

## Sistemi decisionali per la gestione dell'erosione costiera

Marina Funaro (\*), Maria Ioannilli (\*\*)

(\*), Università degli studi di Roma Tor Vergata, Dip. Ingegneria civile  
Via Politecnico 1 00133 tel +393296546929 e-mail marina.funaro@virgilio.it

(\*\*) Università degli studi di Roma Tor Vergata, Dip. Ingegneria civile  
Via Politecnico 1 00133 tel +390672597086 e-mail ioannill@ing.uniroma2.it

### Riassunto

L'obiettivo dello studio è proporre un modello di analisi che individui quali sono e dove si manifestino maggiormente i fenomeni che influiscono sull'erosione costiera e che consenta di ottenere una valutazione quantitativa e qualitativa al fine di creare un quadro conoscitivo per la pianificazione delle politiche del territorio costiero.

Il presupposto iniziale è che i processi di gestione del territorio sono caratterizzati da approcci di tipo settoriale.

Lo studio parte dai concetti definiti dalla Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC) utilizzando un approccio sistemico al problema attraverso il quale si definiscono dei sottosistemi funzionali e spaziali in cui calcolare gli indicatori di rischio erosione costiera.

La ricerca è condotta su 14 bacini e sottobacini idrografici della Regione Lazio per i quali attraverso il modello di analisi DPSIR (*Drivers, Pressure, State, Impact, Response*) sono stati calcolati diversi indicatori di pressione e di stato al fine di valutare la suscettibilità e la propensione all'erosione costiera.

Il risultato ottenuto è una classificazione dei bacini idrografici derivante dall'analisi degli indicatori di natura morfologica, idrologica, naturalistica, antropica, insediativa e produttiva del sistema mediante l'utilizzo di strumenti GIS. I risultati mostrano le condizioni di criticità di ogni bacino e pongono le basi per l'attuazione di strategie per la gestione del territorio costiero.

### Abstract

The article describes an application for to analyze coastal erosion with systemic approach, chosen to find some indicators about management of coastal zone.

Coastal erosion is a phenomenon that is spreading in the Italian coasts as well as in the international coasts with consequences not only from an environmental perspective, but also in social and economic terms.

This study analyses the progress of coastal erosion in Lazio Region coasts (Italy) by studying of some indicators.

The first problem to be affronted is the delimitation of coastal zones and what introduce in the Integrated Coastal Zone Management (ICZM).

The coastal system is studied by its components and their interactions through the analysis model DPSIR (*Drivers, Pressure, State, Impact, Responses*) with the identification of indicators of state, pressure and response.

The methodology used was to create synthetic critical indicators for assessing the vulnerability of the area compared to coastal erosion.

The analysis and representation of spatial phenomena of the Lazio region, geographic area considered, occurred using GIS, Geographic Information System that allowed geoprocessing cartographic data. Were classify 14 coastal river basin, through processing of data relating to their morphological characteristics, the anthropic and productive system. This study has allowed us to

have a cognitive framework that allows for planning interventions and protection policies to mitigate coastal erosion

This paper discusses which indicators have to be analyzed for to keep to decision-making a workflow for sustainable and planning the coastal zone.

### **Delimitazione della zona costiera**

Nel 2009 è stato adottato il Protocollo sulla GIZC del Mediterraneo e nell'art.23 viene definita l'erosione costiera e promuove delle iniziative europea per affrontare questa tematica.

L'erosione costiera è quel fenomeno di arretramento delle coste che porta con il passare degli anni alla riduzione della superficie sabbiosa, dunale e ad un avanzamento della linea del mare. (Bovina, 2013).

La zona costiera viene definita in maniera differente nelle leggi e negli studi presenti in letteratura: il Protocollo sulla GIZC delimita l'area geomorfologica situata ai due lati della spiaggia. Il Progetto Europeo DrepanCost prevede una delimitazione fisica da una certa linea batimetrica fino a un certo numero di metri o km sulla terra ferma. (Pernice, 2007)''

Nel progetto di studio per delimitare l'area costiera viene definito un sistema di analisi al cui interno le variabili interagiscono in modo da avere un'influenza sull'erosione. Viene definito un sistema costiero suddiviso in sottosistemi con diversa estensione spaziale, a volte di difficile delimitazione.

