

Il Catalogo delle opere di difesa costiera della Regione Campania

Diego Vicinanza¹, Fiorella Galluccio², Italo Giulivo², Marco Tarantino³

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Seconda Università di Napoli
Via Roma, 29 - 81031 Aversa, Caserta, Tel.: +39 081 5010245, Fax: +39 081 5037370,
diego.vicinanza@unina2.it

² Regione Campania - Settore Geotecnica, Geotermia, Difesa del Suolo,
Via De Gasperi, 28 - 80133 Napoli, Tel.: +39.081.7963196 - Fax: +39.081.7963039,
www.difesa.suolo.regione.campania.it
difesa.suolo@regione.campania.it

³ Stagista della Regione Campania - Settore Geotecnica, Geotermia, Difesa del Suolo,
Via De Gasperi, 28 - 80133 Napoli, Tel.: +39.081.7963196 - Fax: +39.081.7963039,
www.difesa.suolo.regione.campania.it
difesa.suolo@regione.campania.it

Riassunto

Nell'ambito della mitigazione dei rischi naturali, la salvaguardia costiera costituisce uno dei principali obiettivi della programmazione della Regione Campania, come previsto dal Documento Strategico Regionale per la politica di coesione 2007-2013 (BURC n. speciale del 30 gennaio 2007).

In considerazione delle criticità dell'area costiera campana, caratterizzata da ampi tratti di spiagge in erosione, problemi di stabilità delle coste alte, problemi legati alla presenza delle opere portuali e delle opere di difesa che trasferiscono le criticità ai litorali adiacenti, si è reso necessario poter disporre di uno strumento che supportasse il processo di gestione integrata delle problematiche costiere.

Il Settore Difesa Suolo della Regione Campania si sta dotando, quindi, di un sistema informativo costiero quale strumento per la raccolta, la gestione e l'elaborazione delle conoscenze sulla costa, indispensabile per la programmazione degli interventi da realizzare per la salvaguardia costiera, per contrastare il fenomeno di erosione dei litorali, ma anche a supporto delle attività svolte dagli altri settori regionali e dagli Enti che hanno competenze in ambito costiero.

In questo contesto è stato sviluppato il Catalogo GIS delle opere di difesa delle coste della Campania basato sull'interpretazione delle ortofoto relative agli anni 2004-2005. La mappatura in ambiente GIS delle opere di difesa costiera fornisce un quadro completo ed aggiornato dello stato di protezione della costa, che permette di localizzare le opere di difesa presenti sull'intera costa campana e di conoscerne ed analizzarne contestualmente le caratteristiche.

Il Catalogo, così strutturato, ha già reso possibile effettuare alcune analisi come la valutazione dello stato di irrigidimento costiero dal 1998 al 2005 mediante il calcolo dell'Indice strutturale, cioè del rapporto tra lo sviluppo delle opere marittime e lo sviluppo della costa campana.

Parole chiave: Sistema Informativo della Costa (SIC), opere di difesa costiera, Indice strutturale.

Introduzione

Molteplici sono i motivi per cui, nel corso dei secoli, gli uomini hanno scelto di insediarsi lungo la costa, ignorando più o meno consapevolmente i rischi di tale scelta. In alcuni casi l'uomo si è reso conto del rischio collegato alla instabilità del confine terra-mare ed ha saputo assecondarla mantenendo a tergo della riva una zona di rispetto. In molti altri casi questo non è avvenuto e sono evidenti i costi di queste scelte. Per quanto la ricerca abbia fatto enormi passi avanti in questo settore, restano ancora da risolvere molti dei problemi idrodinamici e morfodinamici della fascia costiera.

In Italia a tutt'oggi circa il 40% delle spiagge è in erosione così come riportato in "Lo stato dei litorali italiani", pubblicato sulla rivista Studi Costieri (GNRAC, 2006). Le cause sono comunemente da ascrivere all'azione del moto ondoso nonché al ridotto apporto di materiale solido da parte dei corsi d'acqua e alla costruzione di opere marittime.

Esistono diverse soluzioni per la difesa delle coste in erosione, sempre più spesso la tendenza dei ricercatori è quella di intervenire sull'ambiente evitando di generare grandi impatti e/o modificazioni. La scelta progettuale del tipo di difesa dipende essenzialmente dal compromesso tra una difesa di tipo strutturale, molto efficace da un punto di vista idraulico ma fortemente impattante da un punto di vista ambientale, e una di tipo morbido quale è il ripascimento artificiale.

Una corretta progettazione delle opere di difesa costiera dovrebbe prevedere i seguenti punti:

1. studio del sistema fisico in prossimità della costa e della possibile risposta della linea di riva;
2. progettazione delle opere necessarie al raggiungimento degli obiettivi prefissati con un ragionevole/basso impatto sulla costa;
3. monitoraggio delle opere e della linea di riva - risposta del sistema fisico modificato ed eventuale feedback al punto 1.

In mancanza di un idoneo monitoraggio (a tutt'oggi è quasi sempre assente) è possibile realizzare, attraverso una mappatura degli interventi di difesa che nel tempo si sono succeduti sul territorio, una valutazione della loro efficacia nella protezione della spiaggia.

Con questo obiettivo, nell'ambito del Gemellaggio AGIRE POR 2000-2006 tra il Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e il Settore Difesa del Suolo della Regione Campania, è stato realizzato un catalogo delle opere di difesa costiera della Campania. Il trasferimento dei modelli procedurali nell'ambito del Gemellaggio prevedeva il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- fornire alle autorità competenti un quadro completo ed aggiornato dello stato di protezione della costa;
- capire, confrontando i rilievi relativi a periodi di tempo diversi, l'efficacia delle opere e/o i problemi che esse hanno creato;
- disporre di un livello informativo indispensabile per l'applicazione della modellistica numerica relativa alla morfodinamica costiera.

L'area di studio oggetto del lavoro comprende l'intera costa della Campania, la quale presenta un'estensione di 480 km (incluse le isole), dei quali 256 km costituiti da coste alte rocciose (materiali calcarei, terrigeni e vulcanici) e 224 km formati da coste basse (sabbiose e talvolta ciottolose). In quest'ambito circa il 40% (95 km) del litorale risulta essere in erosione (GNRAC, 2006).

La costa è quindi stata suddivisa in cinque grandi ambiti fisiografici naturali (unità fisiografiche) (Fig. 1) intesi come settori costieri svincolati da vincoli amministrativi dove i processi dinamici non sono influenzati dalle unità contigue: Golfo di Gaeta (parte campana), Golfo di Napoli, Golfo di Salerno, Costiera cilentana e Golfo di Policastro.

