

# RAPPORTI TECNICI

DEL SERVIZIO GEOLOGICO SISMICO E DEI SUOLI

2016



DTM TOPO-  
BATIMETRICO  
DELLA COSTA  
EMILIANO-  
ROMAGNOLA  
DTM 2012  
Costa RER

**MODELLO DIGITALE TOPO-BATIMETRICO DELLA COSTA EMILIANO ROMAGNOLA 2012**  
**(DTM2012-Costa-RER)**

Autori:

**Luisa Perini**

**Lorenzo Calabrese**

**Paolo Luciani**

*Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*

## **Premessa**

Il modello digitale topo-batimetrico della costa emiliano romagnola (**DTM2012-CostaRER**) è stato realizzato utilizzando diversi dataset acquisiti nel 2012 da diverse ditte specializzate in rilievi topo-batimetrici, su commissione di Enti pubblici e privati, che hanno avuto la necessità di effettuare il monitoraggio dei fondali marini antistanti la Regione Emilia-Romagna.

Lo scopo del presente lavoro era infatti quello di realizzare un modello digitale topo-batimetrico dell'intera fascia costiera, compresa la Sacca di Goro, con il maggior dettaglio e qualità possibili e integrando i dati più recenti disponibili al momento. Per questo sono stati utilizzati i dati relativi ai seguenti rilievi:

Rilievo LIDAR (Eni S.p.a. 2012)

Rilievo multibeam (Eni S.p.A. 2012)

Rilievo Topo-Batimetrico (5<sup>a</sup> Campagna di rilievo del litorale emiliano-romagnolo)

Rilievo batimetrico della Sacca di Goro (Provincia Ferrara)

## **Descrizione dei dati**

### **RILIEVO LIDAR (Eni S.p.a. 2012)**

Eni S.p.A. ha commissionato a Blom CGR S.p.A. un rilievo topografico e batimetrico di una porzione di 1890 kmq della Costa Adriatica e del Mar Adriatico, compresa tra Porto Garibaldi e Cattolica. Il lavoro è stato svolto con la collaborazione della Fugro LADS per la parte batimetrica e direttamente da Blom CGR per la parte topografica. L'attività, condotta tra luglio 2012 ed ottobre 2012, non è stata completata a causa della persistente torbidità dell'acqua, e si è conclusa con l'acquisizione di 414 kmq di dato offshore e 206 kmq di dato inshore (shallow water+onshore), per un totale di 620 kmq, pari al 32,8% dell'area commissionata (Figura 1).

Tale rilievo è la ripetizione di uno medesimo svolto nel 2006, entrambi riferiti al livello medio del mare (Genova 1942\*), monitorato dal mareografo sito a Marina di Ravenna e gestito da ISPRA. che sarà assunto come riferimento per l'analisi di coerenza del dato 2012. Il rilievo 2012 è stato acquisito con un sistema LIDAR Batimetrico più evoluto e con specifiche tecniche migliorative in termini di profondità massima raggiungibile ed accuratezza nella misurazione del battente d'acqua.

I prodotti finali sono dei modelli digitali del terreno della fascia costiera (DTM e DSM) di 1X1 metro e del fondale marino (DBM) 5X5 metri (Figura 2).