L'estensione geografica proposta nello studio ha permesso di individuare 4 sottosistemi:

- sottosistema marino
- sottosistema dunale
- sottosistema fascia costiera
- sottosistema entroterra.

### **Area di studio**

Il progetto ha analizzato il territorio costiero della Regione Lazio e una piccola parte della regione Toscana. Il litorale della Regione Lazio si sviluppa per quasi 340 km, quasi 136 km sono di costa rocciosa, circa 194 km sono costituiti da spiagge, mentre di 10 km è l'estensione delle coste armate. (Ferretti et al.,2003)



*Figura 1 - Area di studio, zona costiera della Regione Lazio.*

Questa fascia costiera è una zona di notevole impatto umano ed economico anche per la presenza di una città di ampie dimensioni geografiche e demografiche come Roma.

Lo sviluppo della fascia costiera resta coinvolto dalle mutazioni della costa dovute all'erosione in termini di turismo, portualità, beni paesaggistici, archeologici e in molti altri aspetti connessi allo sviluppo economico ed alla conservazione del patrimonio storico-naturalistico.

### Delimitazione dei bacini idrografici

Attraverso l'approccio sistemico sono stati definiti i 4 sottosistemi rappresentati spazialmente e funzionalmente dai bacini idrografici.

Infatti l'area geografica in cui avvengono le dinamiche che danno luogo a fenomeni che concorrono al generare o meno l'erosione costiera può essere determinata dai bacini idrografici (Lamacchia et al.,2002) .

I bacini analizzati sono:

- Arrone
- Acque Alte
- Fiora
- Mignone
- Marta
- Portatore.

Sono stati aggiunti 8 bacini costieri che completano il territorio della costa della Regione Lazio e sono quelli creati per estrazione fra i bacini idrografici indicati dal portale cartografico nazionale e il limite territoriale della costa della Regione Lazio.

Questi bacini sono stati chiamati con un numero da 1 a 8 con un ordine da nord a sud.

### Metodologia basata sugli indicatori

La metodologia utilizzata per descrivere il sistema costiero ed individuarne pressioni e criticità che gravano su di esso è stata quella di utilizzare degli indicatori che descrivessero e quantificassero adeguatamente i fenomeni coinvolti.

L'uso degli indicatori consente di riassumere i dati a disposizione fornendo un'informazione sintetica e immediatamente comprensibile. (Ruggero,1994)

Il processo di costruzione degli indicatori ha visto diverse fasi che hanno portato alla creazione di 5 classi alle quali è stato assegnato un valore di una scala omogenea per tutti gli indicatori.

Lo schema illustra la metodologia utilizzata per elaborare gli indicatori e costruire un indice sintetico.

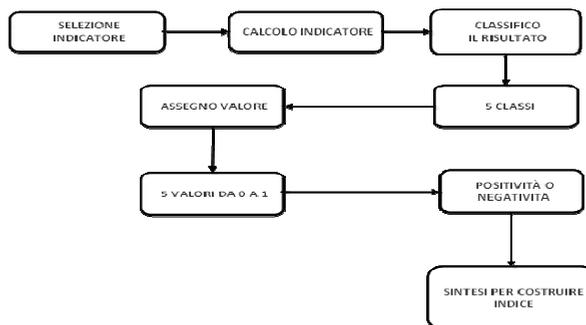


Figura 2 - Schema di classificazione degli indicatori.

Questo metodo è necessario per permettere di stabilire una relazione fra indicatori e poterli confrontare.

La valutazione dell’impatto è definita positiva se il fenomeno produce una situazione favorevole alle condizioni di stabilità o avanzamento della linea di costa, mentre sarà negativo quando aumenterà il rischio di erosione costiera.

Ogni indicatore è il risultato di un’analisi eseguita attraverso i GIS e successivamente sintetizzata e calcolata.

