

Confronto tra rilevamenti batimetrici con laser aviotrasportato e ecoscandaglio multifascio: metodi e risultati.

Marco GRASSI (*), Lamberto LAMBERTI (*), Manuela MILLI (*), Alessandro NOBILI (*),
Monica ROSSI (*), Luciano SURACE (*)

(*) Istituto Idrografico della Marina, Passo dell'Osservatorio 4, 16100 Genova, Tel : +39 010 24431,
Fax : +39 010 261400, iim.sre@marina.difesa.it

Riassunto

Il rilevamento idrografico in acque profonde, negli ultimi anni, ha beneficiato in modo consistente degli sviluppi nelle tecnologie basate su ecoscandagli multi fascio (multibeam echosounder).

Nella fascia marina prossima alle coste, proprio laddove la normativa tecnica internazionale prevedrebbe rilevamenti a copertura totale, e dove la conoscenza del fondale ha consistenti implicazioni nella sicurezza della navigazione, la particolare topografia del fondo e delle coste ovvero la considerevole presenza di attività umana, rendono spesso poco conveniente il rilievo con tecniche multibeam e difficoltose le tradizionali a singolo fascio con sonar a scansione laterale trainato.

Negli ultimi anni la comunità idrografica internazionale è sempre più attenta agli sviluppi delle tecniche di telerilevamento terrestre applicate ai rilievi costieri.

In presenza di acque non torbide, infatti, le tecnologie che sfruttano laser aereotrasportati godono di alcuni concreti vantaggi rispetto alle tecniche su vettori navali, sia in termini di costi sia perché consentono la riduzione dei rischi connessi con la navigazione in acque basse e poco conosciute.

I dati ottenuti con laser aerotrasportato e quelli acquisiti con un moderno multibeam, eseguiti a breve distanza temporale lungo il litorale prossimo al Porto di Crotona (Calabria), sono stati analizzati e confrontati allo scopo di valutarne la relativa attendibilità. L'analisi ha condotto ad una generale congruenza tra i due dataset e una compatibilità con gli standard internazionali in materia di rilevamenti idrografici.

Abstract

Hydrographic surveying in shallow waters did not receive a significant benefit from Multibeam Echo Sounder technology as it did in deep waters.

Near coast, where international standards for hydrographic surveys require seabed total coverage, irregular topography of the bottom and/or of the coastline, as well as major human activity make multibeam technology not enough suitable and singlebeam/sidescan sonar rather difficult.

International Hydrographic community is now looking with interest at the development of laser telemetry applied to coastal surveys.

Compared to conventional surveys the airborne laser bathymetry offers significant cost reduction as well as a diminution of risks related to navigation in unknown or hazardous waters.

Data from airborne laser sensor are analyzed and compared with data acquired by a modern multibeam echosounder with the main purpose to evaluate their comparative consistency. Both datasets confirmed a general congruence and compatibility with international standards.

Il rilievo laser

Il rilievo batimetrico LADS¹ dell'area tra Crotona e Capo Colonna nella Calabria Jonica, è stato effettuato dalla ditta Tenix nella prima decade di ottobre 2003 su commissione della Compagnia Generale Riprese aeree di Parma (CGR). Le specifiche di progetto prevedevano l'esecuzione di un rilievo batimetrico ad alta densità (maglia di acquisizione 3 x 3 m con copertura del 200%) in una zona compresa tra la costa e i 70 metri di profondità, che avrebbe dovuto garantire un'accuratezza conforme all'*Ordine 1*² dell'International Hydrographic Organization (IHO).

Il rilievo è stato condotto con condizioni meteorologiche buone; alcuni problemi di eccessiva torbidità delle acque antistanti il promontorio di Capo Colonna sono stati superati reiterando le strisciate interessate dal fenomeno in giorni differenti.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con il sistema LADS MK II *Airborne System*. I dati grezzi di fondale vengono raccolti per mezzo di un complesso ottico-laser scanner dotato di un tubo fotomoltiplicatore e della relativa elettronica. Questi elementi sono installati su di una piattaforma stabilizzata controllata da servomeccanismi governati da un sistema AHRS (*Attitude and Heading Reference System*). Le posizioni *real time* sono state determinate con un ricevitore DGPS Ashtech a singola frequenza che ha utilizzato le correzioni provenienti dalle stazioni terrestri Skyfix (in questo caso la stazione permanente di Roma).

I dati provenienti dal ricevitore DGPS sono stati impiegati per l'acquisizione e la condotta dell'aeromobile, contestualmente ad essi sono state acquisite le misure effettuate da un ricevitore Ashtech a doppia frequenza. In fase di elaborazione queste sono state integrate, attraverso il software Ashtech PNAV, con quelle della stazione di terra posizionata in corrispondenza del vertice della rete geodetica di riferimento IGM95 posto presso l'Hotel Costa Tiziana di Crotona.

