezoogdieren vocaliseren om uiteenlopende doeleinden, zoals communicatie met soortgenoten, het lokaliseren van prooi, oriëntatie en navigatie. Sommige onderzoekers suggereren zelfs het gebruik van geluid (door de tuimelaar, potvis en orka) om prooi te verzwakken of te desoriënteren, om zich te verdedigen of om soortgenoten te intimideren (Norris en Mohl, 1983; Herzing, 2004). Gezien het prominent belang van dit zintuig voor zeezoogdieren kan omgekeerd ook gesteld worden dat met behulp van akoestische technieken vele facetten van het leven van deze dieren (sociale interactie, beweging, jacht, etc.) kunnen worden bestudeerd (Au en Hastings, 2008).

De laatste decennia is er echter een sterke toename in het aantal antropogene geluidsbronnen onder water, afkomstig van scheepvaart, de constructie van windparken of olie- en gaswinning (Haelters et al., 2012). Veel menselijke activiteit op zee, zoals visserij (fishfinders) en defensie (actieve SONAR), gebruikt daarenboven doelbewust emissie van geluidsgolven van variabele frequentie en intensiteit.

De vraag dringt zich op in welke mate antropogeen geluid schade kan veroorzaken aan het gehoor- en evenwichtsorgaan van walvissen (Parsons et al., 2008). Het is in deze optiek ook van groot belang om van gestrande dieren het gehoorapparaat te onderzoeken en stalen te nemen. Dit zowel in het geval van het vermoeden van een akoestisch trauma als voor het verzamelen van referentiemateriaal.

De stranding van een walvis impliceert uiteraard niet automatisch een menselijke oorzaak. De meeste



**Figuur 6. Echolocatie (naar Hickman et al., 2011).**

strandings van walvissen hebben een natuurlijke achtergrond, ziekte, desoriëntatie of storm. Men spreekt van een massastrandings wanneer meer dan twee dieren binnen een beperkt gebied langs de kustlijn en binnen een beperkte tijdsperiode stranden (Fernández et al., 2005). Van bepaalde soorten zoals, potvissen, grienden en zwarte zwaardwalvissen, zijn massastrandings bekend. De oorzaak is meestal natuurlijk (groepsgevoel, ziekte van één of enkele dieren van de groep, het verdwalen van een kudde dieren in gevaarlijke ondiepe wateren). Bij andere soorten, waarbij massastrandings nauwelijks voorkomen, rijst de verdenking dat menselijke invloeden een rol spelen.

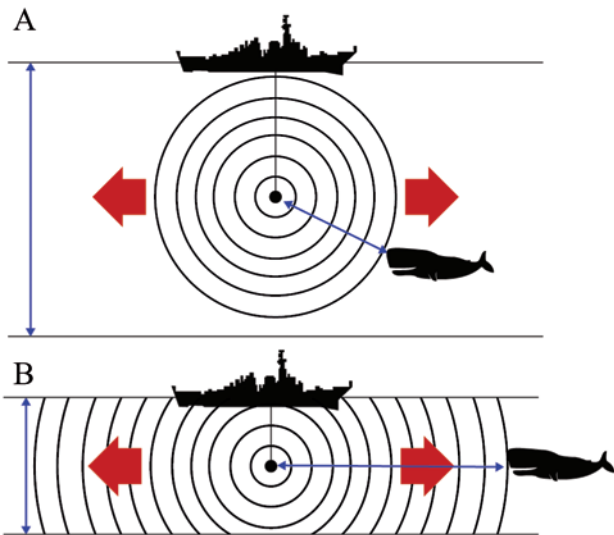
In maart 2000 voerde de US Navy routine-trainingssessies uit met een bepaald type actieve SONAR (MFAS) in de Bahama's. Binnen de 36 uur strandden 17 walvissen, voornamelijk spitsnuitdolfijnen (*Ziphiidae*), diep duikende en zelden waargenomen dieren. Tien dieren konden worden teruggeduwd in de zee, maar hun verdere lot blijft onbekend. Zeven stierven op het strand. Deze gebeurtenis opende de wereldwijde discussie over antropogene geluidsoverlast op marien leven. Het zou te kort door de bocht zijn om te stellen dat de dolfijnen stierven door een "blast" van de sonar. De autopsie leek aan te tonen dat de dieren gestorven waren als een direct gevolg van de strandings, niet van de SONAR. Verder waren op dat moment ook andere zeezoogdieren in de buurt die niet strandden.

