

## Tracciamento della linea di riva laziale a partire da ortofoto AGEA 2014 ed implementazione della banca dati per i layer pertinenti.

Nicola Pizzeghello <sup>(a)</sup>, Chiara Murri <sup>(b)</sup>, Graziano Colistra <sup>(c)</sup> e Ilenia Batzu <sup>(d)</sup>

- (a) Istituto Idrografico della Marina, Capo Ufficio Idrografia
- (b) Istituto Idrografico della Marina, Capo Sezione Rilievi
- (c) Istituto Idrografico della Marina, Addetto Nucleo Geo-topografico
- (d) IHO Hydrographic Surveyor CAT A

### 1. Abstract

L'integrated coastal zone management (ICZM) è l'approccio moderno utilizzato per lo studio, la gestione e lo sfruttamento della fascia costiera secondo varie applicazioni considerando che in questo settore si concentrano interessi afferenti i più diversi ambiti, economici, ambientali, giuridici, scientifici, sociali. La complessità naturale della zona costiera cui si somma la componente antropica è molto chiara a tutti ed è evidenziata dalla nutrita letteratura scientifica e dal continuo sviluppo di studi e strumenti per poter salvaguardare e gestire un bene comune. La costa infatti è intrinsecamente instabile per sua natura e conseguentemente una sua caratterizzazione deve tener conto di un continuo monitoraggio e aggiornamento delle sue variazioni e tendenze evolutive. La fascia costiera è quella porzione di territorio emerso e sommerso che contiene la linea di riva ed è sottoposta a processi geomorfici sia continentali che marini. La linea di riva è l'espressione più evidente di come questo settore sia particolarmente dinamico registrando in modo più o meno immediato le variazioni in corso. La complessità intrinseca della linea di riva e della costa dipendono dalle forzanti naturali agenti giornalmente, stagionalmente e su finestre temporali più ampie a cui si aggiunge una sempre crescente pressione antropica. La costa risponde in modo più o meno rapido in relazione alle velocità e intensità dei fattori dinamici locali e globali da cui processi più o meno rapidi che si riscontrano sempre in fase di criticità (erosione e arretramento della costa emersa, interrimento di aree portuali, ingressione del cuneo salino in aree subsidenti o dove si ha un abbassamento della falda freatica, onde anomale e innalzamento del livello del mare che possono investire abitanti, attività produttive e centri industriali). La corretta analisi e la rappresentazione della forma e la natura del territorio costiero rappresentano un primo passo per fornire a coloro che lo studiano e gestiscono strumenti rappresentativi, affidabili e confrontabili. La necessità di disporre di standard e seguire delle procedure comuni rende più semplice l'uso di conoscenza e lo sviluppo di strumenti di salvaguardia, previsione, pianificazione, intervento e gestione. Questo lavoro presenta i risultati di uno studio rivolto alla realizzazione di un approccio integrato nell'estrazione della linea di riva prendendo come caso pilota il litorale laziale, nell'ambito del Progetto europeo "Intercoast". Questo lavoro trae le sue basi fondanti dalle direttive nazionali ed internazionali riguardanti la fascia costiera, siano esse connesse ad un ambito più terrestre oppure marittimo, all'interno comunque dell'ampia definizione di Idrografia fornita dall'International Hydrographic Organization. Vengono presentati risultati di attività di campo e di laboratorio sono state condotte con approccio multidisciplinare disponendo di diverse competenze atte a sviluppare in modo sinergico un flusso di azioni e poter fornire i dati del settore costiero secondo gli standard idrografici nazionali e internazionali previsti restituendo una procedura con l'estrazione della linea di riva. In prima analisi sono stati considerati i sistemi di riferimento delle misure da utilizzare, nella loro componente