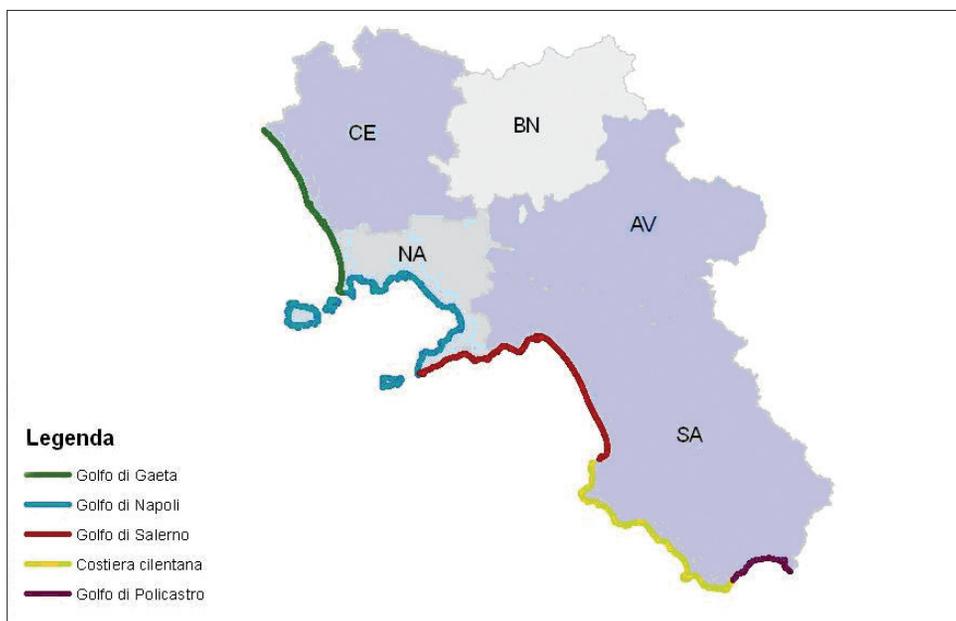


Figura 1 - Unità fisiografiche individuate lungo la costa Campana.

Studi precedenti

In Campania gli studi in precedenza effettuati per la redazione di un catasto delle opere di difesa costiera sono molto pochi. Si può dire che ad oggi non è stato ancora pubblicato un catalogo ufficiale e le informazioni in merito si limitano ai lavori di Petrillo (2000) e Cocco (2001), che trattano rispettivamente del censimento delle opere di difesa costiera e del rischio di erosione per i litorali in Campania. Il censimento delle opere, disegnate inizialmente in ambiente CAD sulla base di foto aeree del 1994, fu poi importato in ambiente GIS ed aggiornato sulle fotografie aeree del volo 1998.

In Regione Emilia-Romagna è stato recentemente realizzato, dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS-RER), un catalogo delle opere di difesa costiera del litorale emiliano-romagnolo aggiornato dal 1943 al 2005 che viene presentato su questo numero di Studi costieri. I metodi e le procedure adottate per la realizzazione del suddetto catalogo sono stati trasferiti alla Regione Campania nell'ambito delle attività di Gemellaggio tra le due regioni. Tali metodologie sono state adottate nel seguente lavoro e verranno illustrate successivamente. Il prototipo progettuale del catalogo delle opere di difesa costiera della Regione Emilia-Romagna è stato naturalmente adattato alle esigenze della costa campana e alla tipologia di opere ivi presenti.

Altri importanti documenti di riferimento sia per la Regione Emilia-Romagna che per la Regione Campania ai fini della compilazione del catalogo sono stati: l'Atlante delle opere di sistemazione costiera (ISPRA, ex APAT, 2007), l'Atlante delle spiagge italiane (CNR-MURST, 1999) e le Istruzioni Tecniche per la Progettazione delle Dighe Marittime del Ministero dei Lavori Pubblici e del CNR (1995). Da questi documenti di rilevanza nazionale è stata tratta la nomenclatura utilizzata per classificare le diverse tipologie di opere di difesa costiera riportate nel seguente catalogo. L'Atlante delle spiagge italiane, attraverso la relativa cartografia, è stato un ottimo strumento di confronto per l'effettiva individuazione delle opere di difesa. Sono stati utilizzati invece gli indirizzi e i criteri per la classificazione delle opere di difesa delle coste indicati dal gruppo di lavoro del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per descrivere le tipologie costruttive, i materiali, gli effetti idraulici e morfodinamici sulla costa delle differenti opere di difesa.

È stato anche utilizzato lo “Studio di fattibilità di un sistema regionale della portualità e degli approdi turistici e del trasporto passeggeri via mare” della Regione Campania (Assessorato ai Trasporti della Regione Campania, 2001) per la parte relativa ai dossier delle schede di rilevazione che ha permesso di estrarre informazioni sulla tipologia, la localizzazione geografica e le caratteristiche fisiche dei singoli porti.

Cartografia di base e tematica utilizzata

I dati cartografici utilizzati per lo studio della costa Campana provengono dalla vasta documentazione esistente presso l'archivio del SIT per la difesa del suolo e consistono di:

1. Cartografia di base

- Ortofoto scala 1:5.000 della Regione Campania, Progetto OR.C.A. (2004-2005).
- Ortofoto 1:10.000 della Regione Campania del 1998, volo IT2000 effettuato dalla C.G.R di Parma, con risoluzione spaziale di 70 cm.
- Carta Tecnica Regionale 1:5.000 della Regione Campania (1998).
- Carta topografica programmata 1:25.000 IGM della Regione Campania.

2. Cartografia derivata

- Linea di riva dell'anno 1998.
- Linea di riva degli anni 2004-2005.

3. Caratterizzazione fisica e limiti amministrativi (Carte tematiche relative all'idrografia e ai limiti amministrativi regionali, provinciali e comunali).

Le ortofoto aeree in scala 1:5.000 costituiscono lo strumento di base del lavoro e sono state prodotte per il progetto regionale OR.CA. Le coperture sono state realizzate tra il 2004 e il 2005 con voli aventi direzione prevalentemente est-ovest. Lungo la costa è stato necessario effettuare delle integrazioni ai voli con un minimo del 70% di copertura a terra. I fotogrammi hanno una scala media di 1:13.000 e le loro scansioni sono state effettuate con uno scanner fotogrammetrico con risoluzione di 1700 dpi (15 micron) e una dimensione a terra dei pixel di 25 cm. L'ortorettifica è stata effettuata utilizzando il DTM generato con mass points ricavati dalla CTRN (Carta Tecnica Regionale Numerica) e dalla CTPN (Carta Tecnica Provinciale Numerica), corretti nelle aree urbanizzate e lungo la fascia costiera attraverso fotointerpretazione diretta. Il taglio cartografico risultante è pari al 64° sottomultiplo dei fogli IGM 1:50.000 alla scala di 1:5000. Gli ortofotogrammi sono proiettati nel sistema di riferimento UTM-WGS84 33N ed hanno dimensioni di circa 800 MB in formato tiff e circa 150 MB in formato jpeg.