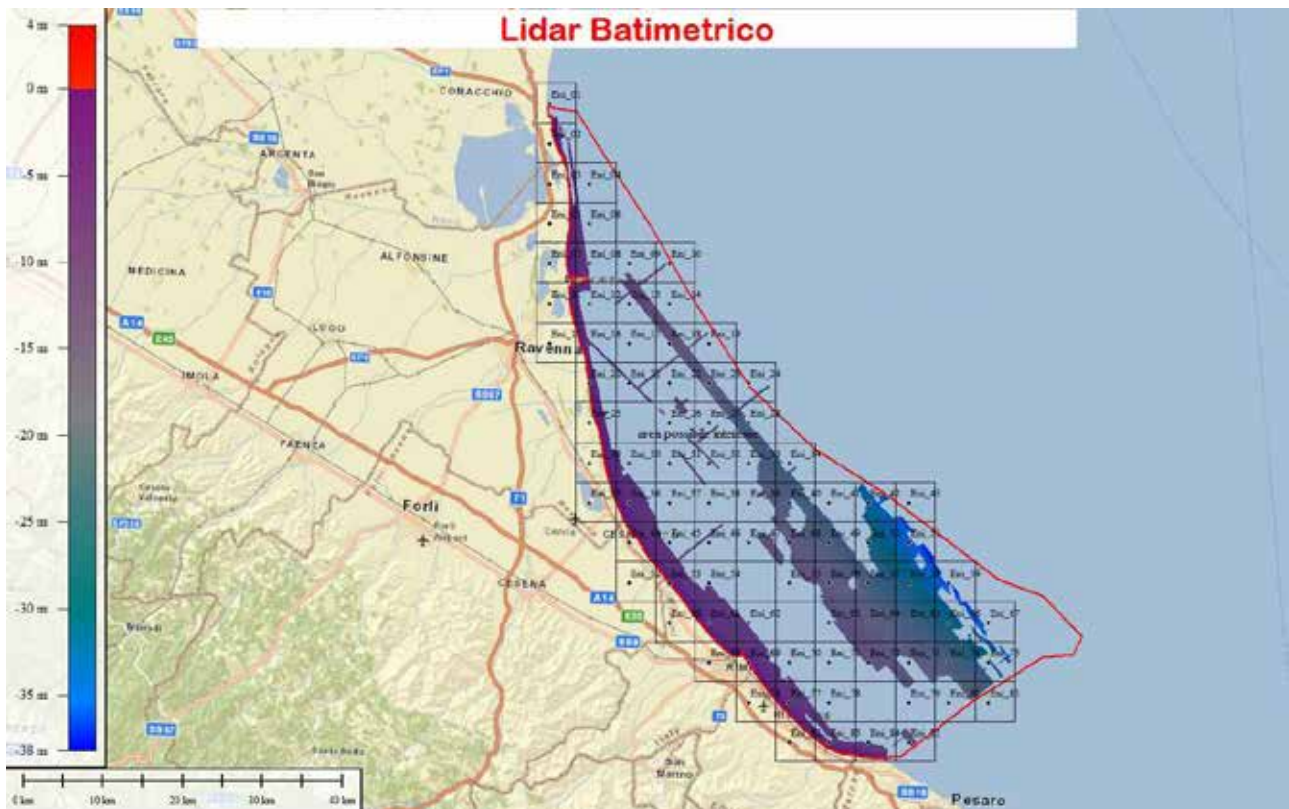


Fig. 1 - Area commissionata e relativa copertura del rilievo LIDAR batimetrico.



Fig. 2 - Copertura TOTALE dei rilievi LIDAR Topografico (1X1 metri) e Batimetrico (5X5 metri) Eni S.p.a. 2012.

### Rilievo multibeam (Eni S.p.a. 2012)

Successivamente, sempre nel 2012, è stata realizzata una campagna batimetrica con tecnica multibeam del tratto di fondale compreso tra Porto Corsini (RA) e Porto Garibaldi (FE) per una lunghezza di circa 21 km ed una larghezza di 3 km, ricoprendo una superficie totale di circa 65 km<sup>2</sup> (Figura 3). Questo rilievo è stato realizzato per completare l'area più a nord che doveva essere oggetto di rilievo LIDAR, ma che, per i già citati problemi di torbidità dell'acqua (siamo alla foce del Fiume Reno), non ha prodotto i risultati desiderati. Il rilievo multibeam ha permesso inoltre di confrontare/calibrare il rilievo LIDAR nell'area di sovrapposizione tra le due acquisizioni.

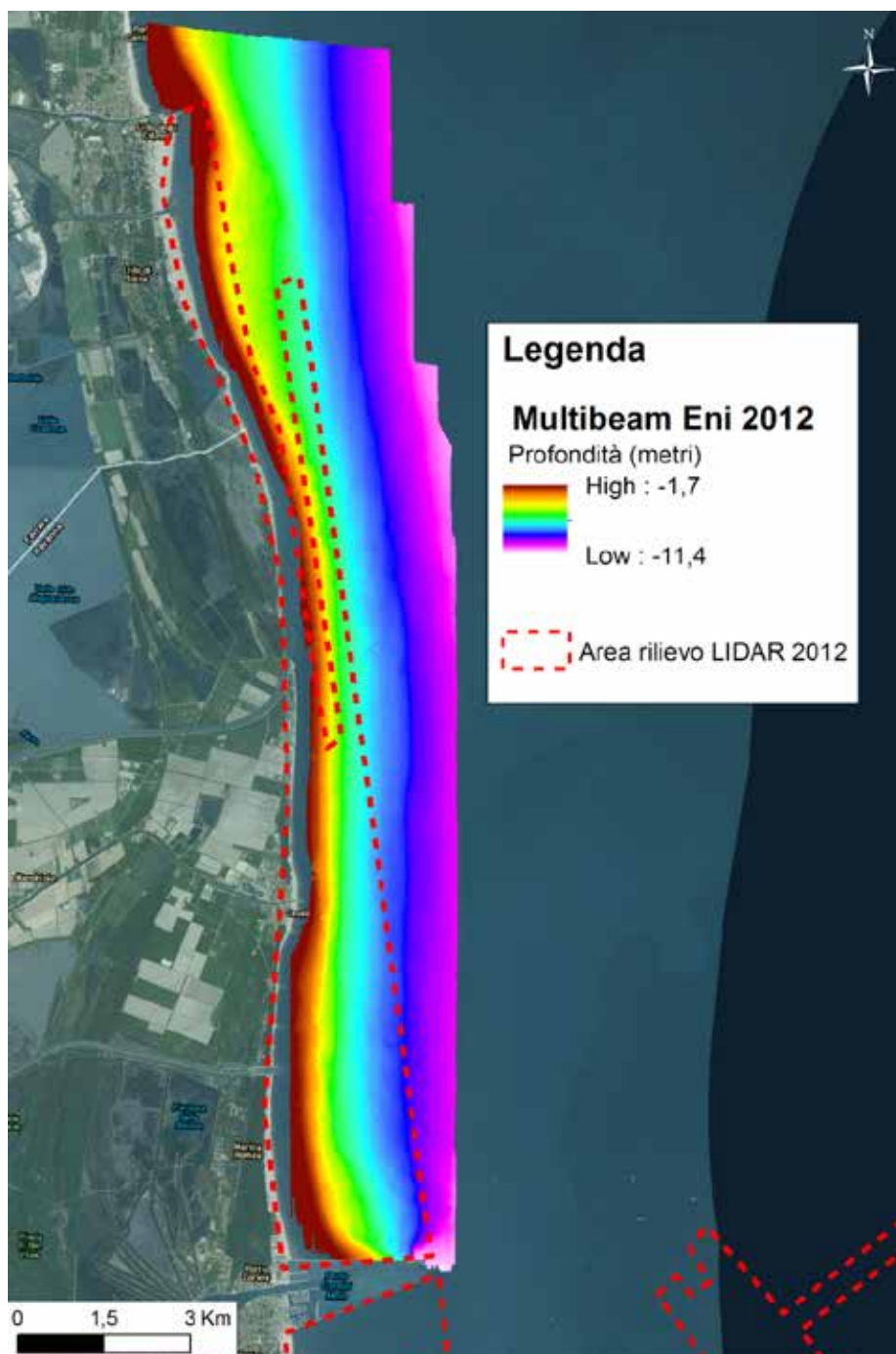


Fig. 3 - Rilievo Multibeam Eni 2012.

