

Titolo: Batimetrie e Modelli Digitali dei Fondali antistanti la Regione Emilia-Romagna

Anno di pubblicazione

2008

Rivista/Archivio

Relazione di attività SGSS

Autori documento

Luisa Perini (1), Gabriela Carrara (1), Samantha Lorito (1)

Elaborazione dati

Gabriela Carrara, Samantha Lorito, Paolo Luciani, Luisa Perini,

*Livelli informativi **webgis** e/o **sic**:*

Isobate (1953, 1968, 1984, 1993, 2000, 2006)

DTM Batimetrico (1953, 2000)

DTM Batimetrico (2006)

Progetti e/o attività di riferimento

Sistema Informativo Costa (SIC): coord. Perini L. (1)

Cadsealand (attività 4.17): coord. Perini (1), Cibir (1)

(1) SGSS ó Area Costa

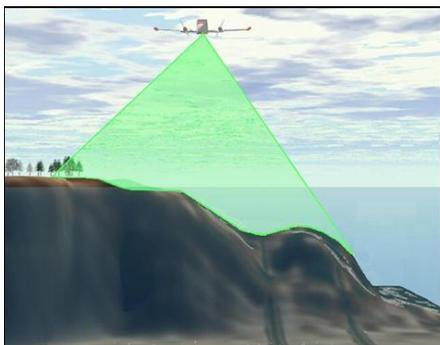


Introduzione ed obiettivi:

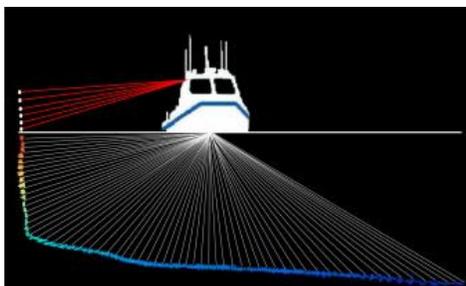
I dati altimetrici rappresentano un elemento indispensabile per lo studio del territorio, della sua evoluzione, dei processi morfo-sedimentari e per l'analisi dei rischi; nella fascia costiera, in particolare, è indispensabile che essi siano estesi anche alla porzione sottomarina della spiaggia. Nell'ambito del progetto di realizzazione di un completo ed aggiornato Sistema Informativo della Costa (SIC), si è deciso di raccogliere ed omogeneizzare i dati batimetrici, prodotti nel passato da diversi Enti. Come obiettivo iniziale si è scelto di privilegiare i lavori che avessero una copertura alla scala dell'intera regione, e, soprattutto, quelli con dettaglio sulla spiaggia sommersa (0/-8 m). Tali dati sono per lo più puntuali, rilevati con tecnica tradizionale ~~scandaglio~~ scandaglio single-beam lungo transetti trasversali alla costa, quindi non ideali alla costruzione dei moderni modelli batimetrici digitali.

Le nuove tecnologie di rilievo batimetrico quali i sistemi multibeam e laser scanner, permettono invece di realizzare modelli batimetrici tridimensionali ad alta e altissima risoluzione, anche se, soprattutto in fondali bassi come quelli che caratterizzano la ~~area~~ area antistante la costa Emiliano Romagnola, hanno dei costi di esecuzione ancora molto elevati.

Rilievo laser scanner



Rilievo multibeam



I dati acquisiti nel SIC sono stati georeferenziati nel sistema di riferimento regionale (UTM ED50 F32 falso nord -4.000.000m), ed alcuni di essi (dati 1953 e 2000) sono stati elaborati al fine di ottenere isolinee batimetriche (isobate) e modelli tridimensionali dei fondali.



Il data -set acquisito

La ricerca dei dati prodotti nel passato da Enti ed Istituzioni che operano nel settore marino/costiero (Istituto Idrografico della Marina (IIM), Regione, Università e CNR), ha permesso di realizzare un nutrito dataset comprendente informazioni batimetriche a partire dalla fine dell'800, in particolare:

- batimetrie IIM fine 800
- batimetrie IIM 1953. 54
- batimetrie CNR 1968
- batimetrie Idroser-RER 1984
- batimetrie Idroser-RER 1994
- batimetrie ARPA . RER 2000
- batimetrie off-shore ISMAR CNR (dati acquisiti in diverse campagne negli ultimi anni)
- carta nautica vettoriale IIM . foglio 37 (publ.2005)

I dati raccolti, ad eccezione delle batimetrie ARPA . RER 2000, si presentavano in formato cartaceo, pertanto sono stati scansionati, georeferenziati e digitalizzati utilizzando idonee procedure informatizzate dal SGSS .