Strumenti e metodi

Per la gestione e l'elaborazione dei dati è stata utilizzata una *workstation* professionale dotata della suite integrata di applicazioni GIS della ESRI ArcGIS Desktop 9.2. Le applicazioni impiegate sono state ArcMap™, ArcCatalog™ ed ArcToolbox™ che sono corredate da strumenti e comandi GIS. L'applicazione ArcMap è stata utilizzata per tutte le attività di cartografia, editing ed interrogazione dei dati. Infatti al suo interno sono state proiettate le ortofotocarte digitali 2004-2005, editate le opere di difesa costiera e ad esse associate le informazioni necessarie alla compilazione dell'archivio sulle opere stesse. L'ArcCatalog è servito per organizzare e gestire i dati, creare e amministrare il DB relativo alla feature class delle opere di difesa. Attraverso l'applicazione ArcToolbox, collezione organizzata di strumenti per il geoprocessing, sono state effettuate operazioni sui dati GIS a disposizione, quali feature class, raster e tabelle, che hanno consentito di ricavare i dati inseriti successivamente nel DB.

La metodologia adottata per la creazione del catalogo delle opere di difesa costiera è stata definita con gli esperti del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia - Romagna (SGSS-RER) e con docenti universitari esperti della realtà costiera campana. Le linee guida seguite

per un corretto approccio al lavoro di mappatura delle opere di difesa sono state discusse con il contributo del SGSS-RER e sono elencate di seguito:

- creazione di un'unica *feature class* con geometria poligonale contenente tutte le tipologie di opere di difesa costiera;
- utilizzo di una scala minima di acquisizione di 1:1000;
- associazione di una regola topologica al fine di mantenere separati i poligoni della *feature class* delle opere di difesa.

Allo strato informativo relativo alle opere di difesa costiera è stata associata una geometria di tipo poligonale che ha consentito di identificare rapidamente le strutture in fase di digitalizzazione e compilare immediatamente il DB associato.

Anche se l'alta risoluzione delle ortofoto avrebbe permesso una buona visualizzazione delle strutture di difesa, a scala di dettaglio molto elevata, si è scelto, per mantenere costante l'errore di incertezza, di tracciare le opere ad una scala media di 1:1.000.

Per quanto riguarda le regole topologiche da associare allo strato informativo, considerato che il catalogo prevede un'unica *feature class*, il solo errore che poteva comprometterne l'utilizzo era il possibile sovrapporsi dei diversi poligoni. Questo problema è stato gestito semplicemente inserendo nel DB una topologia contenente la regola *must not overlap* associata alla *feature class* delle opere di difesa.

Durante la determinazione dei principi di identificazione delle opere di difesa costiera e i criteri di classificazione, effettuati dopo una panoramica sulla tipologia e sulla distribuzione delle opere di difesa che insistono sulle unità fisiografiche della costa campana, sono stati prodotti degli schemi che illustrano i casi limite (*end members*) più frequentemente riconosciuti nello studio delle opere di difesa costiera.

Gli schemi hanno permesso di gestire le varie criticità limitando i dubbi interpretativi relativi alla classificazione di un'opera. Inoltre, sono stati determinati i parametri delle strutture di difesa da inserire nel DB.

Procedura

La procedura adottata è stata mutuata, nell'ambito del Gemellaggio AGIRE POR 2000-2006, da quella sviluppata dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Il Catalogo delle opere di difesa della costa campana è stato realizzato attraverso le seguenti fasi:

1. mappatura, in ambiente GIS, delle strutture rigide riconoscibili da ortofoto relative agli anni 2004-2005;
2. classificazione delle opere mappate sulla base delle indicazioni fornite dall'Atlante delle opere di sistemazione costiera (ISPRA, ex APAT, 2007);
3. acquisizione di altre informazioni relative alle strutture di difesa (lunghezza dell'opera, distanza da riva, ampiezza varchi, ecc.);
4. preparazione e messa a punto di un database contenente informazioni di natura tecnica sulle singole opere (data di realizzazione, anno di costruzione, ecc.).

Mappatura delle opere in ambiente GIS

Attraverso la fotointerpretazione delle immagini aeree è stato possibile riconoscere la maggior parte delle difese rigide emerse e soffolte presenti lungo il litorale regionale. Per le opere emergenti, sono stati tracciati i limiti della porzione emersa delle opere pseudo-parallele o trasversali alla linea di riva, visibili al momento dello scatto della foto aerea (Fig. 2). Più in particolare è stata delineata la parte di opera al di sopra del pelo libero dell'acqua. Il limite asciutto/bagnato, spesso osservabile ed utilizzato per il tracciamento della linea di riva (Moore, 2000), è meno adatto al fine della mappatura delle opere di difesa.



Figura 2 - Opere di difesa longitudinale distaccata emersa. Litorale di Miliscola (Bacoli, Na).

Possibili errori di digitalizzazione delle opere di difesa sono da ascrivere a:

- frangenti ed increspature da moto ondoso della superficie del mare;
- riflessione della luce sulla superficie del mare (*mirror effect*).

Il metodo di mappatura che considera il limite dell'acqua è da preferirsi rispetto al limite asciutto bagnato per individuare la massima porzione emergente della struttura.

L'esempio della Figura 3 evidenzia la differenza che si avrebbe nel considerare il limite asciutto/bagnato rispetto all'effettivo pelo libero dell'acqua. Quando le condizioni meteomarine sono ottimali è possibile intravedere anche la parte sommersa dell'opera, che tuttavia si è deciso di non cartografare in quanto le condizioni possono variare su fotogrammi contigui, rendendo discontinuo questo dato.



Figura 3 - Criteri di digitalizzazione a confronto (Lungomare Via Caracciolo, Napoli).

