

IL SISTEMA INFORMATIVO E LA CARRYING CAPACITY DELLA COSTA DI PULA (SARDEGNA SW)

Alessia ARITZU(*), Alessandra CAULI (*), Felice DI GREGORIO (*), Marco PUSCEDDU (*)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Cagliari, Laboratorio di Geologia Ambientale e Termografia, Via Trentino n°51, 09127 Cagliari, tel. 070.6757778, geoam@unica.it.

Riassunto

Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire i risultati dell'analisi finalizzata alla conoscenza delle caratteristiche geoambientali della costa di Pula (Sardegna sud-occidentale) e all'analisi della sua *carrying capacity* dal punto di vista della sua frequentazione turistico-balneare.

Le informazioni acquisite tramite rilevamenti diretti in campo, aerofotografie, ortofoto, e analisi di laboratorio sono state organizzate in uno specifico *Sistema Informativo della Costa*. Il funzionamento generale del sistema informativo in questione, come per gli altri sistemi analoghi, consiste nell'associare al dato spaziale, opportunamente georiferito, una tabella contenente svariate informazioni, dette attributi del tema, aggiornabile e modificabile nel tempo.

In questa maniera l'utente può, in qualsiasi momento, accedere al sistema e visionare le relative informazioni ossia nome del tratto di spiaggia, litologia, morfologia, pendenza del fondale, tessitura del sedimento della spiaggia emersa e sommersa, dune di retrospiaggia, uso della costa, aree di interesse naturalistico, aree di interesse archeologico, copertura vegetale, *carrying capacity*, rischi ambientale, tipo di alimentazione della spiaggia, dinamica e tendenza evolutiva del litorale. Il sistema informativo così realizzato, relativo al litorale compreso tra la costa di Pula e di Villa San Pietro, si è rivelato un potente strumento di analisi e conoscenza utili al monitoraggio e alla gestione integrata della fascia costiera.

Abstract

The purpose of this paper is to give the results of an analysis of the geo-environmental characteristics of the coast of Pula (South-West Sardinia) together with the definition of its carrying capacity in terms of tourist frequentation.

The data have been acquired by means of campaign surveys, completed with aerial and satellite image interpretation and laboratory analysis and have been inserted in a for this purpose developed Coastal Information System. As in any GIS based system, to the spatial geo-referred data a table with many information on the locations has been associated, making the system dynamic. In this system the data that the user can consult are, among others, name of beaches, lithology, morphology, slope of the submerged beach, types of sediments on the submerged and emerged beach, presence of backshore dunes, landuse of the coastal area, naturalistic characteristics, archaeological interest, vegetation, carrying capacity, environmental risk, type of beach sediment input, coastal dynamics and evolutionary tendency etc.

This Coastal Information System of the littoral comprised between Pula and Villa San Pietro, has revealed to be a useful instrument of analysis and information for the monitoring and the integrated management of this coastal area.

Introduzione

Lo studio dei sistemi costieri coinvolge numerose discipline (geomorfologia, geologia, uso del suolo, sedimentologia, dinamica costiera, flora, vegetazione, ecc.), metodologie di indagine e

tecniche di acquisizione e dalle informazioni differenti che determinano flussi di informazione spesso disgiunti e difficilmente correlabili per difetti di tipo informatico o per incongruenze spaziali e logiche informazioni.

Per questa ragione nell'analisi geoambientale della costa della Sardegna sud-occidentale si è fatto ricorso all'adozione di un CIS (*Costal Information Sistem*), come insieme di hardware, software, informazioni geografiche e modelli concettuali, raccolte e opportunamente georeferenziate con l'obiettivo di mantenere elevati standard di qualità paesaggistica e di gestione integrata e sostenibile della fascia costiera quale fondamentale obiettivo per una regione che ripone nel turismo molte delle proprie attese di sviluppo economico e sociale. In tal senso la potenzialità di queste banche dati per l'analisi e la rappresentazione di entità spaziali ne fa un rapido e flessibile strumento per la raccolta, l'analisi e la correlazione di un considerevole numero di informazioni che possono essere restituite attraverso mappe tematiche e attributi visualizzabili, agevolmente e in modo estremamente efficace in tabelle e grafici.