planimetrica ma soprattutto verticale. Le informazioni territoriali estratte da misure dirette o indirette del settore costiero più dinamico emerso e sommerso (costa emersa e fondale) sono state fornite associandole ad un budget delle incertezze di misura, valutandone quindi la qualità. Elemento di forza è risultata sicuramente la connessione di misure della superficie del fondo con la parte emersa della costa come se fosse un'unica superficie (un continuum), dove la linea di riva è l'intersezione istantanea con la superficie dell'acqua. Lo sviluppo di un flusso di lavoro integrato è stato ottenuto dal confronto dei dati risultanti da un approccio indiretto di estrazione della linea di riva con dati acquisiti direttamente con sistemi topografici e idrografici secondo gli standard nazionali e internazionali. Questi dati ad alta risoluzione sono stati resi omogenei e pronti per essere impiegati in diversi usi secondo quanto previsto dalle direttive INSPIRE, integrando con nuovi features che meglio rappresentassero il settore. L'uso di uno stesso standard per l'ambito sommerso-emerso dovrebbe essere utile ausilio a creare un unico e continuo approccio al settore terra-mare cercando di abbattere le separazioni esistenti nelle modalità di metodi impiegati in relazione all'uso specifico. La presenza della linea di riva non deve separare come linea ma essere elemento di forza per lo studio alle diverse scale spaziali, stagionali e pluriennali della coastal zone.

## 2. Introduzione

L'attività riportata nel seguente articolo nasce dalla collaborazione tra l'Istituto Idrografico della Marina (di seguito IIM) e la Regione Lazio con l'Accordo di partenariato pubblico - Progetto POR FESR 2007-2013 "INTERCOAST" tra la Regione Lazio e la Marina Militare (2 novembre 2015), che ha avuto il seguente obiettivo:

*"Approntamento di procedure avanzate per la produzione di cartografia digitale costiera ufficiale ad un dettaglio territoriale (scala 1:5000) e per la definizione della linea di costa e la sua tipologia (alta, bassa), mediante l'individuazione di opportuni standard, la validazione di dati già esistenti e la loro condivisione nonché il supporto reciproco nella verifica e collaudo di nuovi dati e la messa a punto di procedure per l'acquisizione di nuovi dati".*

Tra le varie attività, il lavoro oggetto del presente report ha riguardato:

*"Tracciamento della linea di riva e sua caratterizzazione topologica-morfologica sulla base delle ortofoto AGEA 2014 [...omissis]"*.

La posizione geografica della linea di riva e l'estensione della fascia costiera nel tempo sono importanti ai fini della:

*"gestione del territorio in relazione alle oggettive esigenze (inurbamento, attività turistiche, dissesto idrogeologico, erosione, effetti CC, ecc.) ed ai maggiori impegni scaturiti da specifiche normative europee ( Direttiva Alluvioni 60/2007/CE, Direttiva Pianificazione Spazio Marittimo 89/2014/UE, ecc)".*

Il presente lavoro si inquadra all'interno degli ambiti sopra indicati e si pone come obiettivo quello di identificare una procedura condivisa sul tracciamento ed estrapolazione della linea di riva a partire dall'analisi di foto aeree e sull'implementazione della relativa banca dati, in riferimento al alle direttive in vigore.

## 3. Misure della costa e sistemi di riferimento

Le misure raccolte sulla fascia costiera sono relative alla forma ed alla natura della costa emersa ed immersa, rappresentandola attraverso un *continuum* spaziale che non ha linee di discontinuità ma solo di approccio metodologico e di misura.

I sistemi di riferimento comunemente utilizzati sono in primis quelli comuni alle misure prevalentemente terrestri.

I datum geocentrici di natura geometrica sono ormai utilizzati nelle loro tre dimensioni, sfruttando l'elevata qualità dei dati e la possibilità di determinare la quota rispetto all'ellissoide utilizzato con un grado di incertezza molto spinto grazie al posizionamento di precisione.

Il maggior pregio dell'ellissoide, la sua materializzazione direttamente sui mezzi idrografici, è controbilanciato dal suo grande limite, cioè quello di essere un riferimento fondamentalmente geometrico con poche connessioni con l'andamento soprattutto della forza di gravità, che influenza invece la posizione della superficie dell'acqua.