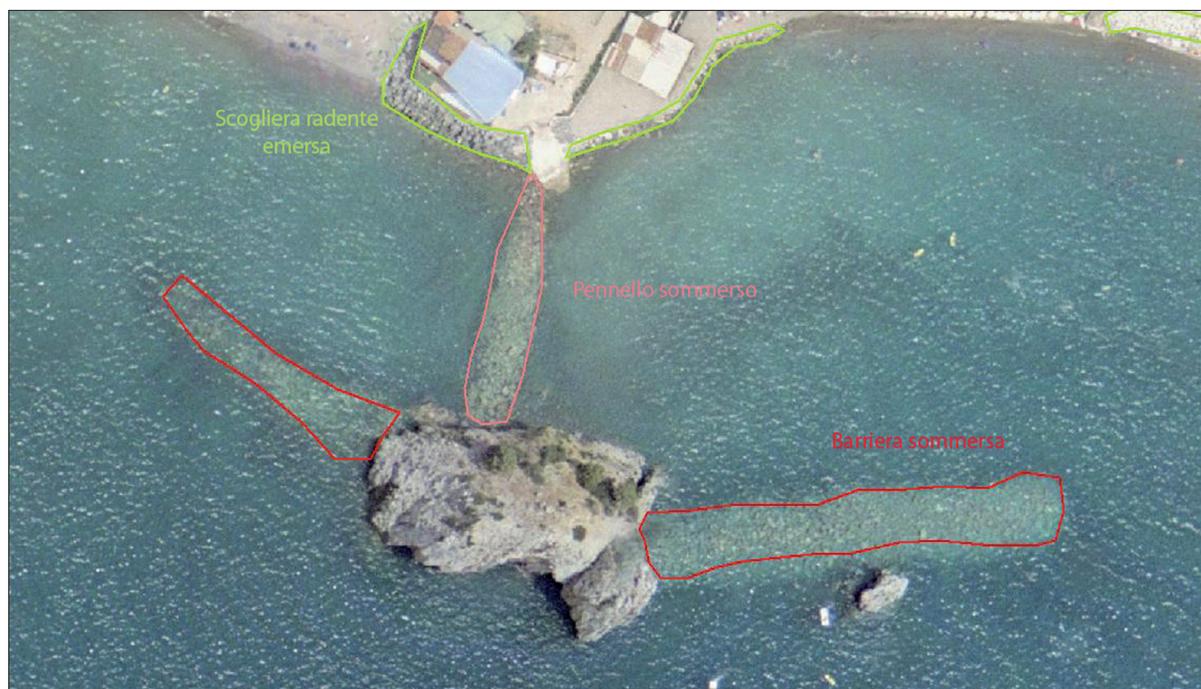


Figura 4 - Opere soffolte (Marina di Camerota, Salerno).

Nel caso delle opere soffolte, sono stati tracciati, come limiti della struttura, i margini dell'area con tonalità differente rispetto alla restante superficie del mare, osservabile sotto il livello dell'acqua al momento dello scatto della foto aerea (Fig. 4). Le opere sommerse non sono sempre perfettamente visibili dai fotogrammi, per cui sarà possibile verificare la reale configurazione progettuale dell'opera (emergente/sommersa) solo grazie alla collaborazione delle autorità locali competenti.

Classificazione delle opere di difesa costiera

Le opere di difesa individuate lungo il litorale regionale sono state classificate seguendo per lo più le indicazioni dell'Atlante delle opere di sistemazione costiera (ISPRA, ex APAT, 2007). Fino ad ora sono state mappate esclusivamente le opere di difesa rigida, anche se è previsto che il catalogo possa essere ampliato inserendo gli interventi di difesa morbida.

Le tipologie di opere di difesa presenti sul litorale campano sono riportate in Tabella 1.

Rientrano nella classificazione anche le opere di difesa portuale, a parete verticale o a scogliera, (Fig. 5) in quanto influenzano anch'esse le dinamiche costiere. Difficoltà nell'identificazione delle opere hanno riguardato quelle strutture create dai privati a difesa dei propri stabilimenti balneari o delle proprie strutture alberghiere. In questi casi, data la natura composta delle strutture, si è deciso di classificare le opere come difese miste.

La tabella seguente riporta sinteticamente la classificazione ISPRA (ex APAT) e le definizioni alternative utilizzate per esempio negli indirizzi e i criteri per la difesa delle coste indicati dal gruppo di lavoro del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Si è ritenuto opportuno aggiungere la voce Difesa portuale, contrassegnata con (*), per completezza nella compilazione del Catalogo.



Figura 5 - Opere di difesa portuale a scogliera (Porto di Agropoli, Salerno).

Tabella 1 - Le tipologie di opere presenti sul litorale campano.

Classificazione Generale	Descrizione	Posizione rispetto a l.m.m.	Definizioni alternative	Tipologia costruttiva
Difesa longitudinale aderente	Struttura posta a ridosso della riva	emergente	Rivestimento	Rivestimento in massi naturali o artificiali
			Muro di sponda	Struttura in cls
			Scogliera radente	Scogliera in massi naturali o artificiali
Difesa longitudinale distaccata	Struttura posta distanziata dalla riva e ad essa parallela	emergente	Barriera frangiflutti emergente	Scogliera in massi naturali o artificiali
		soffolta	Barriera frangiflutti sommersa	
Difesa trasversale (Pennello)	Struttura posta ortogonalmente e/o obliquamente rispetto alla linea di riva	emergente	Pennello	Scogliera in massi naturali o artificiali
		soffolta	Pennello sommerso Pennello semi-sommerso	
Difesa mista	Pennelli con segmenti paralleli alla spiaggia aggiunti alla sezione principale trasversale (forma risultante composta a T o ad L)	emergente	Pennello a T o L emergente	Scogliera in massi naturali o artificiali
		soffolta	Pennello a T o L sommerso	
			Pennello a T o L semi-sommerso	
Difesa portuale [*]	Strutture posizionate parallelamente e/o ortogonalmente alla linea di riva	emergente	Diga a scogliera	Scogliera in massi naturali o artificiali
			Diga a parete verticale	Struttura in cls

Parametri determinati per le strutture di difesa

Il catalogo consente di calcolare in automatico i fondamentali parametri geometrici quali le dimensioni delle opere, e di ricavare quelli strutturali mediante analisi come la distanza dalla linea di riva o l'ampiezza dei varchi fra opere contigue. Ad esempio, ad ogni scogliera longitudinale emersa sono stati associati i seguenti attributi:

- ampiezza dell'opera: AMP_BASE (metri);
- lunghezza longitudinale dell'opera: L_OPERA_M (metri);
- orientamento dell'opera rispetto al nord: AZIMUT (gradi).

Questi tre attributi sono stati calcolati attraverso uno *script* associato alla *toolbox Bounding Containers*. Lo script crea intorno ad ogni singolo poligono della *feature class* relativa alle opere di difesa costiera un contorno rettangolare minimo e di questo calcola in automatico la lunghezza dell'asse minore, dell'asse maggiore e l'orientazione rispetto al nord. Per i poligoni più irregolari, cioè quelli tracciati per definire le opere di difesa aderenti, che seguono le sinuosità del litorale, le lunghezze sono state calcolate con la funzione manuale del *measurement tool* in quanto l'errore rispetto alla grandezza reale dell'opera non poteva essere considerato accettabile.

- misura della distanza tra una struttura e la successiva. Per una omogeneità dei dati, ad ogni struttura è stata associata l'ampiezza del varco più a nord della stessa: AMP_VARCO_N (metri).
- distanza di ogni struttura longitudinale emersa dalla linea di riva digitalizzata sulle immagini O.R.CA. 2004-2005. Quando la struttura è posizionata obliquamente alla linea di riva, si è scelto di calcolare la distanza da una posizione intermedia lungo la direzione longitudinale della struttura: D_RIVA (metri). Il parametro è stato calcolato per il momento solo per effettuare delle stime generali sulle variazioni della linea di riva in quanto l'accuratezza del dato da cui deriva presenta un errore di incertezza di circa 10 m. Il campo verrà aggiornato non appena sarà digitalizzata la nuova e più accurata linea di riva 2004-2005.

Questi sono i principali parametri strutturali relativi alle singole opere. L'importanza di conoscere la lunghezza e la larghezza alla base di ogni opera è relativa al calcolo dell'indice strutturale e alla gestione della manutenzione delle costruzioni di difesa. La distanza dalla riva invece è un parametro importante per la valutazione degli effetti negativi o positivi che una singola opera può apportare alla costa. L'ampiezza dei varchi e l'orientazione sono fondamentali per l'applicazione della modellistica numerica relativa alla propagazione delle onde nelle aree costiere.