Anderzijds vond men tijdens de lijkschouwing bloedingen in de vetkussens langsheen de onderkaak (waarlangs de geluidsgolven worden getransporteerd, zie supra) en in de buurt van het oor en de hersenen. De relevantie en betekenis van deze letsels bleven echter een vraagteken (Fernández et al., 2005; Ketten, 2012).

Later werden bij andere massastrandings onder gelijkaardige omstandigheden (Griekenland, Canarische

eilanden, Madeira) naast de hoger beschreven letsels bij autopsie ook vet- en gasbollen gevonden (Fernández et al., 2005). Letsels typisch geassocieerd met decompressieziekte, zoals duikersziekte of caissonziekte. Tijdens het duiken stijgt de druk, waardoor stikstof beter oplost in het bloed. Bij de terugkeer naar het wateroppervlak daalt de druk en kunnen er stikstof belletjes gevormd worden in de bloedbaan. Wanneer de drukdaling te snel verloopt, krijgen de longen niet de tijd het gas af te voeren, waardoor de gasbellen de bloedbaan kunnen verstoppen (embolie). Embolien die de bloedtoevoer naar vitale organen, zoals de hersenen, verhinderen, kunnen fataal zijn. Walvissen hebben longen en zijn dus gevoelig voor deze aandoening. Opnieuw heeft de evolutie een aantal ingenieuze aanpassingen voorzien waardoor walvissen kunnen duiken met een relatief laag risico op deze pathologie, onder meer door de vorming van uitgebreide bloedvatnetwerken (wondernetten of retia mirabilia) die de bloedvoorziening naar de vitale organen garanderen (Blix et al., 2013). Verder kunnen walvislongen collabereren op grotere dieptes. De ribben bevatten gewrichtjes waardoor de borstkas als een blaasbalg platgedrukt kan worden. De resterende lucht in de longen wordt namelijk tijdens het duiken naar de luchtpijp en bronchen geperst, waar geen gasuitwisseling met de bloedbaan mogelijk is. Bij nog grotere diepte en hogere druk collabereren de longen waardoor het gasuitwisselingsoppervlak (de longblaasjes) wordt afgesloten van de stikstof- en zuurstofrestant in de luchtwegen die minder onderhevig zijn aan drukcompressie omwille van een stevigere kraakbeenwand (Ketten, 1997; Fernández et al., 2005).

De invloed van SONAR kan tweërlei zijn. SONAR zou het normaal duikgedrag kunnen beïnvloeden. Een te snelle terugkeer naar het wateroppervlak geeft het gas niet voldoende tijd om naar de longen te diffunderen met embolie tot gevolg (Tyack et al., 2006). Anderzijds kan de blootstelling aan SONAR



**Figuur 7.** De verspreiding van het geluid onder water is afhankelijk van de diepte van het water. **A.** In zeeën dieper dan 200m verspreidt het geluid zich naar buiten met sferische (geometrische) golven. De intensiteit van het geluid is omgekeerd evenredig aan de afstand tot de geluidsbron. **B.** In ondiepe zeeën zoals de Noordzee treedt cilindrische spreiding op, doordat het geluid wordt gereflecteerd of wordt gebroken door het wateroppervlak of de zeebodem. Geluid dat gegenereerd wordt in ondiepe kustwateren of estuaria kan zo tweemaal de afstand afleggen als hetzelfde geluid in open water (Naar Markensteijn, 2005).

repetitieve ondiepe duiken in plaats van één enkele diepe afdaling induceren (Tyack et al., 2006). Indien de diepte waarop de longen collabereren niet wordt bereikt, maar de druk in de weefsels wordt opgebouwd, stijgt het risico op decompressieziekte. Een andere hypothese stelt dat geluidsgolven met een bepaalde frequentie microscopische gasbellen in het bloed kunnen destabiliseren en aanzetten tot de absorptie van opgelost gas uit de bloedstroom. Deze bellen zouden zo een grootte bereiken die voor problemen kan zorgen (Fernández et al., 2005).

Naast de rechtstreekse impact van antropogeen

onderwatergeluid valt op langere termijn de onrechtstreekse overlast van subletaal geluid niet te onderschatten. Zo kunnen walvissen bepaalde zones met teveel lawaai gaan vermijden, waardoor ze in suboptimale habitats terechtkomen met minder geschikte prooien (Harwood, 2001). De verstoring van de communicatie tussen deze dieren kan het jachtgedrag hinderen, moeders kunnen gescheiden raken van hun jong, predatoren kunnen mogelijk niet tijdig worden opgemerkt en de belemmering van de navigatie kan leiden tot desoriëntatie (Markensteijn, 2005). De invloed van stress door geluidsoverlast op lange termijn is al helemaal een vraagteken (Parsons et al., 2008).