Le posizioni KGPS (differenziale con misure di fase) processate dal software della Ashtech sono state poi associate alle misure di fondale.

Il sistema di posizionamento differenziale di bordo, i dati per le correzioni di rotta così come quelli per il posizionamento *in post processing* risultano campionati a 2 Hz.

Il rilievo idrografico LADS di Capo Colonna è stato condotto in modo da ottenere una maglia di *spot* laser di 3x3 metri. La fascia di mare rilevata dal laser, trasversalmente alle corse, è risultata ampia 100 metri circa ed è stata ottenuta con una velocità dell'aeromobile al suolo di circa 150 Kts (300 m/s). Le *linee* sono state percorse in modo da ottenere una copertura del 200% su tutta l'area secondo delle direttrici orientate per 162°-342°. Sono state, inoltre, percorse due trasversali, una a N e l'altra a S di Capo Colonna. Agli incroci i valori medi di scostamento non superano i 10 - 15 cm e risultano compatibili con le tolleranze idrografiche.

I fondali sono stati ridotti al *chart datum* locale (LRS, *livello riferimento scandagli*) utilizzando i dati di marea del mareometro di Crotona.

Il rilievo multibeam

Il rilievo *multibeam* di Capo Colonna è stato eseguito da Nave Galatea nel corso della campagna idrografica del 2005 per la costruzione delle carte nautiche n° 25 e n° 26 edite dall'Istituto Idrografico della Marina (IIM). Per l'acquisizione dei dati sono stati impiegati:

- ecoscandaglio *multibeam* Kongsberg EM 3000;
- DGPS MAX CSI con correzioni differenziali OMNISTAR (precisione ±2 m circa);
- sistema di acquisizione Kongsberg Merlin;

¹ *Laser Airborne Depth Sounder*

² L'Ordine 1 IHO prevede i seguenti requisiti di accuratezza:

- Posizione: 5 m ± 5% del fondale (5.25 m per fondali di 5 metri e 8.5 m per fondali di 70 metri).
- Profondità: l'accuratezza è determinabile dalla formula: $\pm \sqrt{0,5^2 + (0,013 \cdot \text{profondità})^2}$ metri

- sistema IMU Seatex 200 e MRU 5 per la compensazione dei movimenti di *roll*, *pitch*, *heave* e *yaw*;
- profilatore di velocità del suono Applied Microsystems LTD SV-Plus.

Gli strumenti erano installati sull'imbarcazione in vetroresina ad idrogetto MBN 1207 che, a bordo di Nave Galatea, costituisce il vettore primario per il rilevamento dei fondali medio-bassi.

Le corse di acquisizione sono state effettuate parallelamente all'andamento medio della batimetria in zona, con una sovrapposizione minima conforme alla normativa internazionale in vigore.

Il *multibeam* Kongsberg EM 3000 emette un unico impulso elettroacustico attraverso il trasduttore di trasmissione. In ricezione questo impulso viene scomposto elettronicamente in 128 risposte che insonorizzano un settore acustico ampio 150°³. Allo scopo di riprodurre le deviazioni nelle traiettorie indotte dalla stratificazione termica⁴ propria della colonna d'acqua, le misure provenienti dall'ecoscandaglio sono state integrate con quelle realizzate dal bativelocimetro AML SV-Plus.

I dati di marea sono stati desunti dal mareometro di Crotone, facente parte della rete Mareometrica Nazionale (RMN) dell'APAT; lo stesso impiegato per la riduzione del rilievo LADS.

Metodi di analisi dei dati e risultati

La metodologia adottata per effettuare il confronto dei dati LADS e *multibeam* ha tenuto conto dei seguenti aspetti salienti:

- strumenti software a disposizione;
- occorrenza di un duplice confronto dei dati LADS con i modelli *multibeam* che tradizionalmente vengono generati sulla base delle misure effettuate in campagna⁵ nell'ambito del processo di valorizzazione e restituzione dell'IIM;
- densità spaziale dei due set di dati.

Il confronto dei dati è stato svolto utilizzando principalmente i *tool* dei programmi Pangea Multibeam Manager e Surfer della Golden software. Le misure di fondale acquisite con il *multibeam* sono state elaborate secondo le consuete procedure di verifica, validazione e restituzione in uso presso l'Istituto⁶ e hanno permesso di generare sia il modello cosiddetto "a massima sicurezza idrografica" sia quello che invece fornisce una migliore caratterizzazione media della morfologia del fondo. Su entrambi i modelli sono stati, quindi, sovrapposti i valori di fondale rilevati dal LADS e se ne è dedotto lo scostamento. Gli scarti così ottenuti sono serviti ad un'analisi statistica quantitativa allo scopo di valutare la congruità globale tra i due rilievi sull'intera area oggetto di studio. La distribuzione degli scarti è stata analizzata anche da un punto di vista spaziale correlando ad essa le informazioni disponibili riguardo la natura del fondo.