Metodologia

L'area di indagine ricade nel Sulcis-occidentale (Fig.1) e comprende il tratto di costa che si estende nei comuni di Sarroch e di Pula (Sardegna Sud-Occidentale) situata a occidente del golfo di Cagliari e rappresentati nella nuova Carta Tecnica Regionale 1:10.000 nei Fogli 573 e 566.

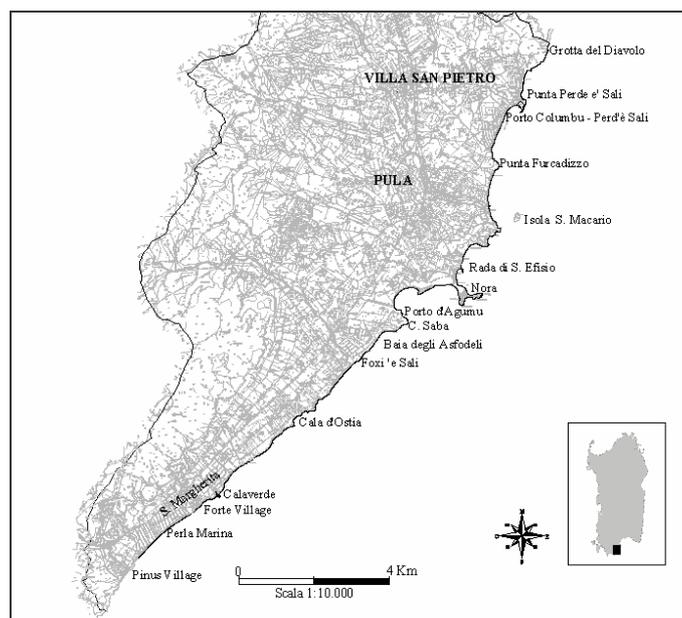


Fig. 1: Ubicazione dell'area costiera studiata ricadente nei comuni di Pula e Villa San Pietro nella costa sud-occidentale della Sardegna.

Lo studio si è basato principalmente su metodi d'indagine quali una preventiva ricerca bibliografica, fotointerpretazione di ortofoto a colori e riprese aeree multitemporali, ricerca e interpretazione di carte storiche e recenti, rilevamento di campagna supportato dalla cartografia ufficiale 1:10.000, misure in situ su capisaldi appositamente predisposti della linea di costa tramite strumenti topografici ed analisi tessiturali dei sedimenti litoranei. Il primo passo, per la realizzazione della banca dati geografica, è stato quello di determinare la scelta del sistema di coordinate di riferimento sulla base delle quali operare la georeferenziazione, in concomitanza con le scelte operate dalla Regione Autonoma della Sardegna per la realizzazione del SITR (Sistema Informativo Territoriale Regionale). Per questo si è optato per il sistema di riferimento Gauss-Boaga, Fuso Ovest (Ellissoide Internazionale Roma 40).

La creazione del Sistema Informativo è avvenuta tramite il *software* ArcMap 8.3 (ESRI). L'intero tratto costiero è stato rappresentato attraverso un tema, di tipo lineare, al quale è stata associata una banca dati in modo da poter effettuare delle analisi spaziali.

Le informazioni inserite all'interno della banca dati sono varie: alcune di più rapida reperibilità state ottenute attraverso ricerca bibliografica, altre acquisite direttamente sul campo e successivamente elaborate, altre ancora derivano da un'elaborazione di aerofotografie, Carte tematiche, topografiche e urbanistiche esistenti.

Il tratto di Costa è stato suddiviso in segmenti omogenei corrispondenti a tipi fisiografici ad ognuno dei quali è associata una tabella di attributi con le seguenti informazioni:

- **Tratto costiero:** Indica il nome del segmento di costa considerato. Tale nomenclatura è stata ottenuta sovrapponendo la CTR al litorale digitalizzato in modo tale che il segmento costiero è individuato da due nomi che ne identificano le estremità.
- **Geologia:** Nel CIS sono contenuti dati di un rilevamento geologico che si spinge dalla spiaggia verso l'entroterra per una distanza di circa due chilometri. Così facendo in un'apposita Carta sono descritte tutte le formazioni geologiche e i litotipi presenti nell'area.
- **Geomorfologia:** E' stata realizzata una Carta geomorfologica, in scala 1:10.000, per fornire un'interpretazione dell'assetto del territorio sulla base dei suoi lineamenti morfologici. Tramite questo rilevamento è stato possibile identificare e differenziare falesie, spiagge, dune cordoni litoranei, lagune, stagni, terrazzi, ecc. e riconoscere le tendenze evolutive della costa (erosione, stabilità, progradazione). Infine sono indicate le opere umane, le forme e i processi agenti sulla costa.
- **Morfologia della costa:** Attraverso la consultazione della cartografia tecnica e tematica a disposizione e tramite il rilevamento in situ sono stati definiti i lineamenti morfologici principali della costa che ne caratterizzano la fisionomia con una suddivisione in tre tipologie: arcuata, frastagliata e lineare.
- **Pendenza dei fondali:** Tramite un tema puntuale, facilmente sovrapponibile con quello costiero, è stata calcolata la pendenza dei fondali attraverso i dati delle isobate presenti nella cartografia ufficiale dell' Istituto Idrografico della Marina e dell' IGM. La pendenza che influenza la balneabilità dei litorali è stata calcolata entro la fascia di cinque metri dalla linea di riva.
- **Tipo di costa:** In questo campo è riportata la natura del segmento costiero ovvero viene indicato se si tratta di una costa sabbiosa, rocciosa, o di un'area portuale. Le coste rocciose, sono state suddivise in due categorie a seconda che la loro altezza sia maggiore (costa rocciosa alta) o minore di tre metri (costa rocciosa bassa), e della loro accessibilità (coste accessibili o inaccessibili). Si tratta in sostanza di un'informazione derivata dalla Carta geomorfologica.
- **Lunghezza del tratto di costa:** Viene riportata la lunghezza, espressa in metri, di ciascun tratto costiero (roccioso, sabbioso, etc.). Questa informazione è stata ottenuta automaticamente tramite una specifica funzionalità del *software* impiegato.
- **Tessitura dei sedimenti:** Il rilevamento di campagna ha permesso di poter individuare le tessiture dei sedimenti che sono state classificate nelle seguenti sette classi: depositi di frana in blocchi sparsi o addensati, ciottoli di diametri medi e grossolani ben elaborati, ciottoli e ghiaie con diametro compreso tra 1 e 10 millimetri, sabbie con diametro compreso tra 1.50 e 1.75 millimetri, sabbie con diametro maggiore di 2 millimetri, depositi di Posidonia spiaggiata, affioramenti rocciosi.
- **Tendenza evolutiva:** Per ciascun tratto costiero è stata stimata la tendenza evolutiva (avanzamento, stabile, arretramento), attraverso un dettagliato studio della cartografia storica, foto aeree, voli costa e le ortofotocarte disponibili dal 1956 al 2003.
- **Energia del moto ondoso:** Sulla base dei dati contenuti nella Carta del rischio geoambientale (Atzeni, Di Gregorio et al., 2002) sono stati definiti tre coefficienti di energia

incidente sulla fascia costiera (1 = debole, 2 = mediamente forte, 3 = forte). Questa informazione influenza sia la balneabilità sia la dinamica litorale.