### GELUIDSPOLLUTIE IN DE NOORDZEE

De Noordzee is een ondiepe zee, wat gevolgen heeft voor de voortplanting van geluidsgolven. Geluid gegenereerd in ondiepe kustwateren kan tot tweemaal de afstand afleggen als hetzelfde geluid in open wateren, omdat de geluidsgolven reflecteren of gebroken worden door zeebodem en het wateroppervlak. Geluid kan zo langer blijven rondzinderen (Markensteijn, 2005) (Figuur 7).

Baleinwalvissen vertoeven over het algemeen in oceanen ver van de dicht bewoonde kustzones en zijn zeldzaam in ondiepe zeeën, zoals de Noordzee. De enige baleinwalvis die er inheems is, is de dwergvinvis (*Balaenoptera acutorostrata*), maar die komt vooral voor in het centrale en noordelijke deel van de Noordzee. De meest voorkomende tandwalvis is de bruinvis (*Phocoena phocoena*), een kleine dolfijnsoort (maximumlengte 1m 80) die -anders dan zijn naam doet vermoeden- grijs is (Figuur 8). Bruinvissen zijn geen diepe duikers en worden onder andere ook in de Oosterschelde aangetroffen. Witsnuitdolfijnen (*Lagenorhynchus albirostris*) komen in de Noordzee voor maar blijven verder van de kustlijn af en worden dus minder frequent gesignaleerd. Tuimelaars (*Tursiops truncatus*) zijn in de Noordzee vrijwel uitgestorven en worden slechts nog occasioneel waargenomen. Andere soorten kunnen als dwaalgasten tijdens migra-



**Figuur 8.** Bruinvis aangespoeld aan de Belgische kust (Foto: KBIN).



**Figuur 9.** Hei-activiteiten in de Noordzee (Foto: KBIN).

ties accidenteel in de Noordzee terechtkomen (Camp-huysen en Peet, 2006).

Het aantal offshore-windparken in de Noordzee is gedurende het laatste decennium spectaculair toegenomen en het aantal nieuwe constructies dat gepland wordt in de komende decennia is indrukwekkend. Er heerst vooral bezorgdheid over de impact van de constructie van deze parken op zeezoogdieren en meer in het bijzonder tijdens het heien van de palen (Figuur 9). Hei-activiteiten genereren immers hoge geluidsniveaus en bruinvissen blijken bijzonder gevoelig voor geluidsoverlast (Haelters et al., 2012).

Een studie uitgevoerd in 2011 tijdens de constructie van het windpark op de Thorntonbank in de Noordzee toonde aan dat bruinvissen verdreven werden uit een ruim gebied rond de heillocatie (tot op een afstand van meer dan 20 km) (Haelters et al., 2012). Het duurde uren tot dagen na het stoppen van het heien voor opnieuw bruinvissen in de buurt van het windpark werden waargenomen. Welke impact dit dan precies op de gezondheid van deze dieren heeft, is moeilijk te evalueren. Echter, gezien zijn relatief beperkte opslagcapaciteit aan energie moet een bruinvis elke dag eten en dus kan vermoed worden dat deze activiteiten op zijn minst de algemene conditie van deze dieren beïnvloeden. Dieren die worden verstoord, jagen immers minder efficiënt en de kans bestaat dat ze worden gedreven naar zones waar minder prooi beschikbaar is (Haelters et al., 2012).

## REGELGEVING

In België zijn alle zeezoogdieren beschermd. Het spreekt voor zich dat internationale samenwerking noodzakelijk is om het mariene milieu te beschermen. De federale overheidsdienst leefmilieu, onder het voogdijchap van de minister verantwoordelijk voor de Noordzee, staat hiervoor in. Wetenschappelijke adviezen met betrekking tot zeezoogdieren worden verleend door het Koninklijk Belgische Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN). Het KBIN staat ook in voor de monitoring van de mate waarin België zijn engagementen naleeft in de internationale milieuconventies en wettelijk bindende fora, zoals de Europese Richtlijnen, waar de bescherming van zeezoogdieren op de agenda staat. De belangrijkste fora waar de bescherming van zeezoogdieren aan bod komt, zijn:

- De OSPAR-conventie ingesteld voor de bescherming van het mariene milieu in de Noordoost Atlantische oceaan;

- Het verdrag inzake de bescherming van kleine walvisachtigen in de Baltische Zee, de Noordzee, de Ierse Zee en de aansluitende Atlantische Oceaan (AS-COBANS);

- De Europese Commissie, waarin een aantal richtlijnen van toepassing zijn op walvisachtigen (Habitatrichtlijn, Kaderrichtlijn Mariene Strategie, bepaalde aspecten van de Gemeenschappelijke Visserijpolitiek).