Il datum verticale connesso alla fisica comunemente utilizzato è la materializzazione del geoide, una superficie per definizione equipotenziale e materializzata attraverso misure di dislivelli combinate con misure di gravità. Tale superficie è normalmente fissata imponendo il passaggio per un solo punto che avrà un certo potenziale  $W_0$ , e tutte le quote sono riferite a tale punto. Tale operazione dà alla quota una veste fisica, ma non la collega direttamente all'ambiente costiero. La quota del geoide è infatti solo lontanamente collegata alla posizione locale dell'acqua, in quanto il punto di quota zero è convenzionalmente assunto come media del livello del mare per un certo periodo di tempo comunque lungo, e il punto di quota zero è generalmente lontano spazialmente dal sito locale di interesse.

Per caratterizzare la *Coastal Zone*, quindi, il geoide non basta, e bisogna necessariamente mettere in campo un riferimento che tenga conto di dove è l'acqua nella zona di interesse. La superficie anche mediata del mare convenzionale infatti non riflette l'andamento locale, sia dal punto di vista spaziale che temporale, del livello marino. E quindi il riferimento va ricercato nel livello medio del mare, misurato in un certo punto rappresentativo dell'area studiata, mediato per un periodo sufficientemente lungo. Tale livello, che da adesso in poi chiameremo livello medio mare locale, ha degli scostamenti variabili rispetto sia all'ellissoide, e la cosa non stupisce vista la natura geometrica di quest'ultimo, ma anche rispetto al geoide, per i motivi sopra accennati. Le differenze e relative modellazioni andranno poi estese e rese continue sui litorali valutando la loro incertezza e mettendola a sistema con la qualità delle misure.

Al livello medio del mare locale possono essere collegati i cosiddetti *Tidal Datum*, cioè dei riferimenti che sono connessi al fenomeno della marea astronomica. Si individuano livelli connessi alle basse maree oppure alle alte in funzione degli utilizzi.

Sulla cartografia nautica ufficiale dello Stato, edita dall'Istituto Idrografico della Marina, il livello verticale di riferimento per le profondità è il livello medio delle maree sizigie, calcolato come differenza per l'area rappresentata tra il livello medio locale e il sopracitato livello delle basse maree sizigie. Tale valore è riportato sulle carte nautiche con l'acronimo *Z0*. Tale scelta è operata sulla base del fatto che, essendo il livello di riferimento più basso di quello medio, le profondità riportate sono per la maggior parte minori di quelle reali. L'intera rappresentazione garantisce quindi che si rispetti un criterio di sicurezza della navigazione.

Al fine di determinare la posizione del datum sul territorio, una rete di misura e monitoraggio del livello del mare può essere realizzata attraverso sensori in situ che, oltre a misurare la posizione del pelo libero dell'acqua, siano connessi ai datum geometrici e fisici (ellissoide e geoide) al fine di fornire un insieme completo di misure.

#### 4. Tracciamento geometrico della linea di riva

Il tracciamento e l'estrapolazione della linea di riva laziale comprese le isole Pontine sono stati ottenuti mediante estrazione della linea digitalizzata dalle ortofoto a colori AGEA 2014 (risoluzione 0,20 metri), volo anno 2014 (vedi esempio in Fig. 1.1).

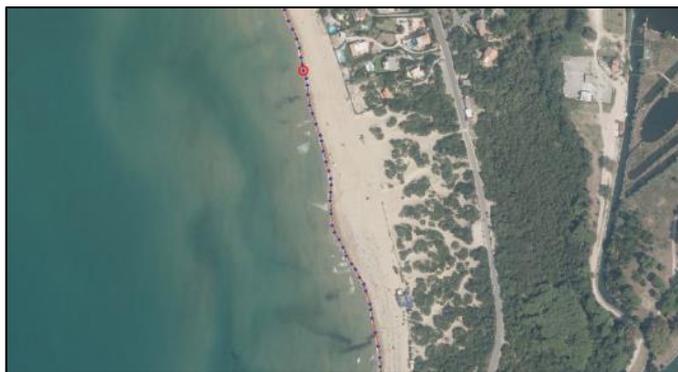


Fig. 1.1- Esempio di digitalizzazione della linea di riva sulle Ortofoto aeree AGEA 2014

La linea di riva è un'entità che per sua natura è molto variabile e dipendente da diversi fattori quali principalmente: variazioni verticali del livello medio mare (maree), moto ondoso, morfologia e litologia della spiaggia e pendenza della battigia. Appare, quindi, evidente che tracciare una singola linea a partire da foto aeree abbia intrinsecamente dei limiti qualitativi.

