

HYDRO GEO

LA RIVISTA BIMESTRALE DI TECNICA, CULTURA E SCIENZA DEL TERRITORIO

AGOSTO / OTTOBRE 2006



Restauro urbano: il piano urbanistico dei «Luoghi sacri della Memoria», a Poggioreale - Napoli



Rischio idrogeologico: le colate di fango di Ischia del 30 aprile 2006 e il rischio idrogeologico in Campania



Rilevamento del territorio: il laser scanner 3D per la caratterizzazione della dinamica dei ghiacciai



Beni culturali e difesa del territorio: archeologia Adriatico-Danubiana

**MAGGIOLI
EDITORE**



Tecniche e metodi di studio dello stato delle coste in ambiente GIS

Per l'importanza strategica che le coste rivestono nel quadro ambientale ed economico del Paese, la valutazione dello stato dei litorali italiani è recentemente oggetto di una crescente considerazione da parte dei ricercatori e delle amministrazioni istituzionalmente preposte agli interventi di difesa costiera. Negli ultimi anni, l'interesse è particolarmente rivolto allo studio dell'evoluzione morfodinamica delle spiagge, della vulnerabilità delle coste e alla valutazione delle possibili conseguenze derivanti da processi che possono generare situazioni di rischio.

*APAT, Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine, Servizio Difesa delle Coste, Roma

** Planetek Italia s.r.l., Bari

La recente evoluzione delle tecniche informatiche ha nel frattempo permesso lo sviluppo del G.I.S. (Geographical Information System) quale strumento innovativo per l'acquisizione e l'organizzazione di dati per la conoscenza ambientale. In questo contesto, al fine di fornire un nuovo ed aggiornato stato conoscitivo delle zone litorali, il Servizio Difesa delle Coste dell'APAT ha sviluppato un Sistema Informativo Geografico Costiero (SIGC) a scala nazionale mirato alla definizione della linea di riva italiana e alla individuazione e classificazione delle opere di difesa. Il SIGC, realizzato utilizzando il software ArcGIS 9 della ESRI, fornisce una rappresentazione, nel sistema di riferimento UTM fuso 32 e 33 - WGS84, dei parametri caratteristici del territorio costiero italiano ed è strumento di supporto dell'analisi dello stato dei litorali. L'intero sistema si è avvalso dell'integrazione di cartografia digitale e di banche dati georeferenziate ed è composto di strati informativi derivanti da tecniche di ricognizione e di diagnostica ambientale di tipo tradizionale (misure in situ, cartografia storica, foto aeree zenitali e prospettiche), oltre che di dati provenienti da tecniche innovative quali immagini satellitari ad alta risoluzione e foto aeree prospettiche, appositamente acquisite su ristrette fasce di territorio. La cartografia e i dati utilizzati come riferimento sono dati raster:

- cartografia storica IGM a scala 1:25000 in formato digitale,

- ortofoto digitali a colori volo IT2000 a risoluzione spaziale di 1m,

- immagini satellitari Landsat,

che hanno la peculiarità determinante della copertura nazionale, ottenuta mediante mosaicatura dei singoli elementi.

I dati vettoriali inerenti gli aspetti geomorfologici, amministrativi e delle infrastrutture che insistono sulla fascia costiera, acquisiti presso gli enti competenti, sono tematismi relativi a:

- Dati ambientali: batimetrie; idrografia, laghi; litologia, uso del suolo;

- Dati amministrativi: comuni, province, regioni, toponimi, centri urbani; aree protette marine, sottomarine e terrestri (sic, zps);

- Infrastrutture: strade, ferrovie, aeroporti; dighe.

I dati raster disponibili sono stati elaborati mediante fotointerpretazione e digitalizzazione e sono stati realizzati nuovi tematismi di settore circa:

Linea di costa:

- unità fisiografiche: sono state classificate e definite 330 unità

- linea di costa IGM: andamento derivato dai mosaici delle tavolette IGM a scala 1: 25.000

- linea di costa 2000: andamento derivato dalle ortofoto volo IT2000 a scala 1: 10.000

- caratterizzazione della costa: naturale/artificiale/fittizia, costa naturale alta/bassa

Infrastrutture:

- porti: 653 porti identificati, classificati e georeferenziati

- opere di difesa: censimento e classificazione da fotointerpretazione di ortofoto volo IT2000

Dati meteomarini:

- reti e stazioni di misura: 14 boe ondametriche (RON), 26 siti mareografici (RMN),

- settori costieri prospicienti le boe ondametriche e clima meteomarinario.