- Verder is België ook lid van de Internationale Walvisvaartcommissie, opgericht in 1946 voor de regulering van de walvisvaart, maar tegenwoordig zeer actief op het vlak van milieubescherming.

In België gebeurt de monitoring van walvisachtigen via observaties vanuit de lucht (door het KBIN), vanaf schepen (door het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek), en door middel van verankerde passieve akoestische toestellen (door het KBIN). Verder coördineert het KBIN ook het onderzoek van gestrande zeezoogdieren aan de Belgische kust. Teams van de Faculteit Diergeneeskunde van Luik en Gent staan respectievelijk in voor de autopsie en het morfologisch onderzoek en de bewaring van het skelet of skeletonderdelen. Alle verzamelde data worden geregistreerd en bijgehouden, weefsels worden bewaard in een weefseldatabank.

## CONCLUSIE

Hoewel studies ontegensprekelijk een invloed van antropogeen geluid op het mariene leven aantonen, blijven heel wat vragen open rond acute, traumatische effecten van onderwatergeluid op walvisachtigen. Het is nog moeilijker om de subletale effecten van chronische blootstelling aan onderwatergeluid vast te stellen en te evalueren. Positief is dat onderwatergeluid steeds vaker beschouwd wordt als een belangrijke vorm van vervuiling, onder meer in de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie. Dit zorgt voor een duidelijke wil om antropogeen onderwatergeluid te vermijden en te beperken, en vormt een duidelijke aanmoediging om meer onderzoek en monitoring uit te voeren.

Multidisciplinair onderzoek, waarin dierenartsen, biologen en wetenschappers gespecialiseerd in akoestiek samenwerken, en een accurate doorstroming van onderzoekresultaten naar beleidsmakers zijn noodzakelijk.

## DANKBETUIGING

De auteurs wensen Alexander Jonckheere, graficus van het Museum voor de Geschiedenis van de Wetenschappen (UGent) te bedanken voor zijn excellent grafisch werk, en Bart Depauw (Vakgroep Morfologie, Faculteit Diergeneeskunde, UGent) voor de fotografie.

## REFERENTIES

- Au W.W.L., Hastings M.C. (2008). In: Beyer R.T., Hartmann W. (Editors). *Principles of Marine Bioacoustics*. Springer Science, New-York.
- Barone R. (2010). Oreille (organe vestibulo-cochleaire). In: Barone R., Simoens P. (Editors). *Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques*. Tome 7, Editions Vigot, Paris, 727- 806.
- Berta A., Sumich J.L., Kovacs K.M. (2006). Sound production for communication, echolocation and prey capture. In: Berta A., Sumich J.L., Kovacs K.M. (Editors).