La direttiva INSPIRE definisce la linea di riva (*Shoreline*) come segue:

*“A shoreline is a boundary where a SeaArea meets land. However there can be many different shoreline depending on the tidal state. A Shoreline must therefore have a value for the water level that identifies the tidal state used to define the shoreline”*

Mentre viene definita linea di costa (*Coastline*):

*“A Coastline is specialisation of shoreline when the water level is equal to MHW. A Coastline will typically be the spatial object type used for most applications that need to show a sea/land boundary”*

Da quanto sopra risulta evidente che, avendo a disposizione delle ortofoto, è possibile definire esclusivamente una linea di riva (*Shoreline*) corrispondente ad un livello medio del mare nell'intorno dell'istante di presa e generalizzarla ad una scala che tenga conto della sua variabilità.

## 5. Codifica Linea di Riva (DPCM 10 Novembre 2011 – IHO S57)

Con l'entrata in vigore del DPCM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”, i database geotopografici costituiscono la base informativa territoriale per le pubbliche amministrazioni per la raccolta e la gestione dei dati territoriali.

All'interno del DPCM 10/11/2011 sono considerati il campo d'applicazione ed i principi di carattere generale enunciati dalla Direttiva INSPIRE (infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea).

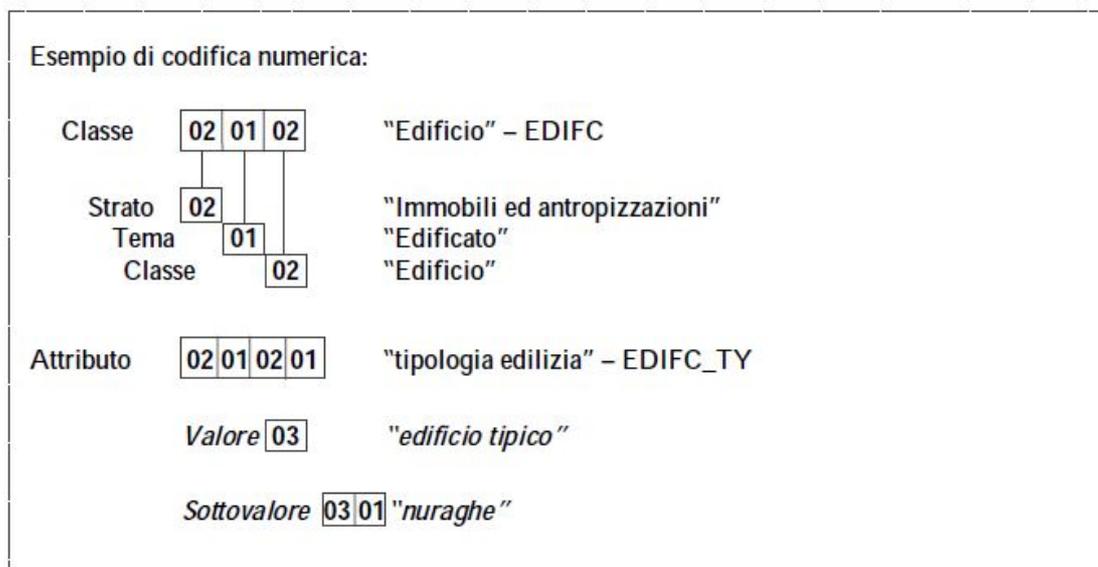
L'Allegato 1 del DPCM “Catalogo dei dati territoriali – Specifiche di contenuto per i DataBase Geotopografici” individua i dati territoriali che rappresentano e descrivono il territorio nei principali aspetti naturali e antropici, organizzati in Strati, Temi e Classi, con le relazioni e i vincoli tra i dati stessi. La struttura di riferimento è la “Classe”, che definisce la rappresentazione di una specifica tipologia di oggetti territoriali, mentre gli “Strati ed i “Temi” hanno solo lo scopo di raccogliere le Classi in sottoinsiemi morfologicamente o funzionalmente omogenei.