Le specifiche tecniche del rilievo batimetrico, acquisito con un multibeam a doppia testa montato a prua di un natante a motore, assicurano un'accuratezza verticale di 5 cm, 10 volte superiore a quella del LiDAR batimetrico.

I dati utilizzati per il confronto sono quelli di prima modellazione già corretti al livello medio del mare, generati dalla G.A.S. S.r.l. di Bologna. Il risultato finale è un Modello Digitale Batimetrico con una griglia di 4X4 metri.

Facendo la differenza di quote tra il Rilievo Multibeam 2012 ed il rilievo LIDAR Batimetrico delle aree comuni (figura 4), si ottiene una differenza di con valore medio praticamente uguale a zero (0,007 metri), infatti il calcolo della deviazione standard mostra che nell'intervallo  $\pm 0,15$  metri rientra l'85% delle differenze totali.

Il confronto tra il rilievo multibeam ad alta precisione ed il rilievo LIDAR batimetrico permette perciò di affermare che, anche quest'ultimo, presenta un elevato grado di accuratezza altimetrica.

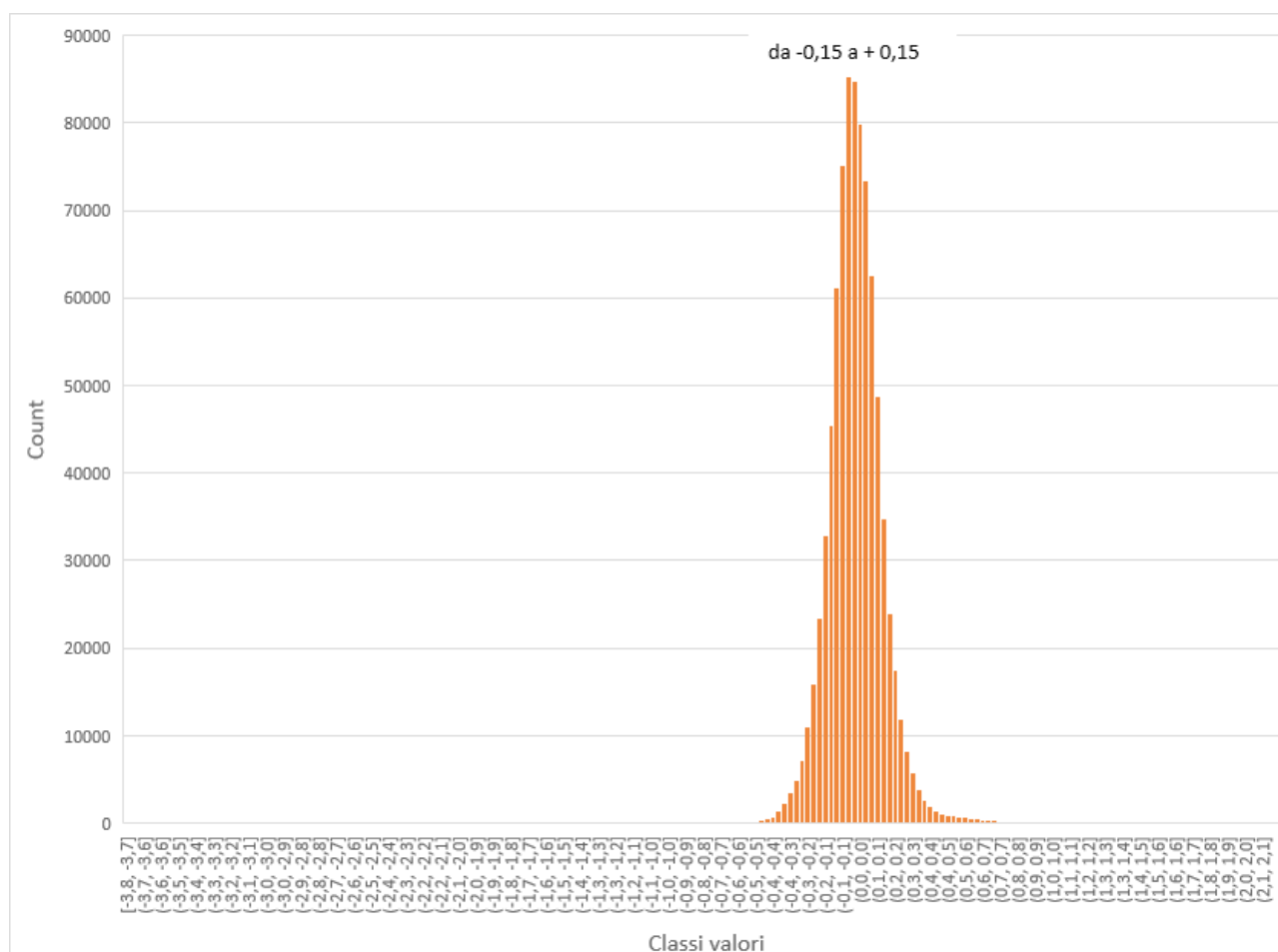


Fig. 4 - Grafico classificazioni differenze altimetriche tra Multibeam e LIDAR batimetrico.