**Modello concettuale dell’erosione costiera**

La struttura degli indicatori adottata è stata quella prevista dal modello di analisi DPSIR, introdotto dall’Agenzia Europea per l’Ambiente (EEA) nel 1995.

Il modello DPSIR rappresenta la più accettata struttura metodologica per descrivere le interazioni fra società e ambiente, grazie alla sua semplicità e alla possibilità di applicazione a qualsiasi scala. (Naviglio, 1999).

Il DPSIR rappresenta un modello di funzionamento del territorio applicato al fine di monitoraggio del fenomeno.

In questo studio il modello viene utilizzato per avere una visione conoscitiva attraverso l’analisi dello stato del sistema e delle pressioni.

Categorie di analisi		Variabili	D	P	S	I	R	
Morfologia e caratteri naturalistici dell’area	Caratteristiche geomorfologiche	Quote					X	
		Esposizioni					X	
		Pendenze					X	
		Altezza della linea di costa					X	
		Indice di erodibilità dei suoli					X	
	Caratteri naturalistici	Indice di naturalità					X	
		Indice di frammentazione delle aree naturali					X	
		Indice di diversità Shannon delle utilizzazioni del suolo					X	
	Caratteristiche dei bacini idrografici	Densità di drenaggio del reticolo idrografico					X	
		Indice di biforcazione					X	
		Lunghezza aste fluviali					X	
		Curve number dei bacini					X	
		Indice di impermeabilizzazione					X	
	Sistema antropico	Sistema insediativo	Indice di antropizzazione					X
			Indice di struttura urbana					X
Sistema infrastrutturale		Indice di rilevanza gerarchica dell’infrastruttura ferroviaria					X	
		Indice di rilevanza gerarchica dell’infrastruttura stradale					X	
Sistema produttivo		Indice di specializzazione industriale					X	
		Indice di specializzazione agricola					X	

Tabella 3 - Indici calcolati ricadenti nello Stato secondo lo schema DPSIR.

	Categorie di analisi	Variabili	D	P	S	I	R
Morfologia e caratteri naturalistici dell'area	Caratteri naturalistici dell'area	Coperture del suolo			X		
		Indice di frammentazione delle aree non naturali			X		
	Minacce ambientali	Indice di suscettività agli incendi			X		
		Indice di classificazione rischio idrogeologico			X		
		Indice classificazione sismica			X		
Sistema antropico	Sistema insediativo	Indice di pressione umana			X		
		Indice di densità di popolazione per bacino			X		
		Indice di consumo di suolo per abitante			X		
		Indice di intensità di edificazione			X		
		Indice delle superficie delle abitazioni			X		
		Indice di grandezza media dei fabbricati			X		
	Sistema infrastrutturale	Indice di intensità del reticolo stradale			X		
		Indice di intensità del reticolo ferroviario			X		
		Indice di densità industrie			X		
	Sistema produttivo	Indice densità unità locali			X		
		Indice utilizzazione agricola			X		

Tabella 4 - Indici calcolati ricadenti nella P Pressioni secondo lo schema DPSIR.

### Calcolo degli indicatori e classificazione idrologica

Per valutare lo stato di vulnerabilità dei bacini idrografici rispetto al fenomeno dell'erosione costiera sono stati analizzati i fattori di diversa origine e sono stati classificati attraverso un range di valori per confrontare i risultati ottenuti dai diversi bacini. (Hynes et al.,2011).

Si è proceduto con un'analisi specifica sui parametri idrografici ed effettuata una classificazione rispetto ai seguenti parametri:

- Pendenza
- Densità di reticolo idrografico
- Indice biforcazione
- Quota media
- Lunghezza aste fluviali
- Esposizione
- Curve Number

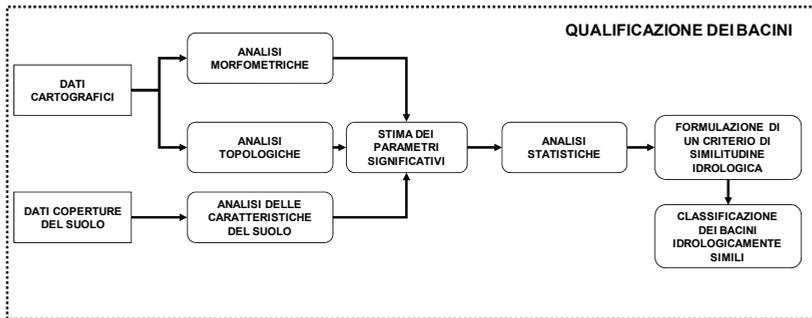


Figura 5 - Modello di qualificazione dei bacini.