I dati sono archiviati su geodatabase progettato e strutturato in UML (Unified Modeling Language).

Figura 1
Cartografia tradizionale IGM in scala 1:25000 informatizzata e mosaicata

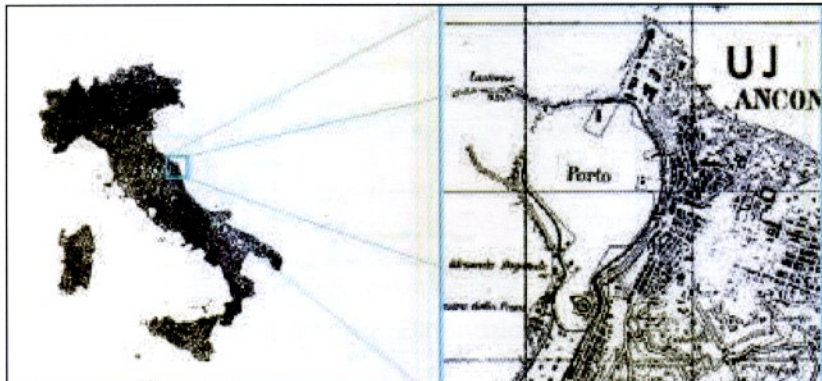




Figura 2
Ortofoto volo
IT2000: esempio
di editing della
linea di costa

DELIMITAZIONE DELLA LINEA DI COSTA STORICA

La cartografia IGM (**Figura 1**) in scala 1:25000 è stata utilizzata per ricavare la linea di costa storica e di riferimento, successivamente utilizzata per la valutazione dei tratti di costa stabili e modificati in avanzamento e in arretramento.

DELIMITAZIONE E DESCRIZIONE DELLA LINEA DI COSTA 2000

La copertura fornita dalle ortofoto digitali a colori del volo IT2000 (**Figura 2**) è stata la sorgente delle informazioni per ricavare, in collaborazione con la Planetek Italia s.r.l., l'andamento più aggiornato della linea di riva; tutti gli altri strati informativi sono stati utilizzati per la classificazione e codifica dei tratti di costa e per la produzione dei diversi tematismi. La linea di costa, intesa come confine ultimo tra terraferma e mare, è stata acquisita con continuità, anche in presenza di manufatti che ne fanno parte integrante, quali porti, moli e opere di difesa aderenti. In corrispondenza delle foci di corsi d'acqua sono state acquisite le sponde per un tratto di 500m verso l'entroterra. La linea di riva digitalizzata è stata inoltre classificata in: naturale; artificiale, in corrispondenza dei manufatti ed opere marittime; fittizia, in corrispondenza delle foci dei fiumi, per i tratti che raccordano gli estremi delle sponde dei corsi d'acqua, delle opere marittime e delle opere di difesa (**Figura 3**). I tratti di costa naturale sono stati inoltre discriminati in costa alta e costa bassa. Tutte le opere di difesa dei litorali visibili con le ortofoto, incluse le opere emerse e sommerse non direttamen-

te collegate alla linea di costa, sono state digitalizzate e catalogate per tipologia.

ANALISI DELLE MODIFICHE DELLA COSTA

Mediante operazioni di sovrapposizione e analisi spaziali è stato condotto il confronto tra la linea di costa storica (da cartografia IGM in scala

1:25000) e la linea di costa 2000 (da ortofoto digitali a colori IT2000) a meno di tutti i manufatti e corsi d'acqua, che sono stati sostituiti con i relativi tratti fittizi. Il risultato del confronto ha consentito:

- la suddivisione della linea di costa digitalizzata dalle ortofoto in più tratti contigui classificati per variazione (avanzamento, erosione, stabilità) rispetto alla linea IGM di riferimento (**Figura 4**)
- la corrispondente valutazione delle modifiche spaziali e nel tempo dei litorali italiani.

Per l'analisi delle variazioni della linea di riva sono state generate due fasce di rispetto (*buffer*) sub-parallele alla linea di costa di riferimento IGM; l'una di ampiezza 5m, per gli eventuali errori di graficismo della cartografia IGM, e l'altra di 30m, per contenere gli errori di coregistrazione delle due linee derivanti dalla differenza di scala, dalle operazioni di scansione delle carte IGM, di mosaicatura e georeferenziazione. I tratti di costa digitalizzati dalle ortofoto distanti più di 30m dalla linea storica IGM sono stati identificati come modificati (avanzati/arretrati), mentre tutti gli altri tratti sono stati definiti stabili (**Figura 5**).