- **Uso del suolo:** E' stata realizzata una Carta dell'uso del suolo con l'intento di dare un contributo aggiornato e dettagliato alla conoscenza delle destinazioni d'uso del suolo in zona costiera, ovvero dei modi attraverso cui viene esercitato l'uso delle risorse del territorio da parte dell'uomo. La stesura della Carta si è basata essenzialmente sui criteri di elaborazione della legenda Corine. Dall'esame delle informazioni raccolte risulta che nel territorio costiero esistono diverse tipologie d'uso che alternano ad aree conservate allo stato naturale costituite da vegetazione rupicola, macchia alta, macchia bassa e boschi di latifoglie ad aree con insediamenti turistico-residenziali e strutture turistico-ricettive (alberghi, ristoranti, campeggi, etc.). Sono inoltre presenti due piccoli porti turistici e alcuni siti di interesse naturalistico.
- **Opere antropiche:** Per comprendere la dinamica e la tendenza evolutiva del litorale sono state riportate alcune forme antropiche che influenzano il bilancio sedimentario delle spiagge e il libero movimento dei sedimenti lungo il litorale quali, moli e scogliere di protezione, muri di contenimento o di sostegno. Queste opere umane che danno un'idea dello stato di antropizzazione del litorale ma anche degli interventi di difesa, di iniziativa pubblica e privata, che vi sono stati realizzati. Sono stati individuati anche gli accessi e poi classificati a seconda del tipo di fondo (naturale o attrezzato) e delle relative predisposizioni accessorie.
- **Carrying capacity:** Per valutare la capacità di carico della spiaggia (*carrying capacity*) e definire gli spazi effettivamente fruibili dai bagnanti si è fatto riferimento ai caratteri di naturalità degli arenili (spiagge, dune di retrospiaggia, accessi al mare attualmente esistenti). La *carrying capacity* è stata calcolata tramite un metodo che tiene conto dei caratteri geoambientali del litorale e delle sue tendenze evolutive. La metodologia consiste nello studiare le diverse spiagge tramite rilevamenti in campo e fotointerpretazione, valutando in tal modo la qualità ambientale, il rischio di degrado e definendo successivamente la *carrying capacity* attraverso il calcolo di un coefficiente di carico (Arisci et al., 2000; Arisci et al., 2002). Applicando questa metodologia è emerso il numero di bagnanti ammissibile per metro quadrato di spiaggia affinché si possa realizzare una gestione conservativa dell'arenile.
- **Beni archeologici:** Nella banca dati sono stati inseriti anche i siti archeologici presenti nella fascia costiera. Sono stati individuati diversi insediamenti preistorico-nuragici, tre torri costiere del XVII secolo, alcune cave di età romana. Di notevole importanza è il sito archeologico di Nora dove si possono osservare i resti di una città fenicio-punica e tratti d'acquedotti di origine romana.
- **Siti di Interesse Comunitario:** Il sistema informativo è concepito anche per essere messo in relazione con le aree protette, con Siti di Interesse Comunitario e in generale con tutte le informazioni contenute nel Sistema Informativo Territoriale Regionale. Nell'area esaminata è presente un SIC denominato Sa Tanca e Sa Mura in prossimità di Nora.
- **Hot link:** In questo campo sono riportati i collegamenti ipertestuali che si è possibile realizzare. Si sono correlati alcuni segmenti di costa con tabelle che rappresentano la metodologia di calcolo della *carrying capacity*, fotografie che rappresentano le caratteristiche geoambientali dell'area, modelli tridimensionali della fascia costiera, utili perché forniscono una visione realistica delle unità di paesaggio presenti. La creazione dei modelli tridimensionali è avvenuta attraverso una specifica funzionalità del *software* GIS impiegato, che richiede una particolare rielaborazione dei dati di base. Per la costruzione di tal modello digitale (*Digital Elevation Model*, DEM) si è utilizzata la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 in cui le curve di livello sono rappresentate come polilinee 3D (tridimensionali).

Tratto di costa	Litologia aree adiacenti	Morfologia della costa	Lunghezza (metri)	Larghezza massima (metri)	Tessitura del sedimento	Alimentazione e da corsi d'acqua o <i>pocket beach</i>	Coefficiente d'energia incidente
Cala D'Ostia – Foxi e Sali	Colluvi	lineare	1380	10.50	Sabbia fine	Foce fluviale	2
Foxi e Sali - Baia degli Asfodeli	Colluvi	lineare	690	13.60	Ciottoli	Pocket beach	2
Baia degli Asfodeli – C. Saba	Colluvi/lave andesitiche	arcuata	775	18.04	Ciottolosa/Sabbiosa		1
C.Saba – Punta d'Agumu	Alluvioni recenti	frastagliata	960	14.66	Ciottoli		2
Porto d'Agumu	Colluvi	arcuata	1040	24.05	sabbia		2
Penisola Fradis Minoris	Tirreniano	lineare	1050	10.20	Difesa costiera		2

Tabella 1: Caratteristiche geografiche ed ambientali delle principali spiagge della costa tra Cala d'Ostia e Penisola Fradis Minoris.