## Rilievo Topo-Batimetrico (5<sup>a</sup> Campagna di rilievo del litorale emiliano-romagnolo)

Le attività di rilievo batimetrico della **5<sup>a</sup> Campagna del litorale emiliano-romagnolo** sono state condotte da ARPAE nel periodo compreso tra gennaio e marzo 2012. Come descritto nella Relazione Finale Arpa 5<sup>o</sup> campagna, a cui si rimanda per approfondimenti, sono state utilizzate imbarcazioni attrezzate con sistema batimetrico multibeam e interferometrico, girobussola e sensori di moto, sonde multiparametriche per la determinazione del profilo della velocità del suono lungo la colonna d'acqua e in prossimità del trasduttore. In presenza del battente d'acqua inferiore a 1 metro è stato impiegato un natante, appositamente modificato, per operare in fondali bassi, equipaggiato con ecoscandaglio singlebeam. Le quote altimetriche sono riferite alla rete regionale (ARPA del 2005) che sono che sono riferite al caposaldo di Sasso Marconi dell'I.G.M., quindi le quote sono riferite al livello medio mare di Genova 1942.

Il rilievo della spiaggia emersa e sommersa (Figura 5) si compone di:

- 251 sezioni perpendicolari alla costa equidistante mediamente 500 m, estesi fino alla batimetrica dei 6-10 m;
- 163 sezioni di raffittimento perpendicolari alla costa;
- rilievo in continuo della linea di riva;
- rilievo di due profili longitudinali a ridosso delle opere di difesa rigida;
- rilievo di un profilo longitudinale lungo la parte più alta della spiaggia emersa.



Fig. 5 - Distribuzione dei profili del rilievo batimetrico della 5<sup>a</sup> Campagna-Arpa.

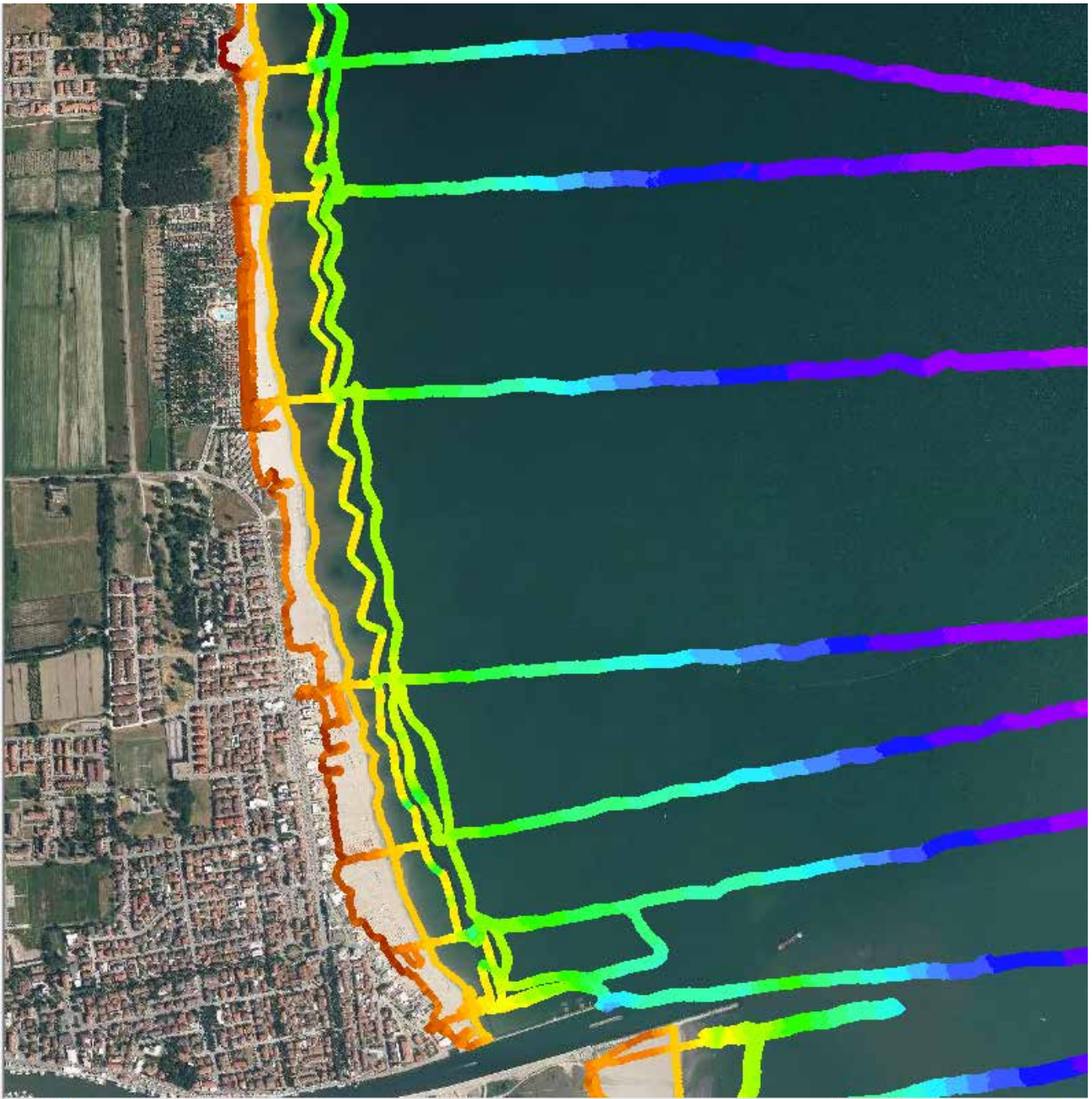


Fig. 6 - Esempio di rilievi topobatimetrici della 5ª Campagna nell'area di Porto Garibaldi.

