

The use of echosounder tools for fish detection in the North Sea

De Blick Yves¹

¹ Marine Biology Research Group, Department of Biology, Faculty of Sciences, Ghent University, Krijgslaan 281 - S8, 9000 Gent, Belgium
E-mail: yvesdeblick@hotmail.com

Geluid is een belangrijke factor in het aquatisch milieu. Veel diersoorten gebruiken geluid voor communicatie, predator-prooi interacties en het waarnemen van de omgeving. Wanneer bijvoorbeeld een dolfijn een geluidsgolf produceert zal deze zich directioneel voortbewegen in het water. Hierbij kan deze golf op een object in het water botsen waarbij een deel van deze golf zal reflecteren als een echo die opnieuw gedetecteerd kan worden door de dolfijn. Dit is echolocatie, een techniek die de mens heeft overgenomen van de natuur om objecten in de waterkolom waar te nemen die niet zichtbaar zijn met het bote oog. Alle toestellen die een detectie kunnen uitvoeren van objecten in het water door gebruik te maken van voortbeweging van geluid, worden gegroepeerd onder de term SONAR (Sound Navigation And Ranging). Een passieve sonar is een toestel dat luistert. Het detecteert geluiden die geproduceerd zijn door bepaalde objecten in de waterkolom. Een actieve sonar, daarentegen, produceert zelf geluidsgolven en detecteert de echo's die ontstaan na een interactie met een object in het water. Wanneer een actieve sonar gelijktijdig akoestische geluidsgolven kan verzenden en ontvangen in een directionele richting, is dit een echosounder. Van oorsprong worden deze echosounders voornamelijk gebruikt voor bodemdetectie (bathymetrie), waarbij de echo's afkomstig van de waterkolom weggefilterd worden als ruis om zo de waardevolle bodemreflectie te behouden. Met deze data kan vervolgens veel informatie verkregen worden over de structuur van de zeebodem maar ook over objecten op de zeebodem zoals pijpleidingen, vliegtuig- en scheepswrakken. Een andere toepassing van deze technologie situeert zich binnen het meer recente bio-akoestische onderzoek dat zich meestal richt tot de visserij.

Wereldwijd staan de zeeën en oceanen onder druk door menselijke overexploitatie. Hierdoor zijn effectieve management strategieën essentieel om de biodiversiteit en abundanties van de vispopulaties te beschermen. Onderzoek naar de huidige visbestanden moet als gevolg gebaseerd zijn op accurate metingen en schattingen. Sinds het begin van het Belgisch visserijonderzoek zijn traditionele vangsmethoden, zoals het gebruik van een boomkor en pelagische trawls de voornaamste staalnamemethoden. Deze vangsmethoden zijn echter invasief en houden enkele technische beperkingen in. Zo is trawlvisserij verboden in bepaalde gebieden die kwetsbare structuren herbergen, denk maar aan windmolenparken en scheepswrakken. Vaak zijn juist deze gebieden zeer interessant voor biologisch onderzoek. Daarnaast heeft onderzoek reeds uitgewezen dat vissen een gedragswijziging (verticale migratie, herkenning en ontwijken van visnetten) vertonen als reactie op trawls. Omwille van deze tekortkomingen om accurate totale biomassa en abundantie schattingen te maken, bieden echosounders een oplossing.

Door gebruik te maken van geluidsgolven kunnen verschillende targets gedetecteerd worden. Niet enkel vissen en plankton worden hiertoe gerekend maar ook koralen, onderwatervegetatie en zeebodemstructuren. Echter in deze thesis is de focus gezet op de targets die van groot belang zijn voor het marien biologisch onderzoek in het Belgische deel van de Noordzee (BPNS). Deze prioritaire groep is de vissen. Iedere structuur in de waterkolom met een bepaalde dichtheid kan een reflectie van de uitgezonden geluidsgolf veroorzaken. Veel vissoorten hebben een zwemblaas om de drijfcapaciteiten te reguleren gedurende het zwemmen. Dit is een met gas gevulde blaas die voor een sterke terugkaatsing van een geluidsgolf zorgt omwille van het grote contrast in dichtheid tussen het gas en het vloeibaar medium. Iedere vissoort heeft een specifiek vorm van zwemblaas, waardoor iedere soort eveneens voor een verschillende reflectiesterkte zorgt.