Recentemente sono stati inseriti nel SIC anche i dati dell'ultima campagna batimetrica realizzata da ARPA-IE per conto della Regione Emilia-Romagna nel periodo Novembre 2006 - Aprile 2007.

Dati batimetrici fine 1800 e 1953-54

I primi dati batimetrici disponibili sono quelli di fine 800, che, insieme a quelli del 1953-54, sono stati forniti dall'Istituto Idrografico della Marina Militare di Genova (IIM). Essi sono riferibili alle campagne idrografiche rispettivamente condotte nei periodi 1880- 1905 e 1953-54 dallo stesso IIM, al fine di produrre la prima Cartografia Nazionale dei fondali. Le batimetrie erano state acquisite con l'impiego di ecoscandagli tradizionali a ultrasuoni e rilevando lungo transetti spazati da 300 a 500 metri e trasversali alla costa. In alcune zone di limitata estensione e basso battente d'acqua è stato eseguito lo scandagliamento a mano (con filo o cordino). Per il posizionamento veniva usato il sistema ottico per intersezione multipla in avanti.

Di tali dati ci sono state fornite:

- le tavole in formato tiff, sulle quali erano riportati manualmente i valori rilevati dallo scandaglio con un dettaglio centimetrico. I dati batimetrici sono riferiti alle basse marea sizigiali.
- le coordinate dei capisaldi utilizzate per i rilievi
- le carte nautiche derivate e pubblicate ai primi del 900 e negli anni 60
- la carta nautica in formato digitale (publ. carta nautica n. 37)



esempio di dati batimetrici 1953-54

Ciascuna mappa è stata georeferenziata utilizzando le coordinate dei pochi capisaldi disponibili (circa 2-3 per mappa), la carta topografica del 1° impianto IGM (già presente nel SIC), le foto aeree della R.A.F. (1943-45) e la carta tecnica regionale in scala 1.5000.

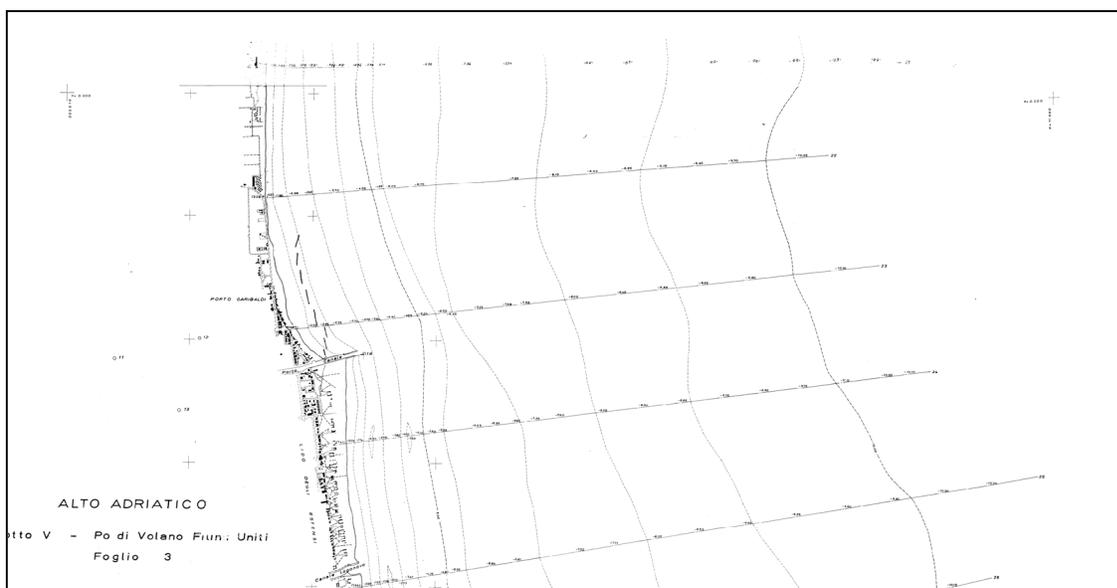


Dati batimetrici 1968

Le tavole batimetriche su supporto cartaceo, in scala 1:10.000, sono state fornite da Arpa Ingegneria Ambientale che, a sua volta, le aveva acquisite dall'Università di Padova.