L'art. 59 del D. Lgs. n. 82/2005 “Codice dell'Amministrazione Digitale” ha istituito, presso il CNIPA, il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT) le cui finalità sono quelle di *“agevolare la pubblicità dei dati di interesse generale, disponibili presso le pubbliche amministrazioni a livello nazionale, regionale e locale”*.

Il Repertorio si configura come un catalogo di metadati basato sugli Standard ISO 19115:2003, 19119:2005 e 19139:2007 e coerente con la Direttiva Europea 2007/2/CE (INSPIRE) e con il

Regolamento (CE) n. 1205/2008 relativo proprio all'attuazione della Direttiva citata per quanto riguarda i metadati

Le Classi e gli attributi sono codificati con due modalità, una alfanumerica, espressa in modo da agevolare il riconoscimento della Classe o dell'attributo a cui si riferiscono, ed una numerica.



Le opere portuali vengono descritte all'interno dello "STRATO 02 – Immobili ed antropizzazioni - TEMA – Opere Idrauliche, di difesa e di regimazione idraulica 0205":

- 1) Nella Classe "Attrezzature per la navigazione (AT\_NAV – 020504)", troviamo tipologie di opere quali, bacini di carenaggio, bacini galleggianti, rampe etc.
- 2) La Classe "Opera portuale e di difesa delle coste (OP\_POR – 020505)", comprende le opere di sbarramento prospicienti un porto che abbiano la funzione di proteggere la costa dal moto ondoso delle acque, quali, le opere portuali di approdo come moli, banchine, e le opere di difesa delle coste come pennelli, dighe foranee etc.

La linea di costa marina all'esterno delle opere portuali viene descritta nello "STRATO 04 – Idrografia – TEMA Acque marine 0402", nella Classe "Linea di costa marina cartografica (CS\_MAR – 040201)".

Nel DPCM il TEMA "Acque marine 0402" comprende le classi di oggetti che definiscono la linea di costa marina cartografica (linea ideale dove terraferma e mare si incontrano, generalmente determinata per via fotogrammetrica ed è riferita al l.m.m., si tratta di una linea convenzionale, così come definito nel DPCM) e può includere ad esempio spazi di terraferma (isole), forme naturali del terreno quali rocce/scogli o aree sabbiose/dune, o opere di difesa delle coste quali barriere frangiflutti, etc.,

Il Tema "Opere idrauliche, di difesa e di regimazione idraulica" è definito come segue:

*"Opera di sbarramento prospiciente un porto con la funzione di proteggere la costa dal moto ondoso delle acque. Sono definite in questa classe le entità che costituiscono forme di controllo, ritenuta e di accesso nello scambio delle comunicazioni terra-acqua. Vi appartengono le opere portuali di approdo come moli, banchine, e le opere di difesa delle coste come pennelli, dighe foranee ecc... Sono accorpati in un'unica classe perché identificano entità che esercitano anche multiple funzioni (molo con funzione anche di barriera frangiflutti...)"*

Sulla base di quanto indicato all'interno del DPCM 10/11/2011 è stato deciso di adottare come riferimento uno schema relazionale semplificato con l'introduzione ed implementazione dei seguenti campi