Questi rilievi batimetrici sono stati utilizzati per completare il modello nelle aree non rilevate con sistema LIDAR, in particolar modo nell'area compresa tra Porto Garibaldi e la foce del Po di Goro e in altri piccoli tratti.

Dal confronto tra le batimetrie del rilievo LIDAR e quelle del rilievo multibeam E.n.i 2012 con le batimetrie della 5ª Campagna Arpae-RER, analizzate solo lungo i profili batimetrici, risulta una differenza media di 9 centimetri e una deviazione standard che mostra che l'85% dei valori di differenza è compreso nell'intervallo  $\pm 32$  centimetri.

Tali dati sono stati elaborati tramite l'algoritmo di interpolazione Natural Neighbord per ottenere DTM batimetrico.



## Rilievo batimetrico (Batimetria sacca di Goro)

Nell'area dello scanno e della sacca di Goro erano disponibili i dati batimetrici forniti dalla Provincia di Ferrara che si occupava del monitoraggio ambientale delle acque interne della sacca di Goro (Figura 7). Data la bassa profondità dei fondali nell'intera area della Sacca di Goro, è stata utilizzata un'imbarcazione con un "pescaggio in mare" dell'ordine dei 50 cm. La strumentazione utilizzata consiste in:

- Ecoscandaglio "Hydrotrack" della Odom Hydrographic Systems collegato ad un trasduttore;
- Antenna GPS collegata verticalmente al trasduttore, in modo da ottenere la maggior precisione possibile e piena corrispondenza di posizione con i dati batimetrici. Il metodo di rilievo GPS è RTK (cinematico in tempo reale), in questo modo il ricevitore GPS installato sulla barca riceve sia i dati dai satelliti GPS che quelli via radio dalla stazione base GPS che si trova presso la sede di Goro della provincia di Ferrara. Con questa metodologia di rilievo i punti sono automaticamente corretti e la posizione ha un errore al massimo di 5 cm. Questa metodologia di rilievo permette di slegarsi completamente dalla marea e da eventuali onde prodotte dalle imbarcazioni di passaggio, che un tempo andavano a falsare le quote dei rilievi;

Per passare dalle quote ellissoidiche (quote rilevate dal GPS) alle quote geoidiche (quote sul livello medio mare), il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara ha messo appunto un modello di geoida locale della Sacca di Goro per ottenere dalle quote ellissoidiche le quote geoidiche.