Il rilievo batimetrico era stato eseguito dal CNR (consiglio Nazionale delle Ricerche) nei mesi di Luglio e Agosto del 1968 acquisendo le profondità con un ecoscandaglio ad ultrasuoni lungo transetti perpendicolari alla costa e spaziate da 500 a 1000 metri. Le tavole contengono sia le quote lungo i transetti che le isobate ricavate per interpolazione, non è tuttavia noto il sistema di riferimento planimetrico adottato.

Per quanto riguarda la elaborazione le tavole sono state scansionate e georeferenziate utilizzando ArcView 9.1 della ESRI Inc.®, utilizzando come base di riferimento le CTR in scala 1:5.000 della Regione Emilia Romagna.



esempio di tavola batimetria CNR 1968

Dati batimetrici 1984 e 1993 (1° e 2° campagna di monitoraggio topo-batimetrico)

Questi dati si riferiscono alle due campagne condotte da IDROSER (in seguito confluita in ARPA-Ingegneria Ambientale) su commissione della Regione Emilia Romagna. Il primo rilievo era finalizzato alla redazione del Piano Progettuale per la Difesa della Costa Adriatica Emiliano-Romagnola, mentre il secondo fu condotto per verificare gli effetti delle azioni di mitigazione messe in campo dall'ente per contrastare i fenomeni erosivi riscontrati con il primo rilievo.

Entrambe le campagne comprendono una parte di rilievo della spiaggia emersa, effettuata con strumenti topografici, ed una parte di rilievo batimetrico.

Questi ultimi furono condotti utilizzando ecoscandagli acustici tipo single-beam ed eseguendo i rilievi lungo transetti spaziate 500 metri e perpendicolari alla costa (142 sezioni nel 1984 e 139 nel 1993) effettuando il rilievo tra le profondità di 0 e 7 metri, con alcune sezioni estese fino ai 9 metri.



I dati originali consistevano in:

- file xyz (coordinate, profondità) nel sistema di riferimento Cassini-Soldner
- scansioni delle carte batimetriche prodotte da Idroser in scala 1:10.000
- tracce delle sezioni
- sezioni batimetriche in formato CAD

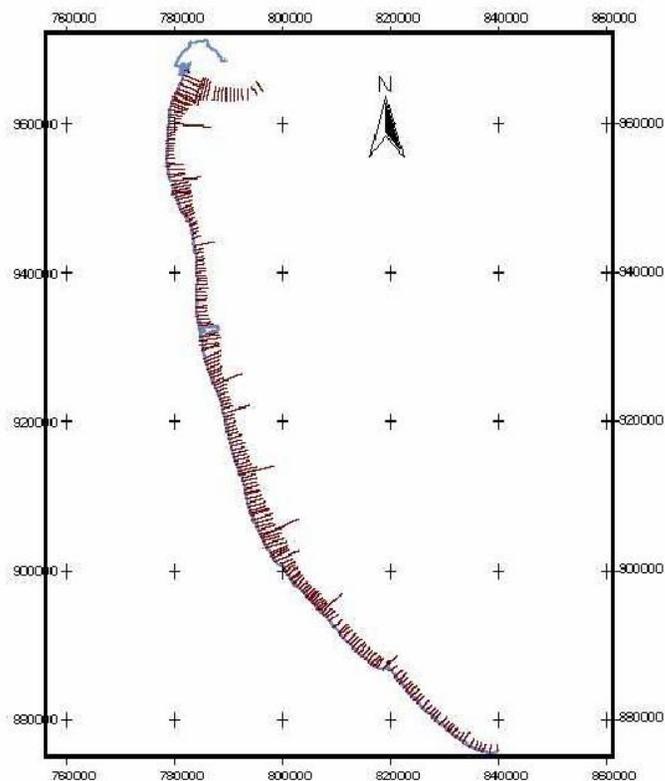
Le tavole sono state georeferenziate nel sistema cartografico regionale UTM ED50 F32 RER e poi si è proceduto alla digitalizzazione delle isobate.

Si ritiene che le isolinee batimetriche siano attendibili a partire dalla curva a quota . 2 m.s.l.m.. La curva dello zero altimetrico non coincide infatti con le quote riportate nei profili batimetrici, bensì sembra il risultato dell'interpretazione della linea di costa da foto aerea. Analogamente la curva relativa alla quota -1 m.s.l.m non trova riscontro nei profili batimetrici tabulati, ma sembra derivare da interpolazione fra la linea di costa (curva 0 m.s.l.m.) e la linea di . 2 m.s.l.m..