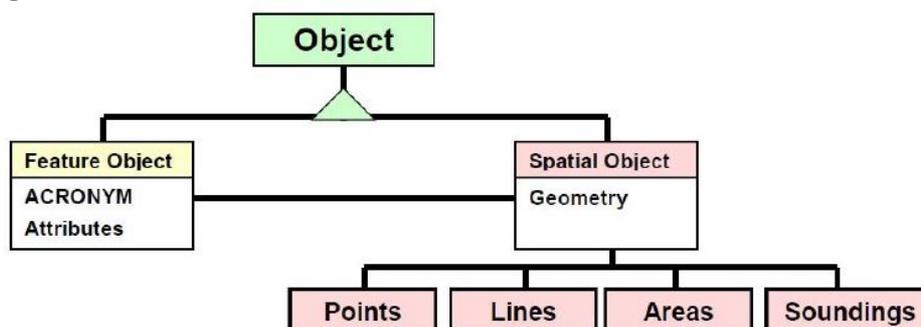
Codice Tema/classe	1° livello	2° livello	3° livello
CS_MAR_04020102	2 naturale	01 alta e scoscesa	
		02 bassa	01 ghiaiosa
			02 rocciosa
			03 sabbiosa
	02 artificiale		
	03 fittizia	01 foce o bocca lagunare	
02 tomboli (spiaggia a ridosso di barriere emerse)			
03 costa a ridosso di opere antropiche			01 opere portuali
			02 tipologie varie
OP_POR_02050501	01 diga foranea		
	02 barriera frangiflutti		
	03 pennello	01 dritto	01 emerso
		02 forma a T	02 sommerso
		03 forma a L	03 semisommerso
		04 forma a Y	
	04 molo		
	05 banchina/pontile		
06 Opere di Difesa longitudinali	01 Aderente	01 emersa	
	02 Distaccata	02 sommersa	
	03 Composita	03 semisommersa	

Schema relazionale adottato in aderenza al DPCM 10/11/2011

“IHO S-57 Transfer Standard for Digital Hydrographic Data” è invece la normativa di riferimento per il popolamento dei database e lo scambio di dati idrografici, inclusa la loro pubblicazione come ENC (Electronic Navigational Chart).

Nel modello dei dati S-57 le varie entità sono definite attraverso “Feature Object” che contengono attributi descrittivi, e “Spatial Object” i quali definiscono la geometria della Feature.

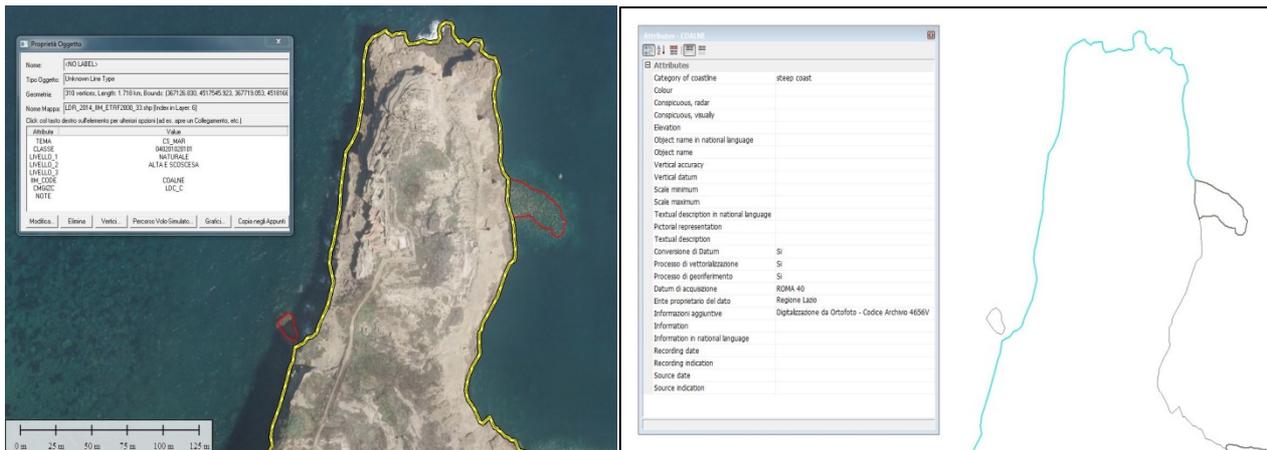
Di seguito si riporta lo schema relazionale della S 57.