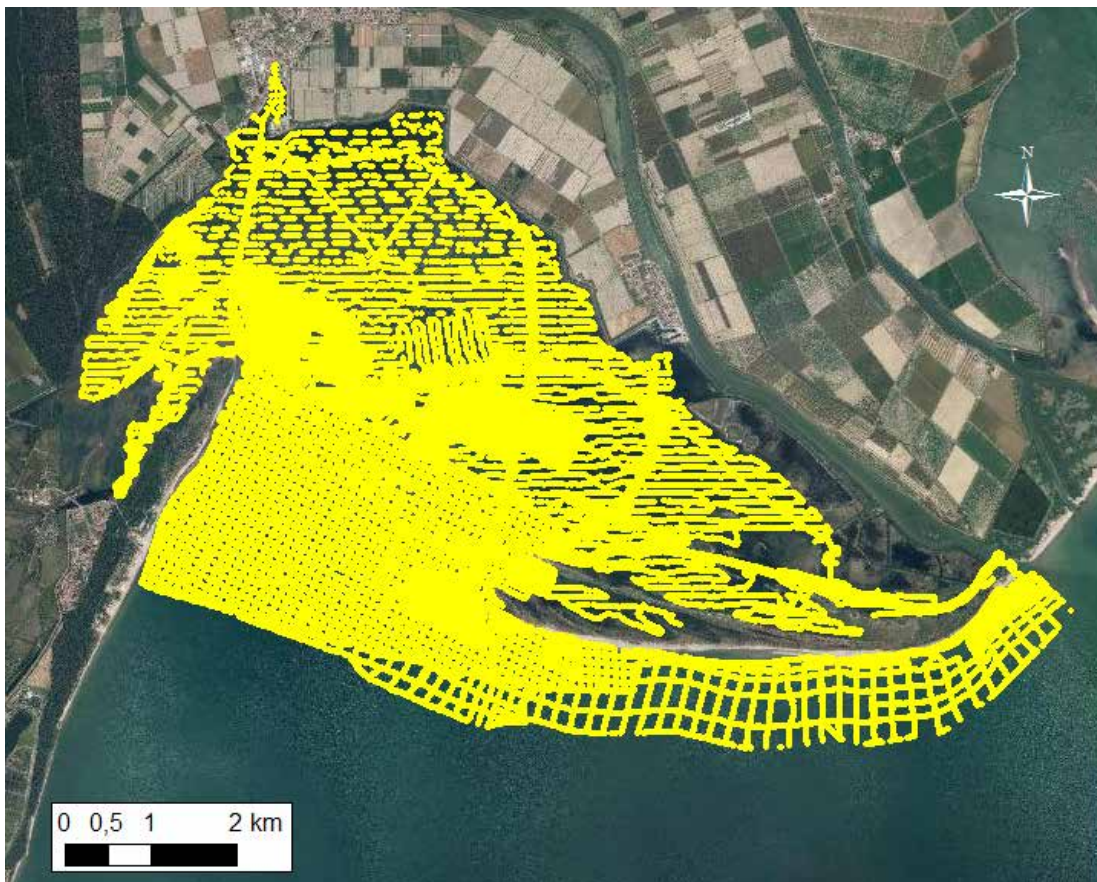


Fig.7 - Copertura rilievi batimetrici Scanno e Sacca di Goro.

I rilievi da parte della Provincia sono stati eseguiti periodicamente a partire dal 2008 e quelli che sono stati utilizzati nel presente lavoro sono quelli realizzati tra il 2012-2013, ed integrati con i rilievi della 5<sup>a</sup> Campagna. Anche per la loro elaborazione è stato utilizzato l'algoritmo Natural Neighbor interpolation, ottenendo così un DTM batimetrico con risoluzione 5X5 metri dello Scanno e di tutta la Sacca di Goro.

### **Procedura di elaborazione del modello digitale topo-batimetrico integrato**

Tutti i DTM realizzati o già disponibili (vedi DTM lidar Eni 2012) sono stati assemblati utilizzando una procedura complessa, basata sull'utilizzo di tools in GIS.

In primo luogo è stata fatta una integrazione e omogeneizzazione dei dati per ottenere la copertura totale dell'area del modello.



Ove possibile è stato effettuato il 'merge' dei modelli parziali. In alcune porzioni, limitate, è stato necessario invece rielaborare il modello, operando manualmente per il raccordo con i diversi DTM circostanti, in modo da evitare la presenza di 'spike' o gradini non realistici. In questo modo si è ottenuto un modello digitale topo-batimetrico ad alta risoluzione di tutta la fascia costiera emiliano-romagnola (Figura 8). Il DTM finale, include sia della parte emersa che sommersa, per una copertura totale di circa 980 chilometri quadrati. La parte emersa ha un'ampiezza variabile tra 2-4 chilometri e comprende anche tutta l'area delle Valli di Comacchio.

La parte sommersa si estende dalla quota zero fino alla profondità media di circa -9 metri, con un'ampiezza variabile da circa 1 a 5 chilometri circa, che è funzione della pendenza dei fondali lungo tutta la fascia costiera.

Fig. 8 - Estensione del Modello digitale topo-Batimetrico 2012.

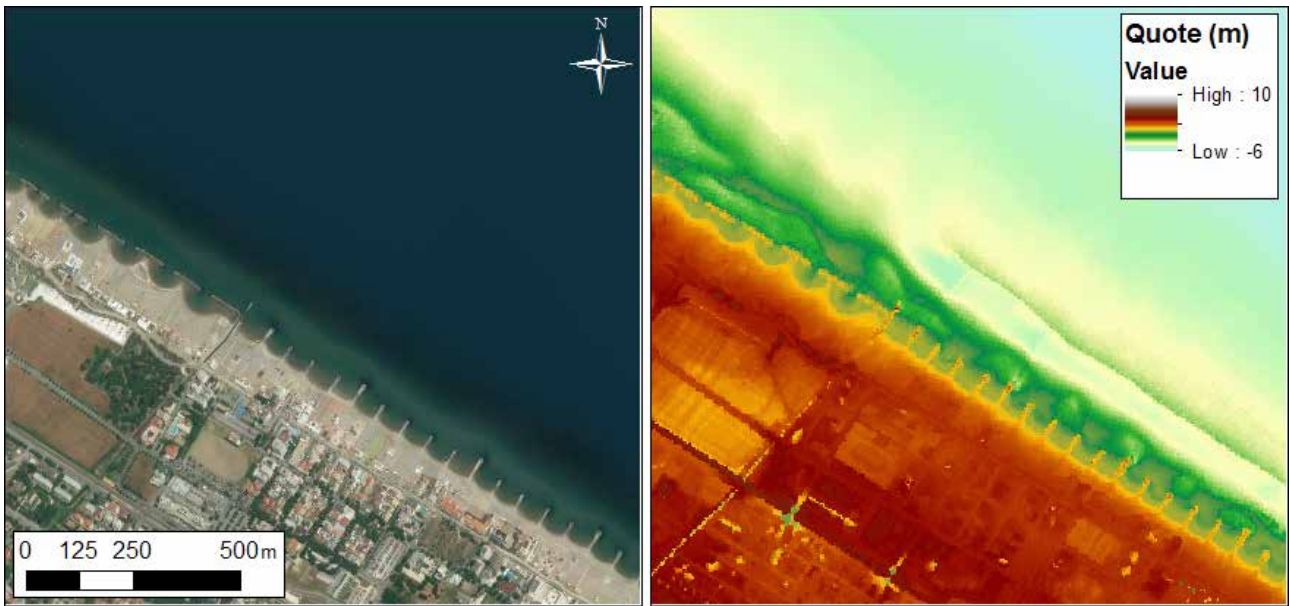


Fig. 9 - Particolare dell'area tra Misano e Riccione.