Dati batimetrici 2000

I dati della campagna topo-batimetrica della rete regionale relativi all'anno 2000, sono stati forniti da ARPA-Ingegneria Ambientale che ha seguito le attività di monitoraggio per conto della RER ed ha prodotto un lavoro sullo stato dei litorali (Publ. Arpa Stato del Litorale anno 2000). Anche questa campagna comprende il rilievo topografico della spiaggia emersa e il rilievo batimetrico dei fondali.

Questi ultimi furono condotti utilizzando ecoscandagli acustici tipo single-beam per i quali furono forniti i seguenti dati:



⇒ carte batimetriche in formato dwg e suddivise nei tratti:

- CARI: Tratto costiero da Cattolica a Rimini
- CESA: Tratto costiero da Cesenatico alla foce dei Fiumi Uniti
- NAGO: Tratto costiero da Lido delle Nazioni alla foce di Po di Goro
- RENA: Tratto costiero dalla Foce del Reno a Lido delle Nazioni
- RICET: Tratto costiero da Rimini a Cesenatico
- SARET: Tratto costiero dalla foce dei Fiumi Uniti alla foce del Reno

⇒ 225 sezioni trasversali alla linea di costa, spaziate circa 500 m, identificanti le tracce del campionamento batimetrico e relativi codici identificativi (sistema di riferimento planimetrico Cassini-



Soldner successivamente riportati nel sistema UTM ED50 F32 RER)

⇒ punti di campionamento batimetrico (profili): file di testo xyz nel sistema di riferimento WGS84-UTM F33 e successivamente riportati nel sistema UTM ED50* F32 RER

⇒ profili batimetrici elaborati e graficati in Autocad . formato dwg

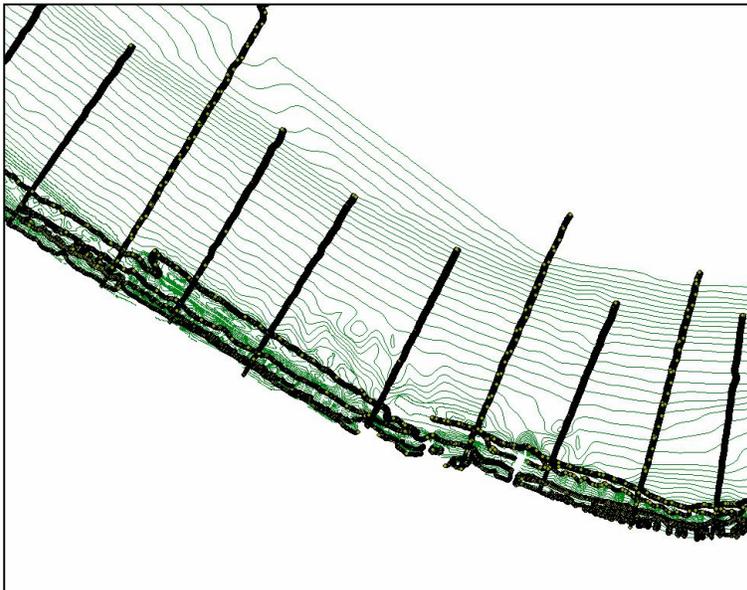
⇒ Isolinee batimetriche in formato DWG (plot1-12), convertite in Shape file e riportate dal sistema di riferimento WGS84-UTM F33 al sistema UTM ED50 F32 RER.

La campagna batimetrica fu condotta dalla Geosystem S.r.l. di Parma dal 17/1/2000 al 17/4/2000, su incarico di Arpa (Ingegneria Ambientale). I rilievi hanno interessato la spiaggia emersa dalle prime dune e/o infrastrutture alla linea di battigia, e i fondali dalla linea di battigia alla quota batimetrica . 8 (da Cattolica a Porto Garibaldi) e alla quota batimetrica . 6 da Porto Garibaldi alla Foce del Po di Goro.