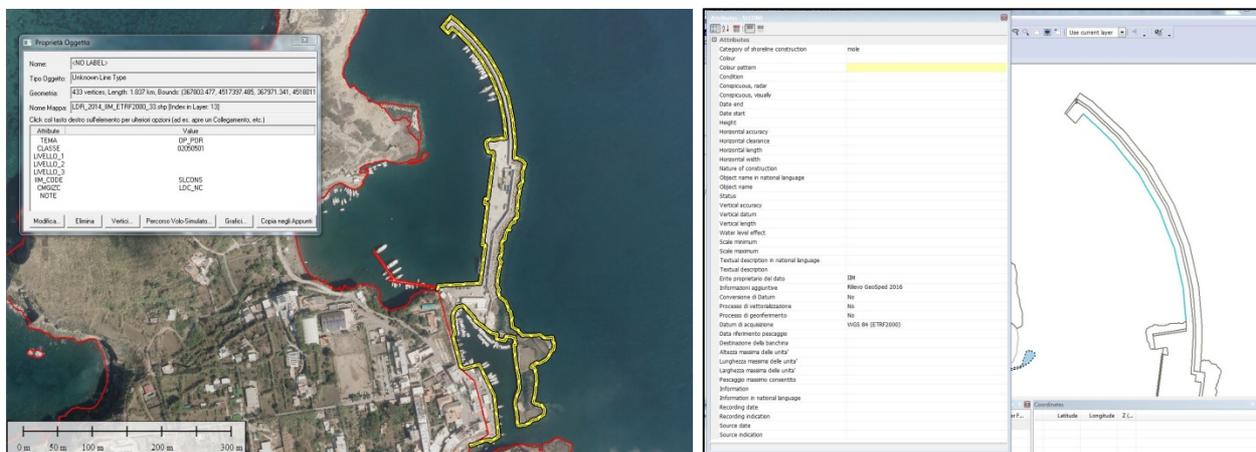
Schema relazionale IHO S-57

Sulla base del predetto schema e dei contenuti dello standard S-57 si è provveduto a ricodificare la linea di riva mantenendo gran parte della geometria già utilizzata per la codifica aderente al DPCM riguardante i database geotopografici.

Di seguito si evidenziano alcuni tratti di linea di riva naturale e artificiale e relative codifiche.



Isola di Ventotene - esempio codifica - CS\_MAR – 040201 - DPCM 10/11/2011- Coastline – IHO S-57



Isola di Ventotene - esempio codifica - OP\_POR – 020505 - DPCM 10/11/2011- Shoreline construction – IHO S-57

## 6. CONCLUSIONI

La collaborazione tra l’Istituto Idrografico della Marina e la Regione Lazio, nell’ambito del Progetto “POR FESR 2007-2013 INTERCOAST” ha portato alla definizione della linea di riva della Regione Lazio a partire dall’analisi e digitalizzazione delle ortofoto AGEA 2014.

La linea di riva, tracciata congiuntamente tra i due Enti e scambiata per i rispettivi utilizzi, è stata codificata secondo due diverse metodologie standard che presentano comunque molti aspetti in comune. I risultati sono stati inseriti nei rispettivi database territoriali e ha elaborato una codifica standard utilizzabile potenzialmente nei più diversi ambiti.

Il lavoro fino ad ora descritto, soprattutto per gli aspetti operativi connessi al tracciamento e alla codifica aderente al DPCM sui database Geotopografici, è stato inoltre portato come contributo operativo di lavoro al Tavolo di lavoro sull’erosione costiera del Ministero dell’Ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- European Commission (2013), INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe - Data Specification on Sea Regions – Technical Guidelines
- IHO (2000), S 57 – IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data
- Agenzia Per l’Italia Digitale (2015), Catalogo Dei Dati Territoriali - Specifiche di contenuto per i DataBase Geotopografici