Inoltre, le informazioni relative ad ogni opera sono state completate con:

- anno della linea di riva rispetto a cui è stata calcolata la distanza della struttura. La linea di riva presa come base di riferimento è quella digitalizzata sul volo O.R.CA. 2004-2005: ANNO_DIST
- linea di riva a cui si fa riferimento: FONTE_

Indici strutturali della costa campana

Il censimento effettuato ha permesso di indentificare tutte le opere di difesa costiera e portuali presenti lungo la costa campana. Per ogni unità fisiografica (Fig. 1) sono stati calcolati gli indici strutturali (I) che si ottengono dal rapporto tra lo sviluppo delle opere costiere (D) e lo sviluppo di costa (N).

Golfo di Gaeta

Sono state individuate 52 opere di difesa costiera e 2 porti turistici (4 opere di difesa portuale) che insistono su un tratto di costa di circa 12 km (D). La tipologia delle opere di difesa è costituita da 19 difese aderenti, 6 difese distaccate, 19 difese trasversali, 8 difese miste (Tab. 2). La maggior parte delle strutture protegge le aree in destra e sinistra Foce Volturmo. In questa zona le opere sono in cattivo stato, infatti i 14 pennelli posti lungo il litorale di Pineta Mare risultano essere fortemente ridotti in lunghezza, nell'ordine dei 100 metri, rispetto ai dati di Cocco (2001), e le testate dei pennelli a T sono quasi sempre completamente sommerse. Lo sviluppo naturale della costa (N) è di circa 58 km e l'indice strutturale (I) è pari a 0,21.

Tabella 2 - Tabella riassuntiva delle strutture presenti nell'unità fisiografica del Golfo di Gaeta.

TIPO OPERA	BARRIERA EMERGENTE	BARRIERA SOMMERSA	RIVESTIMENTO	MURO DI SPONDA	SCOGLIERA RADENTE	PENNELLO EMERGENTE	PENNELLO a L	PENNELLO a T	PENNELLO SEMI-SOMMERSO	DIGA A PARETE VERTICALE	DIGA A SCOGLIERA	Totale
DIFESA LONGITUDINALE ADERENTE			17	0	2							19
DIFESA LONGITUDINALE DISTACCATA	2	4										6
DIFESA MISTA							2	6				8
DIFESA PORTUALE										4	0	4
DIFESA TRASVERSALE						19			0			19
Totale	2	4	17	0	2	19	2	6	0	4	0	56

Golfo di Napoli

Sono state catalogate 498 opere di difesa e 29 porti tra commerciali e turistici (6 lungo il litorale flegreo, 4 lungo quello napoletano, 5 lungo il litorale vesuviano, 4 lungo la costiera sorrentina, 6 nell'Isola d'Ischia, 3 nell'Isola di Procida, 1 a Capri) con le relative opere di difesa portuale (46). Le difese rilevate sono state così suddivise: 178 opere di difesa aderente con lunghezza variabile tra 20 e 750 m; 202 opere di difesa distaccate dalla riva con lunghezza variabile da poche decine ad oltre 600 m; 62 opere di difesa trasversale con lunghezza variabile tra 35 e 230 m; 10 opere di difesa mista di cui 6 pennelli a T (Tab. 3). L'unità fisiografica del Golfo di Napoli, isole comprese, ha N = 305 km con D = 93,5 km. La macro unità fisiografica napoletana è stata suddivisa in sub-unità più piccole per il calcolo dell'indice strutturale (Fig. 6).

Tabella 3 - Tabella riassuntiva delle strutture presenti nell'unità fisiografica del Golfo di Napoli.

TIPO OPERA	BARRIERA EMERGENTE	BARRIERA SOMMERSA	RIVESTIMENTO	MURO DI SPONDA	SCOGLIERA RADENTE	PENNELLO EMERGENTE	PENNELLO a L	PENNELLO a T	PENNELLO SEMI-SOMMERSO	DIGA A PARETE VERTICALE	DIGA A SCOGLIERA	Totale
DIFESA LONGITUDINALE ADERENTE			145	9	24							178
DIFESA LONGITUDINALE DISTACCATA	193	9										202
DIFESA MISTA							2	8				10
DIFESA PORTUALE										2	48	50
DIFESA TRASVERSALE						61			1			62
Totale	193	9	145	9	24	61	2	8	1	2	48	502



Figura 6 - Suddivisione della macro unità fisiografica napoletana in sub-unità più piccole per il calcolo dell'Indice strutturale.

Golfo di Pozzuoli:

N = 21 km; D = 17 km; I = 0,81.

È il più alto della costa campana e crescerà ancora in quanto attualmente sono in corso i lavori per l'ampliamento del porto di Pozzuoli.

Litorale napoletano e vesuviano:

N = 79 km; D = 60 km; I = 0,76.

Isole:

- Ischia: N = 57,7 km; D = 12,2 km; I = 0,21

- Capri: N = 27,7 km; D = 1 km; I = 0,03

- Procida: N = 24,7 km; D = 2,8 km; I = 0,11

Golfo di Salerno

Le opere individuate sono 98 così suddivise: 50 difese aderenti di lunghezza variabile tra 13 e 495 m, 25 difese distaccate di lunghezza variabile tra 25 e 400 m, 7 difese trasversali di lunghezza variabile tra 17 e 173 m e una difesa mista. Sono state censite 15 dighe a scogliera a protezione dei moli di 6 porti (3 lungo la costiera amalfitana, 2 lungo il litorale di Salerno, 1 ad Agropoli) (Tab. 4).

N = 84,5 km; D = 13,5 km; I = 0,16.

Tabella 4 - Tabella riassuntiva delle strutture presenti nell'unità fisiografica del Golfo di Salerno.

TIPO OPERA	BARRIERA EMERGENTE	BARRIERA SOMMERSA	RIVESTIMENTO	MURO DI SPONDA	SCOGLIERA RADENTE	PENNELLO EMERGENTE	PENNELLO a L	PENNELLO a T	PENNELLO SEMI-SOMMERSO	DIGA A PARETE VERTICALE	DIGA A SCOGLIERA	Totale
DIFESA LONGITUDINALE ADERENTE			42	6	3							51
DIFESA LONGITUDINALE DISTACCATA	24	1										25
DIFESA MISTA							1	0				1
DIFESA PORTUALE										0	14	14
DIFESA TRASVERSALE						7			0			7
Totale	24	1	42	6	3	7	1	0	0	0	14	98

Costiera cilentana

Lungo la costiera cilentana sono state rilevate 137 opere di difesa così di seguito riportate: 44 difese aderenti con lunghezza compresa tra 15 e 445 m, 37 difese distaccate con lunghezza compresa tra 20 e 160 m e 41 difese trasversali con lunghezza compresa tra 3 e 80 m. Le difese portuali di S. Marco di Castellabate, Montecorice, Acciaroli, Pollica, Casalvelino, Pisciotta, Palinuro e Marina di Camerota sono composte da 15 dighe a scogliera di lunghezza variabile dai 75 ai 535 m (Tab. VII). N = 112 km; D = 15 km; I = 0,13 (Tab. 5).