Come riferimento altimetrico sono state adottate le quote ortometriche dei capisaldi della Rete regionale della subsidenza istituita da Arpa e livellata nel 1999, mentre per il posizionamento è stato adottato il Sistema WGS84. Per il confronto con i dati pregressi le cartografie sono state rappresentate nel doppio sistema Cassini-Soldner e WGS84UTM. L'uso della tecnologia GPS ha permesso di impiegare per la prosecuzione dei rilievi del litorale emerso e sommerso la stessa tipologia di strumentazione. Questa condizione ha consentito non solo di garantire l'assoluta omogeneità dei dati raccolti, ma anche , grazie all'impiego del sistema Differenziale RTK (mod. GPS Trimble 4700 RTK-OTF) di ottenere la correzione di marea sui dati batimetrici in tempo reale (tolleranze: Planimetrica +/- 0.10 mt; Altimetrica +/- 0.02 mt). Per il rilievo batimetrico è stato impiegato il sistema idroacustico, ad uscita grafico-digitale, Ocean Data Bathy-500 operante alla frequenza di 200 Khz. a cono di emissione ristretto (8 °) in grado di ottenere una precisione pari a +/-0.5% della quota operativa.

Dati batimetrici 2006

I dati della campagna topo-batimetrica della rete regionale relativi all'anno 2006-2007, sono stati



forniti da ARPA-Ingegneria Ambientale che ha seguito le attività di monitoraggio per conto della RER. I rilievi sono stati condotti dalla Geosystem S.r.l. di Parma, che ha rilevato tutta la costa regionale, fino alla profondità di circa -9 m, sulla base di un programma di lavoro che prevedeva: transetti perpendicolari alla linea di riva equidistanti circa 500 m e una serie di linee di rilievo trasversali, sia dentro che all'esterno delle opere di difesa. Per l'acquisizione dei dati è stato quindi necessario utilizzare strumentazione diversa, integrando poi i dati in fase di post-processing, ovvero:

- Sistema GPS in modalità



RTK per il posizionamento e per il rilievo batimetrico della spiaggia emersa fino alla profondità di 30 cm.

- ecoscandaglio singlebeam (SBE con trasduttore a 200KHz) per il rilievo della spiaggia sommersa fino alla profondità di circa 1.5 m
- ecoscandaglio multibeam (MBE) (caratteristiche: apertura conica di 120° e 240 beams generati con una frequenza di 455 kHz, ognuno emesso in un cono ampio 0.5°).

I dati acquisiti nel SIC sono i file XYZ di ciascun punto rilevato e le curve batimetriche in formato vettoriale.

Il DTM batimetrico 1953-54

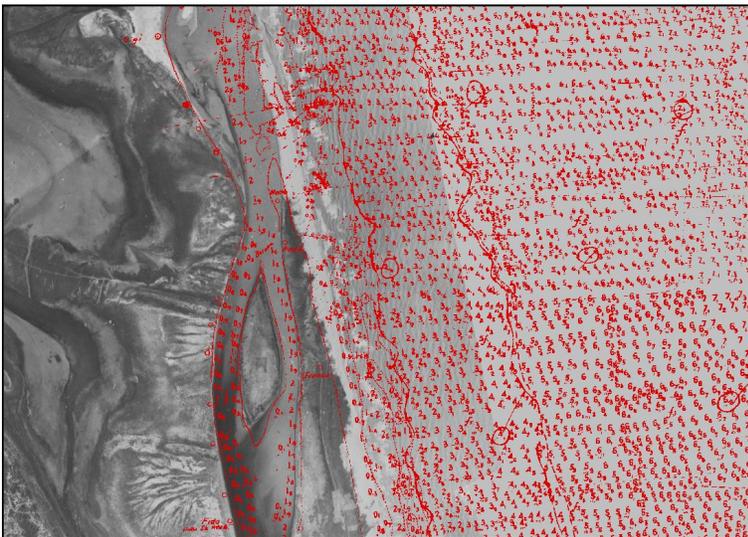
Non disponendo di un piano quotato omogeneo, ma di dati batimetrici puntuali e disposti lungo i transetti di rilievo, il DTM dei fondali è stato realizzato a partire dalle curve batimetriche elaborate attraverso la procedura di seguito descritta, in parte manuale, ed in parte automatica.

Interpretazione della linea di riva e delle strutture costiere artificiali

Questi elementi sono stati digitalizzati sulla base dell'ortofotomosaico RAF 1943-45, abbinando, in GIS, le immagini aeree ai raster delle tavole fornite da IIM.