De drie verschillende echosounder toestellen die voornamelijk gebruikt worden in het visserijonderzoek zijn single beam, split-beam en multibeam echosounders. Een single beam echosounder is een standaard instrument voor zeebodemdetectie binnen hydrografisch onderzoek. De zender verzendt een geluidsgolf in een enkele straal die directioneel gericht is. Daaropvolgend kan de ontvanger een reflectie waarnemen, die op de aanwezigheid van een bepaald object kan wijzen. Hierbij is het echter niet mogelijk om de exacte positie en richting binnen de straal te bepalen. Enkel de diepte van het gedetecteerde object kan bepaald worden. Een split-beam echosounder daarentegen heeft een ontvanger die opgedeeld is in vier kwadranten. Dit creëert de mogelijkheid om een specifieke locatie binnen de straal te bepalen. Met andere woorden laat een split-beam echosounder toe om een driedimensionele locatie van een object te bepalen, terwijl dit voor een single beam echosounder beperkt is tot een dimensie, de diepte. Een multibeam echosounder is verschillend van de voorgaande types omwille van het gelijktijdig gebruikmaken van verschillende stralen met geluidsgolven. De meeste echosounders vertonen bij een toename in meetdiepte een afname in ruimtelijke resolutie. Een

multibeam echosounder biedt een oplossing voor deze beperking omwille van het vergroten van het meetoppervlak, door gebruik te maken van meerdere stralen. Het grotere detectievolume van een multibeam echosounder leidt, met als gevolg, tot een tijdsbesparing in wetenschappelijke staalname duur, wat eveneens belangrijke economische voordelen biedt.

Multibeam echosounders worden traditioneel gebruikt in bathymetrisch onderzoek, waarvoor deze toestellen geïkting zijn. Een ijking voor waterkolomdetecties is echter al tien jaar geleden ontwikkeld, waardoor het gebruik van multibeam echosounder voor waterkolomdetectie nog in zijn kinderschoenen staat. Deze ijking laat toe om niet enkel kwalitatieve metingen uit te voeren, maar ook kwantitatieve metingen die bijdragen tot meer inzichten omtrent de wereldwijde visbestanden.

Het gebruik van echosounder toestellen is niet enkel beperkt tot wetenschappelijke doeleinden. Wereldwijd worden echosounder toestellen gebruikt in de commerciële en recreatieve visserij. In de recreatieve visserij wordt meestal gebruik gemaakt van een viszoeker (fishfinders). Deze viszoekers hebben een eenvoudige opbouw en genereren een niet-kwantitatieve uitvoer, omwille van het ontbreken van een ijking. Het ontbreken van een ijking betekent dat de standaard prestaties niet kunnen gecontroleerd worden, met als gevolg dat exacte abundantie en biomassa schattingen niet kunnen uitgevoerd worden. Een ijking gebeurt meestal door een standaard target met een gekende akoestische target sterkte te gebruiken en te detecteren, waarna de verkregen detectie waarden vergeleken worden met de standaard waarden. Wetenschappelijke echosounder toestellen zijn dus steeds geïkting en bieden ook de mogelijkheid tot het opslaan van grote volumes aan verkregen data. Deze data kunnen dan nadien verwerkt worden met specifieke naverwerking software.