Per ogni tratto di costa modificato è stata determinata la dimensione lineare, areale e l'entità media e massima della variazione. L'esito delle elaborazioni condotte ha indotto ad approfondire la validità del metodo di osservazione dell'evoluzione della fascia costiera utilizzando dati più aggiornati e conformi a quelli già adottati. Le ortofoto utilizzate sono relative agli anni 1998-1999 e costituiscono, per le caratteristiche di copertura a scala nazionale e di uniformità di

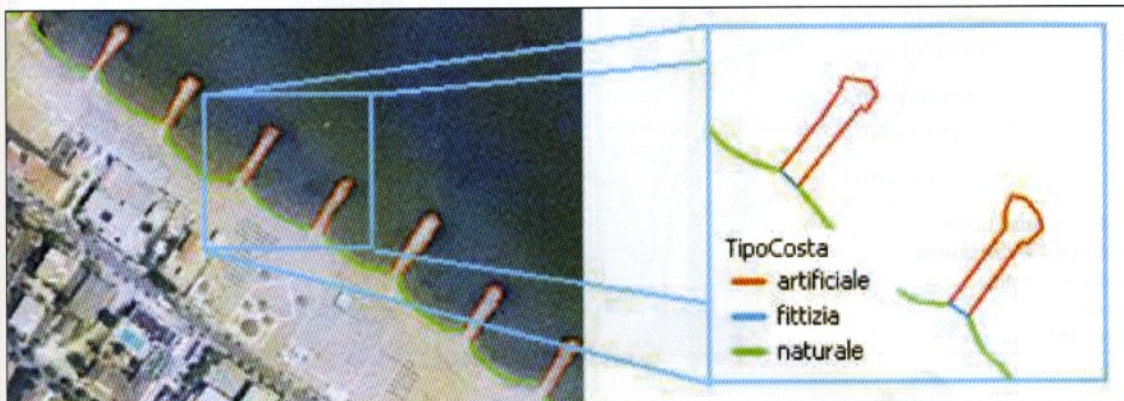


Figura 3
Ortofoto volo
IT2000: editing
della linea di costa
in presenza di
manufatti

Figura 4
Linea di costa
classificata per
tipologia di modifica



acquisizione, un dato di grande valore per lo studio di molti aspetti dell'ambiente e del territorio; tuttavia, per quanto riguarda le coste rappresentano, unitamente alla cartografia IGM, un dato storico che ha consentito lo studio delle modificazioni intervenute negli ultimi 40-50 anni sulla fascia costiera. Solo l'acquisizione di rilievi aggiornati periodicamente consentirebbe l'effettiva osservazione della variazione della linea di riva (arretramento/avanzamento), con indicazioni multitemporali e quantitative del fenomeno, in termini di modifica lineare e areale dei litorali, e del limite interno delle spiagge.

SPERIMENTAZIONE CON IMMAGINI SATELLITARI

Con tali premesse è stata condotta una sperimentazione con immagini rilevate da satellite ad alta risoluzione.

Le immagini dei satelliti Ikonos e Quickbird sono ad alta risoluzione geometrica con possibilità di confronto con le ortofoto del volo IT2000, offrono un elevato contenuto informativo e la possibilità di sfruttare più bande spettrali: la fusione delle immagini multispettrali e pancromatiche restituisce dati a colori con risoluzione compatibile con le informazioni già derivate per la linea di costa 2000. L'adozione di dati da satellite presenta, inoltre, evidenti vantaggi operativi. Le acquisizioni vengono programmate in tempi molto rapidi, mediamente entro 60 giorni dalla data di richiesta viene fornito il dato di interesse, e ciò fa-

vorisce la disponibilità di dati relativi ad ampie aree territoriali e acquisiti alle stesse condizioni stagionali e meteorologiche. Per la sperimentazione sono state utilizzate immagini satellitari Ikonos rilevate su un'area tirrenica e un'area adriatica. I siti costieri, selezionati in corrispondenza di foci di fiumi e di litorali soggetti a noti fenomeni evolutivi, sono:

- Area 1: 20 km della Calabria tirrenica (Amantea-Gizzeria), compreso tra la foce del fiume Torbido, comune di Amantea, e Santa Eufemia marina, comune di Gizzeria. L'immagine è stata rilevata il 19 maggio 2005.