- Marine Mammals. Evolutionary Biology*. Second edition. Elsevier, San Diego, 270-311.
- Blix A.S., Walloe L., Messelt E.B. (2013). On how whales avoid decompression sickness and why they sometimes strand. *The Journal of Experimental Biology* 216, 3385-3387.
- Camphuysen C.J., Peet G.H. (2006). *Whales and Dolphins of the North-Sea*. Fontaine Uitgevers BV, 's Graveland, Nederland.
- Cranford T.W., Amundin M., Norris K.S. (1996). Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. *Journal of Morphology* 228 (3), 223-285.
- Fernández A., Rodríguez F., Espinosa de los Monteros A., Herráez P., Castro P., Jaber J.R., Arbelo M. (2005). Gas and fat embolic syndrome involving a mass stranding of beaked whales (family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology* 42(4), 446-457.
- Gatesy J. (1997). More DNA support for a Cetacea/Hippopotamidae clade: the blood-clotting protein gene gamma-fibrinogen. *Molecular Biology and Evolution* 14 (5), 537-543.
- Haelters J., Van Roy W., Vigin L., Degraer S. (2012). The effect of pile driving on harbour porpoises in Belgian waters. In: Degraer S., Brabant R., Rumes B. (Editors). *Offshore Windfarms in the Belgian Part of the North Sea: Heading for an Understanding of Environmental Impacts*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, 127-143.
- Harwood J. (2001). Marine mammals and their environment in the twenty-first century. *Journal of Mammalogy* 82(3), 630-640.
- Herzing D. L. (2004). Social and Nonsocial Uses of Echolocation in Free-Ranging *Stenella frontalis* and *Tursiops truncatus*. In: Thomas J.A., Moss C.F., Vater M. (Editors). *Echolocation in Bats and Dolphins*. Chicago University Press, Chicago, 404-413.
- Hickman C.P., Roberts L.S., Keen S.L., Eisenhour D.J., Larson A., l'Anson H. (2011). Mammal. In: Hickman C.P., Roberts L.S., Keen S.L., Eisenhour D.J., Larson A., l'Anson H. (Editors). *Integrated Principles of Zoology*. Fifteenth edition, McGraw-Hill International edition, 617- 646.
- Ketten D.R. (1997). Structure and function in whale ears. *Bioacoustics* 8, 103-135.
- Ketten D.R. (1998). Marine mammal auditory systems: a summary of audiometric and anatomical data and its implications for underwater acoustic impact. *NOAA Technical Memorandum NMFS*.
- Ketten D.R. (2012). Marine mammal auditory system noise impacts: evidence and incidence In: Popper A.N., Hawkins A. (Editors). *The Effects of Noise on Aquatic Life. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Springer Science, New-York, 207-212.
- Markensteijn C. (2005). De mogelijke effecten van antropogeen geluid op zeezoogdieren in de Noordzee. *Ministerie van Verkeer en Waterstaat*. Den Haag.
- Norris K.S., B. Mohl (1983). Can Odontocetes debilitate prey with sound? *The American Naturalist* 122, 85-104.
- Parsons E.C.M., Dolman S.J., Wright A.J., Rose N.A., Burns W.C.G. (2008). Navy sonar and cetaceans: just how much does the gun need to smoke before we act? *Marine Pollution Bulletin*, 1248-1257.
- Samuelson D.A. (2007). Eye and ear. In: Samuelson D.A. (Editor). *Textbook of Veterinary Histology*. Saunders Elsevier, Missouri, 487-524.
- Turvey S.T., Pitman R.L., Taylor B.L., Barlow J., Akamatsu T., Barrett L.A., Zhao X., Reeves R.R., Stewart B.S., Wang K., Wei Z., Zhang X., Pusser L.T., Richlen M., Brandon J.R., Wang D. (2007). First human-caused extinction of a cetacean species? *Biology Letters* 3(5), 537-540.
- Tyack P.L., Johnson M., Soto N.A., Sturlese A., Madsen P.T. (2006). Extreme diving of beaked whales. *The Journal of Experimental Biology* 209, 4238-4253.
- Yamato M., Ketten D.R., Arruda J., Cramer S., Moore K. (2012). The auditory anatomy of the minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*): a potential fatty sound reception pathway in a baleen whale. *The Anatomical Record* 295(6), 991-998.

## Persbericht

### Innovatie van Merial: honden vaccineren tegen de ziekte van Lyme (Borreliose) met MERILYM 3

Merial introduceert **MERILYM 3**, het eerste vaccin dat honden beschermt tegen 3 *Borrelias*soorten: *Borrelia burgdorferi sensu stricto*, *Borrelia afzelii* en *Borrelia garinii*.

Lyme-borreliose is de meest voorkomende vectorovergedragen infectie van het Noordelijk halfrond en wordt veroorzaakt door ziekteverwekkende soorten van de spirocheet *Borrelia burgdorferi sensu lato*. In Europa wordt deze infectie voornamelijk overgebracht door de tekensoort *Ixodes ricinus*. Onder de huidige 18 bekende soorten van *Borrelia burgdorferi* sl, zijn *B. afzelii* en *B. garinii* het meest voorkomend in Europese *Ixodes*-teken, gevolgd door *B. burgdorferi s.s* en *B. valaisiana*.

In honden in Europa worden gevallen van borreliose geassocieerd met een infectie door 3 verschillende *Borrelia*-soorten: *B. burgdorferi sensu stricto*, *B. afzelii* en *B. garinii*. **MERILYM 3** is een geïnactiveerd bacterievaccin dat Europese stammen van deze 3 soorten bevat, geïsoleerd uit teken uit het veld.

*Merilym 3 is een vaccin voor de actieve immunisatie van honden vanaf een leeftijd van 12 weken ter inductie van een anti-OspA respons tegen Borrelia spp. (B. burgdorferi sensu stricto, B. garinii en B. afzelii).*

De korte- en langetermijneffectiviteit van het vaccin is bewezen in 'challenge' studies waarbij natuurlijke infecties met teken werden nagebootst. **MERILYM 3** reduceert significant de transmissie van *Borrelia* van de teek naar de hond. Vaccinatie met **MERILYM 3** induceert een hoog niveau van anti-OspA (Outer surface protein A) -antilichamen tegen de 3 *Borrelias*soorten die tenminste één jaar aanhoudt.