Elaborazione delle curve batimetriche (isobate)

I dati batimetrici riportati sulle mappe sono stati corretti di marea e ad essi sono stati aggiunti 20cm (relativo al draft o immersione dello strumento) come indicato in una nota apposta sulle carte stesse. Sono state poi interpolate manualmente e successivamente acquisite in formato vettoriale, le curve batimetriche con equidistanza di mezzo metro a partire dalla - 0.5m fino alla profondità di circa - 23m, lungo tutto il litorale. Oltre alla linea di costa sono state digitalizzate l'estensione delle



barene presenti nell'area della Sacca di Goro. È importante sottolineare che la digitalizzazione manuale delle isobate, supportata dalle immagini aeree in cui sono visibili le strutture sedimentarie del basso fondo, consente di rispettare una coerenza sedimentologica e geometrica con la morfologia costiera e con le strutture di difesa. Le batimetrie così elaborate sono state utilizzate per l'elaborazione del DTM 1953-54.

Generazione del Modello

Il lavoro è stato diviso in due fasi:

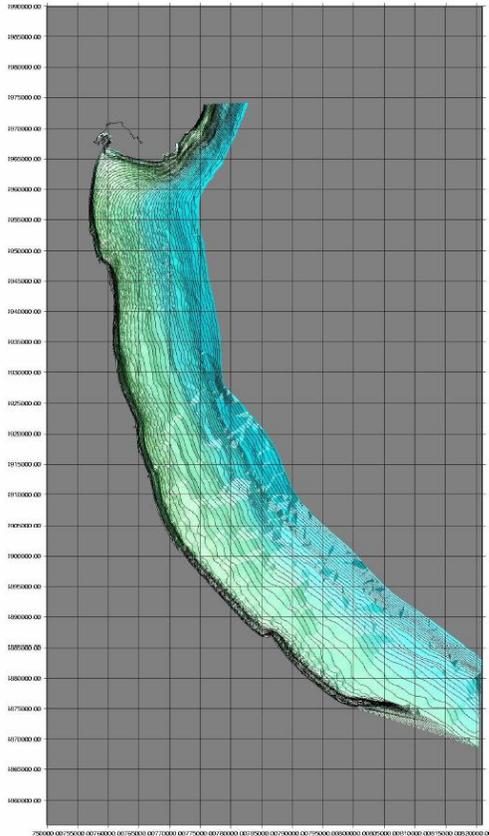
FASE 1- La prima fase ha comportato:

- A partire dalle isobate, prodotte come descritto in precedenza, è stato effettuato un controllo puntuale, la correzione di eventuali errori di digitalizzazione e la trasformazione delle polilinee in shape di punti. Stessa cosa è stata fatta per la linea di riva digitalizzata sulle carte IIM
- Estrazione delle triplette XYZ per tutti i punti e loro formattazione per l'elaborazione tramite il software GMT (Generic Mapping Tool).



FASE 2- Tramite GMT e' stato possibile realizzare una griglia 50 x 50 m usando:

- i punti XYZ relativi alla linea di costa digitalizzata dalla cartografia IIM.
- i dati XYZ ricavati dalle contour digitalizzate in ArcView.



I dati sono stati trattati attraverso un filtro (blockmean) che media i dati allo scopo di eliminare la creazione di artefatti numerici e di conseguenza grafici. La griglia e' stata convertita dal formato nativo NETCDF al formato ASCII per ArcView®, e, in quest'ultimo, e' stata importata per vedere la sua corrispondenza con le curve batimetriche.

Il DTM batimetrico 2000

Non disponendo di un dataset omogeneo per i fondali antistanti la costa emiliano . romagnola, la creazione del modello batimetrico dei fondali anno 2000, sono stati utilizzati diversi dataset:

- i dati topo-batimetrici (Arpa 2000) formano l'ossatura del dataset batimetrico (Vedi info-precedenti - dati batimetrici 2000). L'intervallo di acquisizione tra un punto ed il successivo lungo lo stesso profilo e' di circa 7 metri, ed i profili sono spazati 500 m, distribuiti lungo tutta la costa regionale. Purtroppo non esistono profili di controllo paralleli alla costa che incrocino i precedenti (ad eccezione di uno nell'area di Volano).
- La porzione più profonda (fino a 37 metri) e' stata ottenuta integrando i dati provenienti dalla carta batimetrica dell'Adriatico prodotta dalla Sezione di Geologia Marina dell'Istituto ISMAR-CNR di Bologna. Tali dati sono costituiti da curve batimetriche comprese tra 2 e 52 metri con equidistanza di 2 metri. I valori delle isobate sono stati ricavati con metodi indiretti da dati geofisici e sono stati forniti in coordinate regionali e leggibili come shape di punti.