Fig. 10 - Particolare dell'area di Lido di Dante.

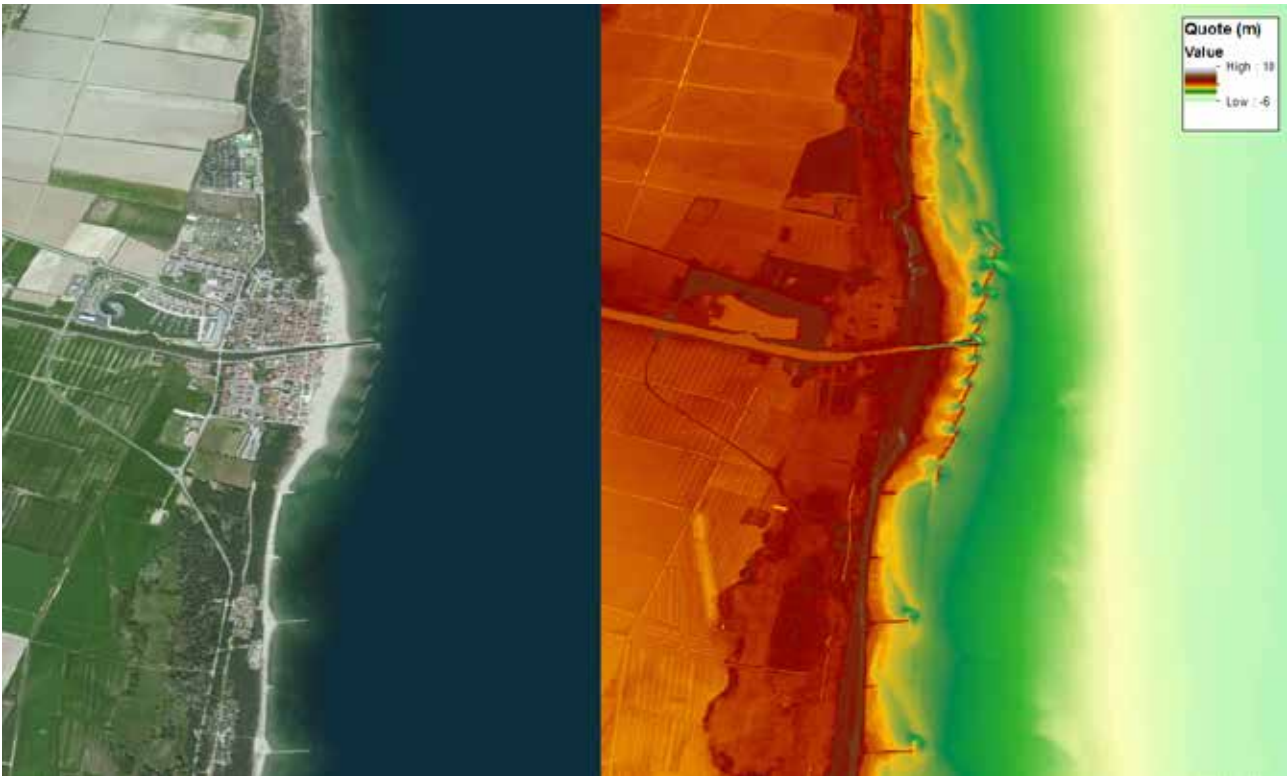


Fig. 11 - Particolare dell'area di Casal Borsetti.