I dati estratti dal calcolo degli indicatori idrografici sono stati uniti alla features geografica dei bacini, convertiti in formato grid ed effettuate delle classificazioni i cui risultati sono stati divisi in tre classi.

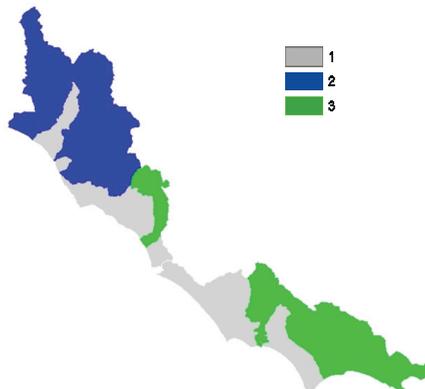


Figura 6 - Risultato della classificazione dei bacini dal punto di vista idrografico.

Il risultato ottenuto è visualizzato nella figura 6.

I bacini che hanno una conformazione naturale idrogeologica che permette una resilienza ai fenomeni perturbativi sono: Arrone, Acque Alte, Portatore e Costiero 8 che fanno parte della classe 3.

Questa caratteristica naturale permette bassa vulnerabilità alle influenze esterne naturali ed antropiche.

I bacini: Costiero 2, Costiero 3, Costiero 4, Costiero 5, Costiero 6 e Costiero 7 appartengono alla classe 1 che rappresenta la classe più vulnerabile alle influenze esterne.

### Risultati e discussioni

Nel presente lavoro è stato affrontato il problema della valutazione dei processi di erosione costiera che avvengono a scala di bacino idrografico attraverso indicatori elaborati per mezzo di sistemi informativi geografici.

Lo scopo della ricerca è quello di passare da un approccio di tipo settoriale ad un approccio di tipo sistemico per permettere una conoscenza dei processi riguardanti la gestione del fenomeno dell'erosione costiera e migliorare il flusso di informazioni. (Ioannilli et al.,2004)

Si è definito il concetto di erosione costiera, di sistema costiero e delle componenti e quindi delle grandezze che potevano essere utilizzate per descriverlo predisponendo un modello concettuale.

E' stato costruito uno schema logico generale che rappresenta diverse modalità di interazioni tra le componenti naturali ed antropiche. Sono stati calcolati gli indicatori del sistema antropico produttivo, naturale, morfologico-idraulico al fine di classificare i bacini idrografici.

I risultati dell'elaborazione dei dati e della sintesi degli indicatori sono stati la classificazione dei bacini per similitudine morfologica ed idraulica presente nel paragrafo precedente e successivamente la classificazione complessiva di tutti gli indicatori.

Applicando il giudizio formulato in precedenza di positività o negatività rispetto all'erosione costiera sono stati sottratti i valori che contribuiscono al crearsi del fenomeno dell'erosione costiera e sommati quelli che hanno una valenza positiva o neutra.

Il risultato è presentato nella tabella che segue esplicitando il punteggio dal punto di vista degli indicatori naturalisti e antropici e il risultato finale.

NOME BACINO	Naturale	Antropico	Finale
ARRONE	5,75	6,75	-1
Costiero 1	6	4,75	1,25
Costiero 2	6	3,75	2,25
Costiero 3	6,5	9,25	-2,75
Costiero 4	7,75	10	-2,25
Costiero 5	6,75	8,25	-1,5
Costiero 6	7,25	12,25	-5
Costiero 7	8,25	9,5	-1,25
Costiero 8	8,5	8,25	0,25
ACQUE ALTE	7,75	7,25	0,5
FIORA	8,5	4,75	3,75
MARTA	5,75	8,75	-3
MIGNONE	7	3,75	3,25
PORTATORE	9	7,25	1,75

Tabella 7 - Valori finali ottenuti dalla classificazione dei bacini idrografici.