Tabella 5 - Tabella riassuntiva delle strutture presenti nell'unità fisiografica della Costiera Cilentana.

TIPO OPERA	BARRIERA EMERGENTE	BARRIERA SOMMERSA	RIVESTIMENTO	MURO DI SPONDA	SCOGLIERA RADENTE	PENNELLO EMERGENTE	PENNELLO a L	PENNELLO a T	PENNELLO SEMI-SOMMERSO	DIGA A PARETE VERTICALE	DIGA A SCOGLIERA	Totale
DIFESA LONGITUDINALE ADERENTE			23	1	19							43
DIFESA LONGITUDINALE DISTACCATA	33	4										37
DIFESA PORTUALE							0	0			15	15
DIFESA TRASVERSALE						35			6	0		41
Totale	33	4	23	1	19	35	0	0	6	0	15	136

Golfo di Policastro

Le opere di difesa individuate sono 43 di cui 16 difese aderenti di lunghezza compresa tra 11 e 240 m, 8 difese distaccate tra 22 e i 92 m, 11 difese trasversali tra 13 e i 56 m. I porti di Scario, Marina di Policastro e Sapri sono protetti da 8 opere di difesa portuale di lunghezza che varia tra 70 e 360 m (Tab. 6). N = 34,5 km; D = 3,7 km; I = 0,11.

Tabella 6 - Tabella riassuntiva delle strutture presenti nell'unità fisiografica del Golfo di Policastro.

TIPO OPERA	BARRIERA EMERGENTE	BARRIERA SOMMERSA	RIVESTIMENTO	SCOGLIERA RADENTE	MURO DI SPONDA	PENNELLO EMERGENTE	PENNELLO a L	PENNELLO a T	PENNELLO SEMI-SOMMERSO	DIGA A PARETE VERTICALE	DIGA A SCOGLIERA	Totale
DIFESA LONGITUDINALE ADERENTE			7	9	0							16
DIFESA LONGITUDINALE DISTACCATA	8	0										8
DIFESA PORTUALE							0	0			8	8
DIFESA TRASVERSALE						11			0	0		11
Totale	8	0	7	9	0	11	0	0	0	0	8	43

Si riporta nel seguito il confronto tra gli indici strutturali del 1998 e del 2005 (Figg. 7, 8 e 9, Tabb. 7 e 8). Il Golfo di Napoli risulta essere il tratto di costa più irrigidito, mentre la costiera cilentana e il Golfo di Policastro restano sostanzialmente invariati in quanto le due unità fisiografiche sono costituite per la metà da costa alta. Un esempio del forte impatto delle opere di difesa costiera è riportato in Figura 10 per un tratto di costa vesuviana. Nella figura è evidente come le opere si susseguano senza soluzione di continuità. In Figura 11 è stato poi riportato un esempio dettagliato delle opere di difesa presenti in Via Caracciolo, Napoli.

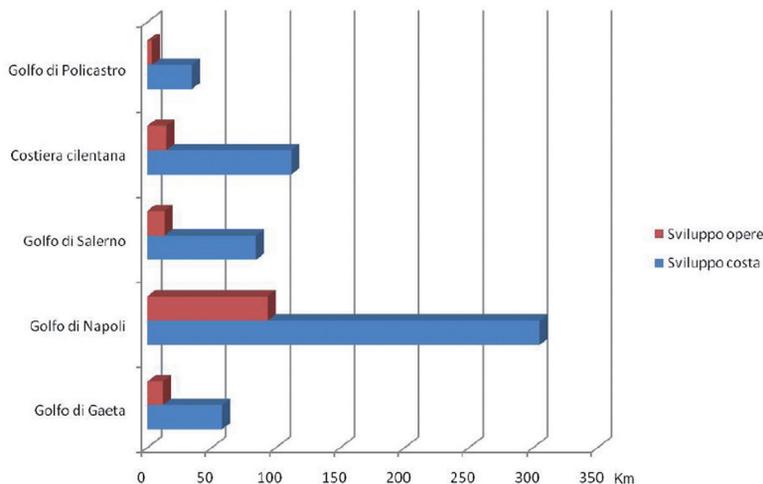


Figura 7 - Confronto tra lo sviluppo delle opere costiere e lo sviluppo della costa per ogni unità fisiografica.

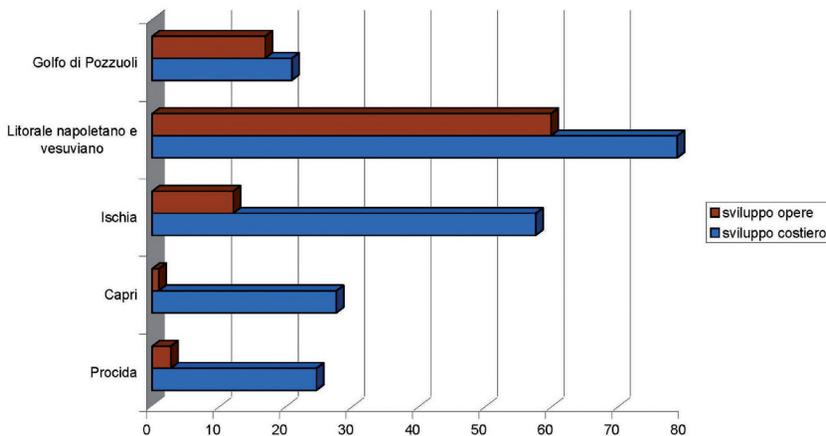


Figura 8 - Confronto tra lo sviluppo delle opere costiere e lo sviluppo della costa per le sub-unità fisiografiche del Golfo di Napoli.

Tabella 7 - Tabella riassuntiva dello sviluppo di costa, costa protetta e relativi indici strutturali per ogni unità fisiografica della costa campana.

UNITA' FISIOGRAFICHE COSTA CAMPANA	COSTA		COSTA PROTETTA		INDICE STRUTTURALE
	km	%	km	%	
Golfo di Gaeta	58 km	10 %	12 km	9 %	0,21
Golfo di Napoli	305 km	51 %	93,5 km	68 %	0,31
Golfo di Salerno	84,5 km	14 %	13,5 km	10 %	0,16
Costiera cilentana	112 km	19 %	15 km	11 %	0,13
Golfo di Policastro	34,5 km	6 %	3,7 km	3 %	0,11

Tabella 8 - Tabella riassuntiva dello sviluppo di costa, costa protetta ed i relativi indici strutturali delle sub-unità fisiografiche del Golfo di Napoli.