Niet alle zones in de waterkolom zijn detecteerbaar. Er zijn twee belangrijke zones die voor een beperking in detectie zorgen, namelijk de blinde en de dode zone. De theoretische blinde zone ligt dicht tegen het wateroppervlak. Omwille van de eigenschappen van geluidsgolven, ontstaat er steeds een 'near-field' waarin er geen lineair verband is tussen de sterkte van de geluidsgolf en de afstand tot de bron van het geluid. De dode zone, anderzijds, bevindt zich lager in de waterkolom, net boven de zeebodem. Omwille van de sferische vorm van de geluidsstraal, wordt een vlakke bodem eerst gedetecteerd in het midden van de straal. Hierbij bevinden de beide zijden van de geluidsstraal zich nog op een bepaalde hoogte boven de zeebodem. De interpretatie van objecten tussen de effectieve zeebodem en deze bepaalde hoogte is niet mogelijk en creëert vervolgens de dode zone. Echter in de praktijk is de detectie niet enkele beperkt door de theoretische blinde en dode zone. Verstoring van de waterstroom door golfwerking en bewegingen van het schip zorgen voor luchtbubbel in het water, die een sterke reflectie veroorzaken van het geluidssignaal. Deze interactie in de turbulentiezone zorgt dus voor een grotere beperking in detectiecapaciteiten. De totale blinde zone bestaat uit de theoretische blinde zone en de morfologische turbulentiezones. In extreme condities kan deze akoestische blinde zone een diepte van 15 m bereiken. Omwille van de kleine schaal van de theoretische blinde zone (twee golflengtes) wordt de blinde zone, in het geval van turbulentie, hoofdzakelijk bepaald door de invloed van deze turbulentie. Een multibeam echosounder toestel zorgt voor een extra uitbreiding van de dode zone, omwille van de meerdere geluidsstralen. Iedere straal afzonderlijk beschrijft een theoretische dode zone. Daarbovenop hebben de meerdere stralen samen eveneens een sferische vorm, waardoor een volume ontstaat dat zich buiten het detectiegebied bevindt van de geluidsgolven. Hierdoor wordt de totale dode zone de som van de individuele theoretische dode zones en het gebied dat zich buiten het detectiegebied bevindt van de multibeam echosounder.

Voor deze studie zijn waterkolom detecties gebruikt die verkregen zijn met behulp van een Kongsberg EM2040 multibeam echosounder, gemonteerd op de RV Simon Stevin. Sinds 2012 zijn in totaal 598 waterkolom opnames verzameld gedurende 15 staalnames, goed voor 662 GB aan waterkolom data. Deze bestanden zijn vervolgens verwerkt door gebruik te maken van verschillende naverwerking softwarepakketten (BioSonics Visual Acquisition, QPS Fledermaus en Echoview). Hierbij is besloten dat Echoview het meest flexibel en uitgebreide softwarepakket is om een naverwerking uit te voeren van waterkolomopnames afkomstig van verschillende echosounder toestellen.

De waterkolom databestanden hebben een grote verscheidenheid aan detectieaantallen aangetoond, variërend van 165 tot 13555 gedetecteerde targets per 1000 m³ watervolume. Beide staalnames vertonen echter een groot verschil in gemeten watervolume, waarbij respectievelijk 507230 en 1219 m³ water gemeten zijn. In de total dataset vertonen ook de andere variabelen, zoals de totale afgelegde afstand en diepte van de waterkolom, tevens een grote variabiliteit. Het feit dat alle staalnames, met uitzondering van een, geen naverwerking voor visdetectie als doel hadden, kan hiervoor als verklaring dienen. De vergelijking in detectiecapaciteit tussen de twee verschillende echosounder toestellen (BioSonics DT-X split-beam echosounder en Kongsberg EM2040 multibeam echosounder) heeft aangetoond dat er een verschil is in de hoeveelheid targets die gedetecteerd zijn per volume eenheid.

De Kongsberg EM2040 multibeam echosounder detecteert met een gemiddelde van 1052 targets per 1000 m³ watervolume minder targets dan de BioSonics DT-X split-beam echosounder die 2464 targets per 1000 m³ watervolume detecteert. Na een correctie voor bijkomende residuele error in de data, is dit verschil echter niet significant toe te schrijven aan het verschil in echosounder toestel.