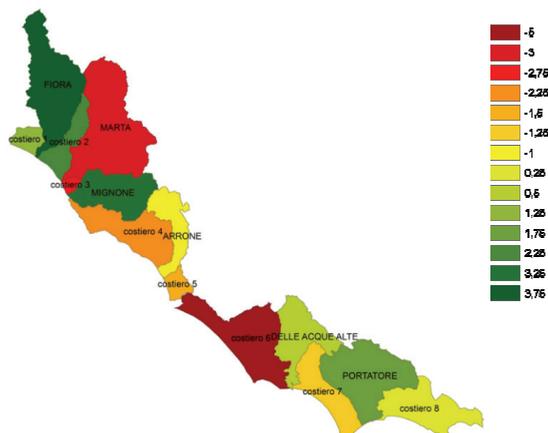


Figura 8 - Classificazione dei bacini idrografici.

Attraverso il modello utilizzato, pur riconoscendone i limiti di semplificazione, è stato dunque possibile enumerare i bacini idrografici su cui concentrare l'attenzione.

I bacini che risultano essere più compromessi dal punto di vista antropico sono il: costiero 6, costiero 3 e costiero 7.

I bacini: costiero 6, Marta e a seguire costiero 3 e costiero 4 risultano essere i più compromessi per i valori ottenuti fra gli indicatori che rappresentano fenomeni positivi naturali e quelli che rappresentano fenomeni negativi antropici.

Il risultato è una valutazione sia quantitativa che qualitativa. Lo studio si pone come un'analisi da cui riflettere e procedere con le politiche di attuazione della protezione dell'erosione costiera sul litorale laziale. I risultati mostrano le condizioni di criticità di ogni bacino e pongono le basi per l'attuazione di strategie per la gestione del territorio costiero.

### **Bibliografia**

- Bovina G. (2009), "Spiagge e dune che scompaiono: l'erosione costiera". *Convegno SOS Dune. Stato, problemi, interventi, gestione.*
- Ferretti O, Delbono I, Furia S, Barsanti M.(2003) Elementi di gestione costiera. *Parte Prima. Tipi morfo-sedimentologici dei litorali italiani Parte Seconda. Erosione costiera. Lo stato dei litorali italiani. Parte Terza. Difese costiere rigide. Parte Quarta. Difese costiere morbide: ripascimenti artificiali. Rassegna tipologica. Rapporto Tecnico ENEA RT/2003/45/CLIM. Rapporto Tecnico ENEA RT/2003/43/CLIM.*
- Hynes S, Farrell N. (2011) Defining standard statistical coastal regions for Ireland. *Marine Policy* 36(2393–404)
- Ioannilli M, Volpato E. (2004) Lo sviluppo sostenibile: teoria, strategie, strumenti
- Lamacchia, M.R., Mairota, P., Martinelli, N., Mininni, M., Sallustro, D. (2002) A multi-discipline and multi-scale approach to coastal zone and river basin planning in a suburban Mediterranean region. In: Camarda D, Grassini L. (Eds.) 2002 *Coastal Zone Management in the Mediterranean Region*. Option Méditerranéennes, Serie A (Mediterranean Seminars) n. 53 pp. 263-276.
- Naviglio L. e alt (1999), DPSIR: uno strumento di analisi ambientale applicabile a fini gestionali, ENEA, Dipartimento Biotecnologie, Agroindustria e Protezione della Salute
- Pernice G. (2007) Elaborazione di un modello di gestione integrata della zona costiera della Provincia di Trapani. *Special Publication N° 11 - 2007 IAMC-CNR – U.O.D. di Mazara del Vallo*
- Ruggiero M.A. (1994) *Gli indicatori internazionali dell'istruzione. Una struttura per l'analisi*, I Libri dell'OCCSE, Armando Editore