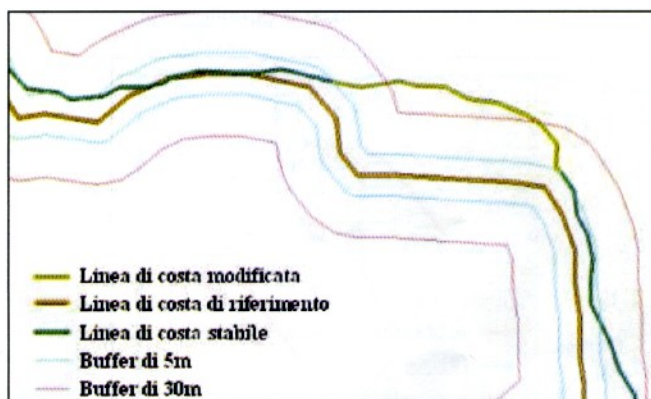
- Area 2: 20 km in Adriatico tra Molise e Puglia, compreso tra la foce del fiume Saccione, comune di Campomarino in Molise, e la foce del fiume Fortore sino a Punta delle Pietre Nere, comune di Lesina in Puglia. L'immagine è stata rilevata il 22 giugno 2005.

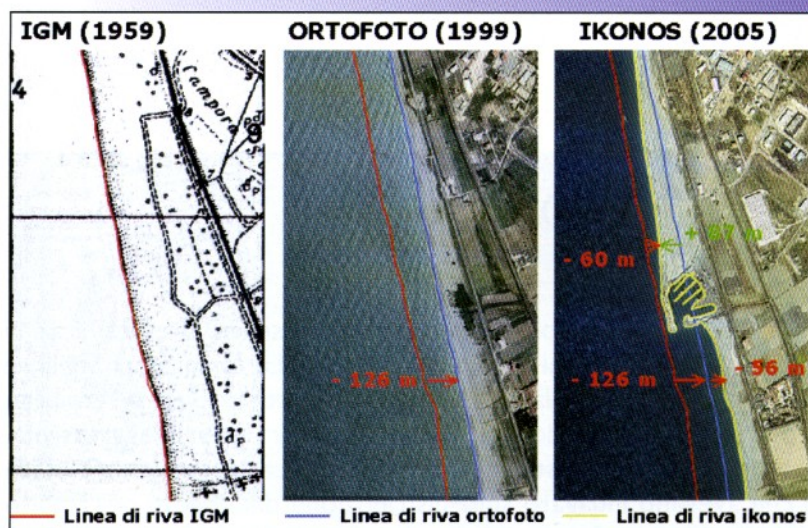
L'acquisizione di immagini su tratti di costa già analizzati ha messo in risalto i nuovi equilibri dell'assetto morfodinamico delle coste determinati dalla costruzione di nuove infrastrutture e dal clima meteomarino locale anche dopo sei anni dall'acquisizione dell'ultima immagine rilevata.

Le **Figure 6 e 7** riportano un esempio delle elaborazioni effettuate in ambiente GIS, integrando le informazioni desunte dalle tavolette IGM, dalle ortofoto volo IT2000 e dalle immagini satellitari Ikonos. L'area rappresentata si riferisce ad una porzione di costa tirrenica prospiciente il Comune di Campora di San Giovanni (CZ), compreso nella zona sperimentale della Calabria fra Amantea e Gizzeria. Si nota come in questo tratto (**Figura 6**), dal 1959 al 1999, la posizione della linea di riva ha subito un arretramento pressoché uniforme in direzione N-S di 126 m.

Le immagini disponibili hanno evidenziato che fra il 1999 e il 2005 è stato costruito un porto che ha determinato una interruzione della continuità laterale della linea di riva e ha indotto un avanzamento di 87 m sul lato nord e un ulteriore arretramento di 56 m sul lato sud rispetto alla posizione attestata nel 1999, aggravando così il trend erosivo già in atto.

Figura 5
Schema
identificazione
tratti
modificati





CONCLUSIONI

Le metodologie e le tecnologie adottate per la definizione della linea di costa italiana e delle opere di difesa hanno prodotto la più recente ed uniforme rappresentazione a scala nazionale 1:10.000 dell'assetto morfologico della costa italiana e

Figura 6
AREA 1
porto di Campora
di S. Giovanni:
confronto fra
linee di riva

La diversa distribuzione del sedimento nei lati sopraflutto dell'infrastruttura portuale è ancor più evidente nel confronto areale mostrato in **Figura 7**. In generale, nell'arco temporale 1959-2005, il bilancio di sedimento nel paraggio è negativo; nel tratto costiero a sud del porto si è avuto un deficit di circa 520.000 mq, mentre nel lato nord si è avuta una perdita dell'ordine di 140.000 mq.