Turbulentie is geacht een grote invloed te hebben op de detectiecapaciteiten in het BPNS. Dit is bevestigd door deze studie, waarbij in 9 van de 15 staalnames meer dan 50 % van de totale hoeveelheid gedetecteerde targets zich in de turbulentiezone bevinden. Hierdoor is het niet mogelijk te bepalen of deze targets verwijzen naar een echt object in de waterkolom of een storing door luchtbubbels. Er is geen significant verschil aangetoond tussen de hoeveelheid gedetecteerde targets per 1000 m³ watervolume binnen en buiten de turbulentiezone. Dit betekent dat turbulentie, veroorzaakt door bewegingen van het schip en golfwerking, luchtbubbels in de waterkolom brengt die voor een vergelijkbare hoeveelheid gedetecteerde targets zorgen als de gewenste objecten (vissen) zelf. In de kustwateren van het BPNS is turbulentie een zeer belangrijke bron van ruis, die de akoestische blinde en dode zone van de waterkolom sterk uitbreiden. In extreme omstandigheden kan, omwille van de geringe diepte op sommige plaatsen, de gehele waterkolom verstoord zijn door turbulentie. Hierdoor is het gebruik van akoestiek beperkt in zijn toepasbaarheid. Desondanks kunnen in goede weersomstandigheden, zuivere waterkolom opnames bekomen worden waarbij de detectie van vis targets mogelijk is.

Deze studie heeft tevens een theoretische tekortkoming blootgelegd in het gebruik van target signaalsterkte voor het berekenen van target lengte. Hierbij wordt de assumptie gemaakt dat de gemeten akoestische signaalsterkte de volledige akoestische reflectie van het individu beschrijft. Vissen, bijvoorbeeld, zwemmen vrij in alle richtingen in de waterkolom. Een positieve of negatieve tilt van het individu zorgt voor een wijziging in oppervlak dat beschikbaar is voor volledige terugkaatsing van de inkomende geluidsgolf. Het is aangetoond dat schepen een verticale migratie veroorzaken van vissen, waarbij hun reflectief oppervlak gewijzigd kan zijn gedurende de meting vergeleken met normale omstandigheden, in afwezigheid van versturende elementen.

Tot slot heeft de vergelijkende studie tussen drie potentiële echosounder toestellen voor visserijonderzoek in het BPNS, de SeaPix 3D sonar als meestbelovende echosounder toestel bevonden. De combinatie van meerdere stabiliteitssystemen die de resolutie positief beïnvloeden, de vereenvoudigde in situ ijking en de mogelijkheid om gelijktijdig meerdere rijen van geluidsstralen uit te zenden die een 3D visualisatie mogelijk maken, geven voordelen die niet kunnen geëvenaard worden door de andere echosounder toestellen (Kongsberg EM 2040 multibeam echosounder en BioSonics DT-X split-beam echosounder). Deze beslissing is echter op een theoretische basis, gezien een in situ demonstratie en daaropvolgende naverwerking van de waterkolomdata niet binnen deze studie zijn opgenomen. De Kongsberg EM2040 multibeam echosounder, die momenteel gemonteerd is op de RV Simon Stevin en gebruikt wordt voor het mariene biologische onderzoek in het BPNS, heeft ondanks het ontbreken van een ijking voor waterkolom opnames, potentieel getoond in het vergaren van kwaliteitsvolle waterkolomdata. Deze data zijn voor interpretatie vatbaar met naverwerkingssoftware pakketten Echoview en Fledermaus (FMMidwater).

Een finale conclusie stelt dat het gebruik van de huidige beschikbare geijkte multibeam echosounder toestellen, ontwikkeld voor visserijonderzoek, de beste keuze is voor visserijonderzoek in het BPNS. Geringe abundanties van verscheidene vissoorten en een turbulent watervolume vereisen een toename in het te detecteren watervolume, met een behoud in ruimtelijke resolutie zodat op een accurate manier targets van verschillende grootteklassen gedetecteerd en onderscheiden kunnen worden.