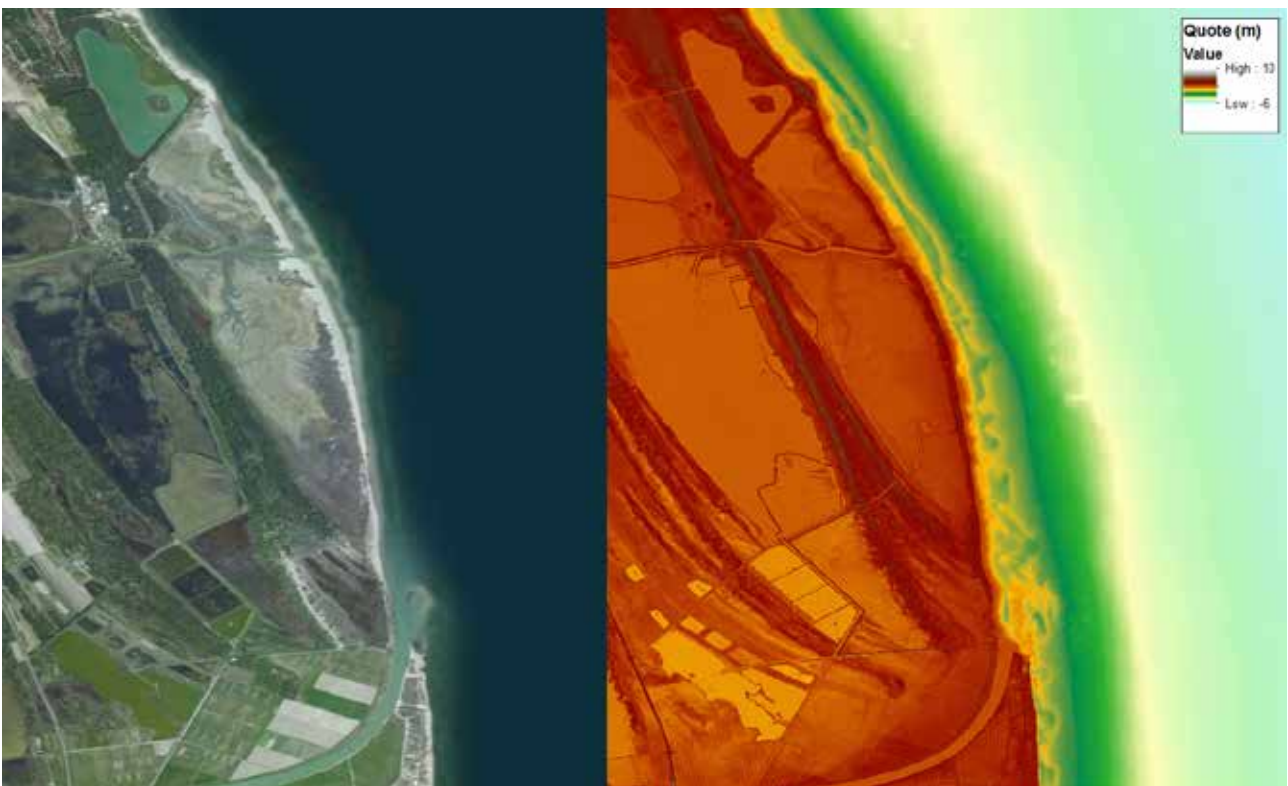


Fig. 12 - Particolare dell'area di Foce Reno e delle vene di Bellocchio.

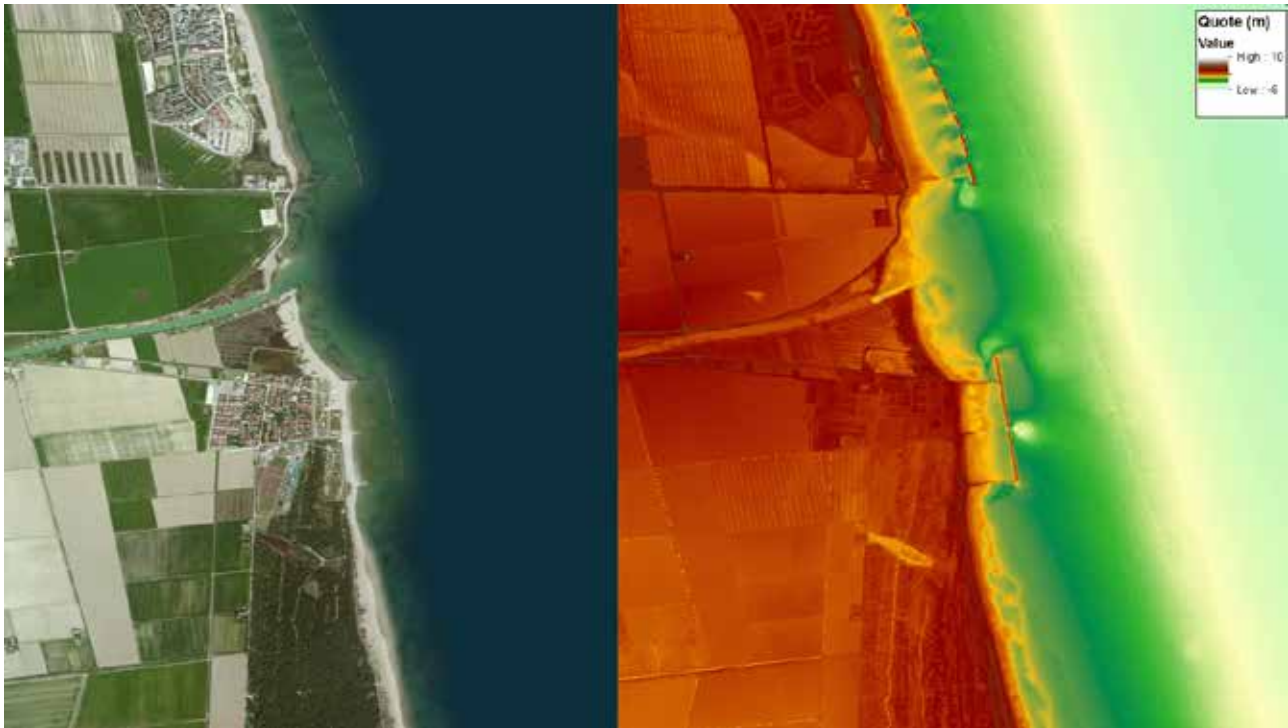


Fig. 13 - Particolare dell'area dello Scanno di Goro.

Riferimenti Biblio-tecnici:

- **Relazione finale ARPA: 5<sup>a</sup> Campagna di rilievo della rete topo-batimetrica e analisi dell'evoluzione recente del litorale emiliano-romagnolo** [https://www.arpae.it/dettaglio\\_generale.asp?id=3294&idlivello=1884](https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=3294&idlivello=1884)
- **Monografia Stazione mareografica Marina di Ravenna**  
[http://www.mareografico.it/LIVELLAZ/monografia\\_ravenna.pdf](http://www.mareografico.it/LIVELLAZ/monografia_ravenna.pdf)  
<http://www.mareografico.it/SPECIAL/RAVENNA2013.pdf>
- **Ufficio Acque Costiere ed Economia Ittica della Provincia di Ferrara**  
<http://www.provincia.fe.it/sito?nav=398>

**Airborn Lidar Terrestrial e Bathymetric – Costa Adriatica Romagnola 2012** (Documento confidenziale e di proprietà di Eni S.p.a. – e&p division)