SUB-UNITA' FISIOGRAFICHE GOLFO DI NAPOLI	COSTA		COSTA PROTETTA		INDICE STRUTTURALE
	km	%	km	%	
Golfo di Pozzuoli	21 km	10%	17 km	18%	0,81
Litorale napoletano/vesuviano	79 km	38%	60 km	65%	0,75
Ischia	57,7 km	27%	12,2 km	13%	0,21
Capri	27,7 km	13%	1 km	1%	0,03
Procida	24,7 km	12%	2,8 km	3%	0,11

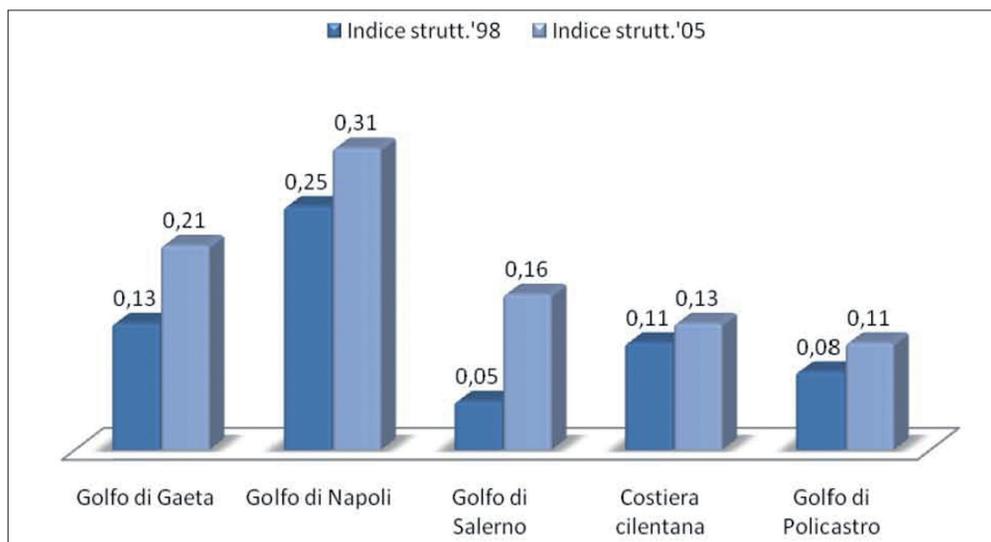


Figura 9 - Confronto tra gli Indici strutturali del 1998 e del 2005.

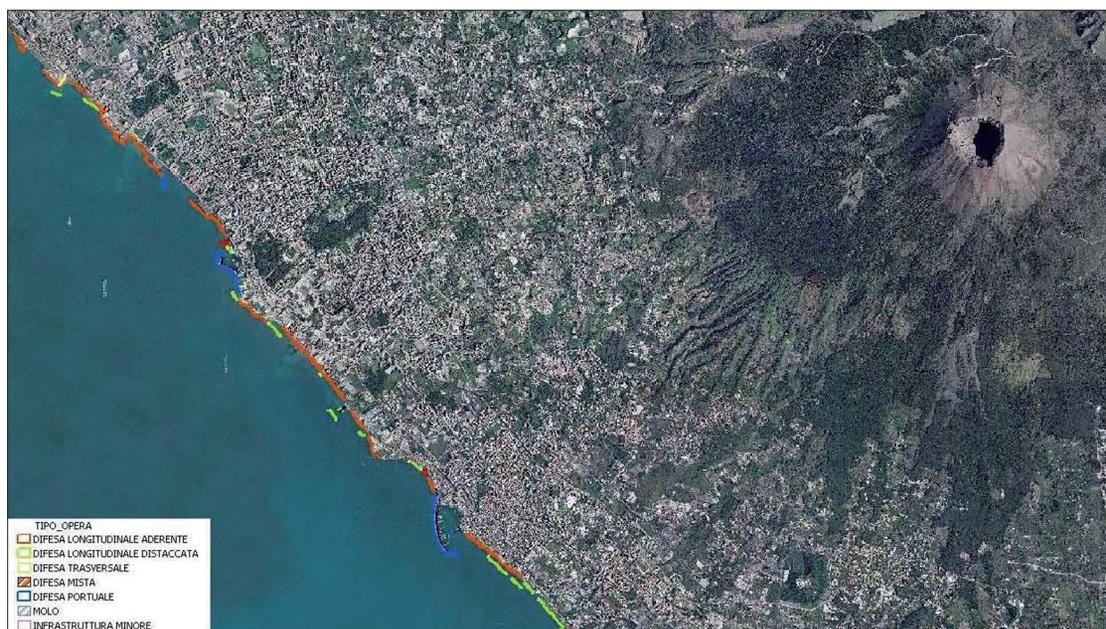


Figura 10 - Opere di difesa costiera per un tratto di costa vesuviana.

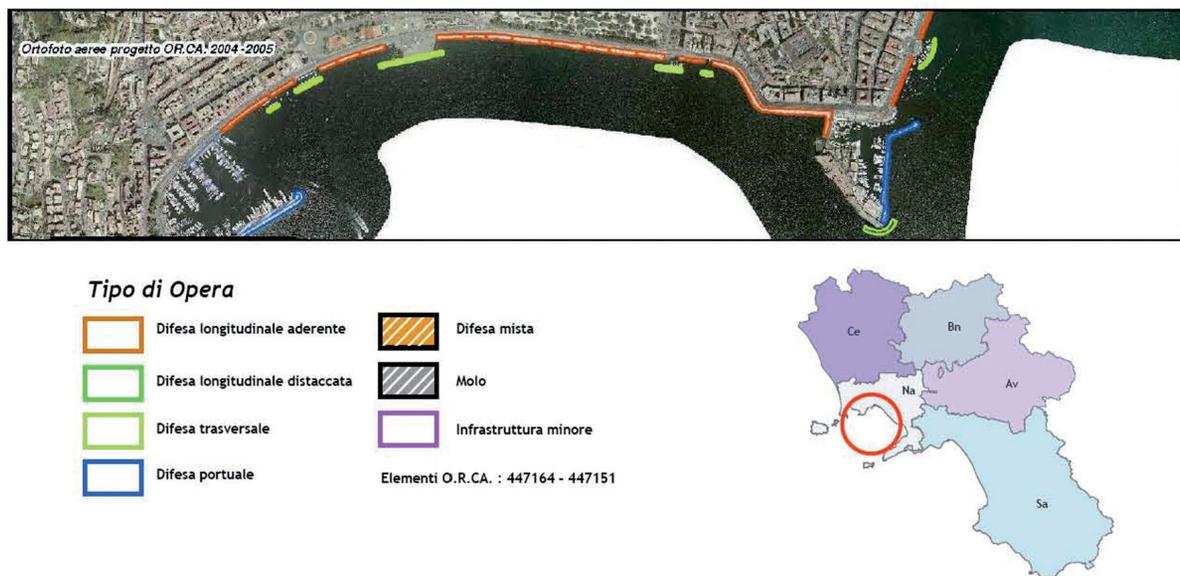


Figura 11 - Opere di difesa presenti in via Caracciolo (Napoli).