Interpretazione della linea di riva e delle strutture costiere artificiali

Questi elementi sono stati digitalizzati sulla base fotografie aeree IT2000. La linea di costa e' stata digitalizzata seguendo, ove visibile, il limite sabbia bagnata-sabbia asciutta (vedi doc. Linea di Costa).

Elaborazione del primo DTM e curve batimetriche (isobate)

Si è valutato che non fosse opportuno costruire il modello sulla base delle isobate originali, perché, sotto costa non tenevano conto della presenza delle opere e delle morfologie del basso fondo. Il lavoro è stato quindi diviso in due fasi:

FASE 1- generazione di un grid (250 x 250 metri) usando, dopo opportuna formattazione, i dati:

- XYZ della linea costa interpretata dalle foto aeree
- XYZ-ARPA relativi alla spiaggia sommersa
- XYZ-CNR a partire dalla isobata degli 8 metri.

Da questo grid iniziale sono state prodotte le isobate ogni 0.5 metri per l'intera area.

Tali curve sono state messe a confronto con i dati di partenza (profili ARPA2000 e dati CNR). Nell'intervallo batimetrico 0-4 metri le curve si sono rivelate poco attendibili perché oltre a non descrivere la posizione delle opere di difesa e delle tipiche morfologie del basso fondo, esse non erano fedeli ai dati batimetrici originali dei transetti (ARPA 2000). Per l'intervallo compreso tra 4 e 37 metri, invece, le isobate prodotte automaticamente rispecchiavano adeguatamente i dati ARPA e CNR.

FASE 2- La seconda fase ha comportato:

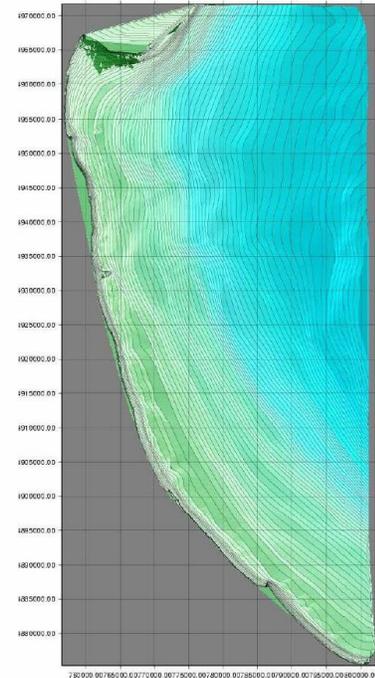


- l'interpretazione e la realizzazione manuale in ambiente GIS delle curve batimetriche nell'intervallo 0-4 metri a partire dai profili RER-ARPA sovrapposti alle immagini aeree (volo IT2000) in cui sono visibili le strutture sedimentarie del basso fondo e le opere artificiali. In questo modo si è rispettata una coerenza sedimentologica e geometrica con la morfologia costiera e con le strutture di difesa.
- l'aggiustamento delle curve batimetriche dell'intervallo 8-10 metri, ove non coincidevano con i dati dei profili
- la verifica dei dati batimetrici dei fondali oltre i 10 m, con i dati IIM (foglio 37 formato vettoriale) di recente fornitura
- L'unione in un unico file vettoriale delle curve batimetriche e sua trasformazione in shape di punti.
- L'estrazione delle triplette XYZ per tutti i punti e loro formattazione per GMT (Generic Mapping Tool,4.1).



Generazione del Modello

Dalle triplette XYZ è stata realizzata una griglia 10 x 10 m filtrando i dati attraverso un filtro (blockmean), che media i dati allo scopo di eliminare la creazione di artefatti numerici e di conseguenza grafici. Il grid è stato convertito dal formato nativo NETCDF al formato ASCII per ArcView® ed in quest'ultimo è stato importato per vedere la sua corrispondenza con le curve batimetriche. I risultati in generale sono soddisfacenti .



Il DTM batimetrico 2006

Il DTM batimetrico 2006 è stato fornito da ARPA-IE che lo ha generato utilizzando il software ArcView 9.2 della ESRI Inc.®.