A scala temporale più ridotta, nel periodo tra il 1999 e il 2005, si nota sul lato nord un guadagno in termini di superficie di circa 70.000 mq di sedimento; l'attuale linea di riva ha oramai raggiunto la posizione della diga foranea del porto di Campora e quest'ultima, assumendo condizioni idrodinamiche costiere invariate, si configurerà a breve come un by-pass sedimentario verso il tratto meridionale. Nelle aree costiere oggetto della sperimentazione, l'utilizzo di questo tipo di immagini si è rivelato di estremo interesse per lo studio dell'evoluzione dei litorali. L'esempio illustrato mostra che le immagini satellitari ben si prestano al monitoraggio dell'evoluzione nel tempo di tratti di costa sottoposti a modifiche antropiche e al monitoraggio dell'evoluzione per cause naturali e climatiche della geomorfologia.

hanno consentito la localizzazione e la classificazione delle opere di difesa attuate negli ultimi decenni per la protezione dei litorali dai fenomeni erosivi e dai rischi naturali. La linea di costa ricavata dalle ortofoto, confrontata con la linea di costa estratta dalla cartografia storica di riferimento IGM, ha consentito l'analisi delle variazioni della linea di riva in un arco temporale di circa 40-50 anni, nonché l'individuazione e classificazione delle aree territoriali in avanzamento e in arretramento.

La stessa metodologia sperimentata con immagini satellitari ha mostrato che le caratteristiche di alta risoluzione geometrica al suolo (1m) e di rapidità di acquisizione, anche per ampie aree territoriali, rendono i dati satellitari particolarmente adatti al monitoraggio di tratti di costa distribuiti lungo tutta la costa nazionale, sia sulla base di un preciso piano di acquisizione programmato (realizzazione di opere) che su esigenze specifiche ed estemporanee (effetti conseguenti a mareggiate). La disponibilità di immagini satellitari su tutte le aree costiere italiane permetterebbe di utilizzare un supporto raster aggiornato, omogeneo per scala e accuratezza posizionale, confrontabile con le tavolette IGM e le ortofoto del volo IT2000. ■

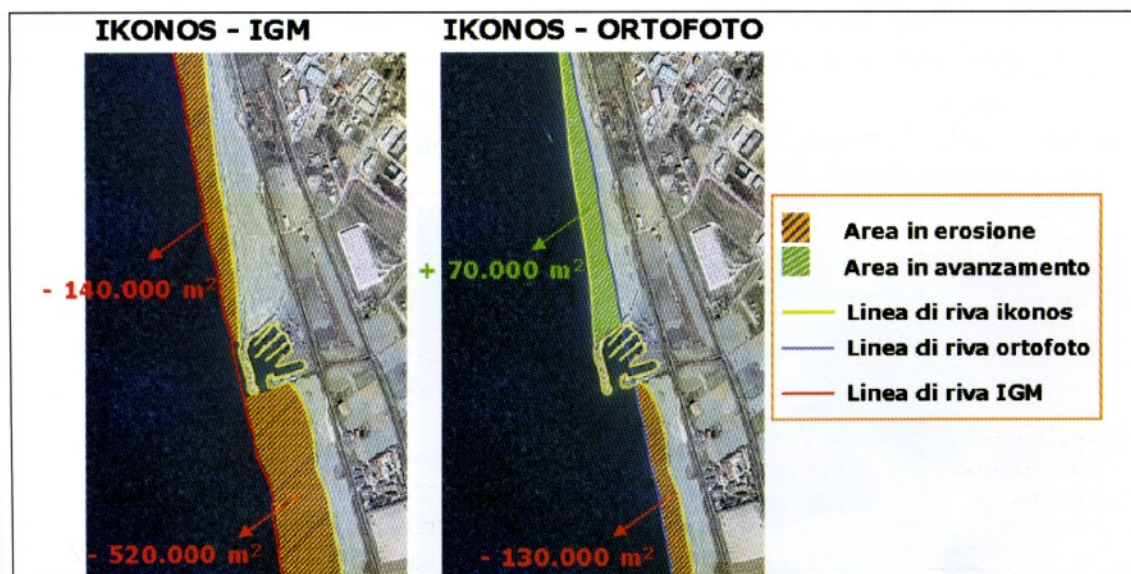


Figura 7
AREA 1
porto di Campora
di S. Giovanni:
confronto areale