Dalle indagini statistiche quantitative degli scostamenti e gli studi sulla loro distribuzione è emersa una consistente congruità tra i prodotti delle due diverse tecnologie con mutue differenze che rimangono ampiamente al di sotto delle tolleranze imposte dalla normativa tecnica internazionale.

³ L'impronta acustica del *multibeam* EM 3000 è quindi ampia 150° trasversalmente (128 valori di fondale contenuti) e 1.5° longitudinalmente.

⁴ La temperatura è la grandezza che più influenza la velocità che il suono possiede in acqua; ad una stratificazione termica corrispondono dei gradienti nella velocità di propagazione che, in virtù della legge di Snell, curvano le traiettorie dei fronti acustici emessi dall'ecoscandaglio.

⁵ I dati di un rilievo danno luogo a un modello del fondo che privilegia la caratterizzazione dei pericoli alla navigazione, questo modello è solitamente impiegato per la produzione di cartografia nautica. E' frequente, inoltre, la realizzazione di modelli che forniscono una caratterizzazione morfologica più accurata che invece servono alla cartografia batimetrica e allo studio dell'ambiente.

⁶ Procedure certificate da Det Norske Veritas Italia S.r.l. secondo la normativa ISO 9001:2000.

Conclusioni

La tecnologia laser aviotrasportata è stata, in questo lavoro, analizzata in termini puramente analitici e le valutazioni che ne discendono tengono conto esclusivamente di quanto riportato in bibliografia per quanto riguarda, ad esempio, i fattori operativi o i costi.

Il rilevamento da aereo ha svelato un potenziale idoneo a rappresentare il fondale con un'accuratezza confrontabile con quella degli strumenti veicolati da vettori navali. L'impiego di questa tecnologia per scopi con marcate implicazioni nella sicurezza della navigazione marittima, come lo sono quelli propri dell'Istituto Idrografico della Marina, potrebbero richiedere il contestuale impiego di un'imbarcazione che possa verificare, ovvero rilevare, eventuali zone che presentino criticità di natura morfologica o dovute all'antropizzazione dell'area. Anche in questo caso l'economia di un rilievo avrebbe beneficio dall'integrazione con il LADS.

I risultati di dettaglio e le analisi statistiche discendenti saranno oggetto di apposita pubblicazione che è, attualmente, in corso d'opera e che comprenderà anche gli esiti di progressi studi che l'Istituto Idrografico ha svolto e svolge in materia di integrazione e verifica delle nuove tecniche di rilevamento del fondo marino.

Bibliografia

- Adams R.F. (2004)**, “Seamless Data And Vertical Datums – Reconciling Chart Datum With A Global Reference Frame”, *The Hydrographic Journal*
- Burroughes J., George K., Abbott V (2001)**, “Interpolation of Hydrographic Data”, *The Hydrographic Journal*
- Bottelier P., Haagmans R., Kinneging N (2000)**, “Fast Reduction of High Density Multibeam Echosounder Data for Near Real-Time Application”, *The Hydrographic Journal*
- Brouns G., De Wulf A., Constales D (2001)**, “Multibeam Data Processing Adding and Deleting Vertices in a Delaunay Triangulation”, *The Hydrographic Journal*
- Debese N. (2006)**, *Etude Comparative des données multifaisceaux et laser acquises sur le Golfe du Morbihan*, SHOM, Brest Cedex (Francia)
- Manzino A.M., Roggero M. (2000)**, “Dati laser aerotrasportato: ipotesi di verifica”, Atti della IV Conferenza Nazionale ASITA, Genova.
- Maune D.F. (2001)**, *Digital Elevation Model Technologies and Applications: The Dem Users Manual*, Asprs, Bethesda, Maryland (USA)
- Martin R.J., Broadbent G.J. (2004)**, “Chart Datum For Hydrography”, *The Hydrographic Journal*.
- Milli M., Surace L. (2006)**, “Tecniche innovative e tradizionali a confronto nella realizzazione di rilievi batimetrici costieri: un caso di studio”, *Bollettino SIFET*, 2/2006
- Wells D., Monahan D. (2002)**, “IHO S44 Standards for Hydrographic Surveys and the Variety of Requirements for Bathymetric Data”, *The Hydrographic Journal*.