Conclusioni

Il lavoro presentato in questa pubblicazione è il primo Catalogo ufficiale delle opere di difesa della costa campana. Basato sulla interpretazione di ortofoto in scala 1:5.000 relative agli anni 2004-2005, il Catalogo contiene dati geografici e alfanumerici sulle caratteristiche strutturali e costruttive delle opere di difesa costiera rilevate. I dati raccolti costituiscono un tematismo del Sistema Informativo Territoriale per la Gestione integrata delle problematiche costiere della Campania, che è in via di costituzione presso il Settore Difesa del Suolo della Regione Campania a seguito delle attività del Progetto di Gemellaggio AGIRE POR con la Regione Emilia-Romagna.

Il Catalogo delle opere di difesa della costa campana fornisce all'utente - cittadino, professionista o Ente competente - un quadro completo ed aggiornato dello stato di protezione della costa. Il confronto tra i rilievi relativi a periodi di tempo diversi consente la verifica dell'efficacia delle opere costiere e/o dei problemi che esse hanno creato, e quindi la programmazione degli interventi, siano essi di manutenzione di opere già esistenti o di realizzazione di nuove opere.

Il lavoro ha già consentito di aggiornare al 2005 i dati dell'indice strutturale di ogni singola unità fisiografica della costa campana. In particolare confrontando i risultati ottenuti con i dati riportati in "Lo stato dei litorali italiani" (GNRAC, 2006), relativi alla regione Campania ed aggiornati al 1998, è stato possibile effettuare stime relative alla variazione dello stato di irrigidimento della costa.

Il Catalogo fornisce inoltre il livello informativo di base indispensabile per l'applicazione della modellistica numerica relativa alla morfodinamica costiera.

La disponibilità di strati informativi relativi a periodi antecedenti al 1998 consentirà una lettura più completa e significativa dell'evoluzione costiera. Le attività proseguiranno con l'utilizzo delle foto aeree relative agli anni 1943, 1954 e 1994, al momento in fase di georeferenziazione e ortorettifica, per procedere alla mappatura delle opere di difesa costiera storiche e delle relative linee di riva, così da completare la parte storica del Catalogo.

Il Catalogo è consultabile tramite WebGis dal sito del Settore Difesa del Suolo nell'Area Tematica: Difesa delle Coste all'indirizzo <http://www.difesa.suolo.regione.campania.it>

Il Catalogo delle opere di difesa della costa campana costituisce, in conclusione, il primo tassello per una gestione integrata delle problematiche costiere e lo strumento GIS utilizzato offre il supporto tecnico più efficace per la gestione, elaborazione ed interpretazione dei dati.

Ringraziamenti

Il Catalogo delle opere di difesa costiera della Campania è stato realizzato dal Settore Difesa del Suolo della Regione Campania nell'ambito del Gemellaggio AGIRE POR 2000-2006 con il Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, per lo sviluppo di un sistema informativo per la gestione della costa.

Si ringrazia il Gruppo SIT, del Settore Difesa del Suolo.

Gli Autori ringraziano tutti i partecipanti al Gemellaggio ed in particolare il Dott. Raffaele Pignone e la Dott.ssa Luisa Perini della Regione Emilia-Romagna.

Bibliografia

- Assessorato ai Trasporti della Regione Campania (2001) - *Studio di fattibilità di un sistema regionale della portualità e degli approdi turistici e del trasporto passeggeri via mare della Regione Campania*. Rapporto inedito.
- Berger A.R. e Iams W.J. (1996) - *Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in earth systems*. Rotterdam, A.A. Balkema. 466 p.
- Boak E.H. e Turner I.L. (2005) - *Shoreline definition and detection: a review*. *Journal of Coastal Research*, 21: 688-703.
- Calabrese L. e Lorito S. (2007) - *La mappatura della linea di riva attraverso la fotointerpretazione – appunti*. Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna. Report Interno.
- Catalogo delle opere di difesa della costa emilianoromagnola*: http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/costa/progetti/04_catalogo_opere_difesa_costa.htm.
- CNR – MURST (1999) - *Atlante delle Spiagge Italiane*. S.El.Ca., Firenze, 108 tavole.
- Cocco E., De Magistris M.A., Bentivoglio C., Iacono Y. e Serpico M. (1993) - *Processi erosivi, opere di difesa e riequilibrio dei litorali in Campania*. In “La difesa dei litorali in Italia” a cura di Aminti P. e Pranzini E., Edizioni delle Autonomie, 34: pp. 175-194.
- Cocco E., De Magistris M.A., Iuliano S., Mangioli A., Pugliese Caratelli E. e Spulsi G. (2001) - *Assesment of erosion and wave risk over coastal areas*. *Coastal Engineering V* (C.A. Trebbia Ed.), Southampton, Boston, WIT Press, pp. 277-287.
- Cocco E. (2001) - *Il rischio per erosione dei litorali*. In “L’ambiente geologico in Campania” a cura di A. Vallario, CUEN, Napoli, pp. 369- 382.
- Cortemiglia G.C. (1991) - *Fruizione dei litorali e pianificazione costiera*. In “Politica globale” a cura di Carlo Boggio, Edizioni Marietti, Genova, pp. 97-103.
- European Commission (2007) - *Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*. Official Journal of the European Union, L. 108, v. 50.
- GNRAC (2006) - *Lo stato dei litorali italiani*. A cura del Gruppo Nazionale per la Ricerca sull’Ambiente Costiero. *Studi Costieri*, 10: 3-174.
- ISPRA (ex APAT) (2007) - *Atlante delle opere di sistemazione costiera - Manuali e Linee guida*, 44/2007, Roma.
- Kraus N.C. e Rosati J.T. (1997) - *Interpretation of shoreline position data for coastal engineering analysis*. CETN-II-39, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Li R., Di K. e Ma. R. (2001) - *A comparative study of shoreline Mapping techniques*. The 4th International Symposium on Computer mapping and GIS for Coastal Zones Management, Halifax, Nova Scotia, Canada, June 18-20, 2001.
- Lorito S. e Calabrese L. (2007) - *Tipi di Linea di Costa*. Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna. Report Interno.
- Ministero dei Lavori Pubblici - CNR (1996) - *Istruzioni Tecniche per la Progettazione delle Dighe Marittime*. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, pubbl.1450, Roma

- Moore L. (2000) - *Shoreline mapping techniques*. Journal of Coastal Research 16: 111-124.
- Perini L., Lorito S., Luciani P. e Gardelli M. (2006) - *Il Catalogo delle opere di difesa della costa e delle opere marittime della Regione Emilia Romagna*. Regione Emilia-Romagna. Report Interno.
- Perini L., Calabrese L., Cibin U., Lorito S. e Luciani P. (2007) - *Il Sistema Informativo della Costa e i prodotti cartografici di supporto agli studi e alle strategie di difesa*. In "Ambiente e Territorio" n. 127. Terzo Forum Nazionale. Pianificazione e tutela del territorio costiero. Questioni, metodi, esperienze a confronto. A cura di Erminio Ferrucci, pp. 71-88.
- Petrillo S. (2000) - *Assetto costiero campano: censimento opere di difesa ed analisi critica delle variazioni indotte sull'evoluzione di alcuni tratti litoranei*. Tesi di laurea Università di Napoli Federico II.

Contributo tecnico ricevuto il 3/7/2008.