Tratto di costa	Ig	Fl	Fa	Th	H	Te	It	Vs	Totale (Qa)
Cala D'Ostia – Foxi e Sali	1	1	1	Sa	2	2	3	1	11
Foxi e Sali - Baia degli Asfodeli	1	1	1	Sa	1	3	3	1	11
Baia degli Asfodeli – C. Saba	1	2	2	Crb	1	2	1	2	11
C.Saba – Punta d'Agumu	1	2	2	Cra	2	1	1	2	11
Porto d'Agumu	1	2	1	Sa	2	2	2	1	11
Penisola Fradis Minoris	2	1	2	Cra	2	1	2	2	12

Ig = Interesse geologico-geomorfologico ; **Fl** = Flora; **Fa** = Fauna; **Th** = Tipologia di habitat (Sa = Sabbia, Crb = Costa rocciosa bassa, **Cra** = Costa rocciosa alta, **F** = Foce, **Du** = Dune embrionali); **H** = Grado di diversità di habitat, con valutazione del livello di interesse scientifico, didattico-culturale e paesaggistico; **Te** = Tendenza evolutiva; **It** = Interesse turistico (Accessibilità e servizi nelle vicinanze); **Vs** = Valenza scenografica; **Qa** = Qualità ambientale che tiene conto delle caratteristiche e dello stato di conservazione della spiaggia e dell' unità fisiografica che la contiene. Le classi di punteggio assegnate ai singoli parametri vanno da 1 a 3.

Tabella 2: Qualità ambientale delle spiagge, analizzate desunte da rilevamenti in campo, da aerofotografia a colori, da ortofoto a colori e dalla cartografia tematica del CIS.

Tratto di costa	Accessibilità	Pf	Qualità ambientale	Rischio di degrado	Coefficiente di carico
Cala D'Ostia – Foxi e Sali	3	3	11	17	0.2
Foxi e Sali - Baia degli Asfodeli	2	3	11	16	0.2
Baia degli Asfodeli – C. Saba	2	3	11	16	0.2
C.Saba - Punta d'Agumu	1	1	11	13	0.2
Porto d'Agumu	3	2	11	16	0.2
Penisola Fradis Minoris	2	1	12	15	0.2

Accessibilità : 1 = difficile; 2 = di media difficoltà; 3 = facile;
Pressione di fruizione (Pf) : 1 = poco frequentata, 2 = mediamente frequentata, 3 = molto frequentata;
Livello del rischio di degrado = Accessibilità + Pressione di fruizione + Qualità ambientale;
Coefficiente di carico valutato in funzione del rischio di degrado : fino a 19 = 0.2 unità/mq pari a 5 mq di spiaggia a persona, da 20 a 23 = 0.15 unità/mq pari a 7.5 mq di spiaggia a persona, maggiore di 23 = 0.1 unità/mq pari a 10 mq di spiaggia a persona.

Tabella 3 : Rischio di degrado e coefficiente di carico delle spiagge, così come risulta dall'elaborazione dei dati contenuti in Tab. 1 e Tab. 2.

Tratto di costa	Lunghezza (Metri)	Coefficiente di carico*(bagnanti/metro lineare di spiaggia)	Numero di bagnanti ammissibili*	Superficie (mq)	Coefficiente di carico (bagnanti/mq di spiaggia) °	Capacità di carico(bagnanti)
Cala D'Ostia – Foxi e Sali	1380	1	1380	8050	0.2	1610
Foxi e Sali - Baia degli Asfodeli	690	1	690	5213	0.2	1042
Baia degli Asfodeli – C. Saba	775	1	775	7750	0.2	1550
C.Saba - Punta d'Agumu	960	1	960	7818	0.2	1563
Porto d'Agumu	1040	1	1040	13895	0.2	2779
Penisola Fradis Minoris	1050	1	1050	5950	0.2	1190
Totale			5895			9734

* = Coefficiente di carico e numero di bagnanti ammissibili per metro lineare secondo la circolare dell' Assessorato all'urbanistica in data 20 Marzo 1978, n. 5 (Am-Ma);
° = Coefficiente di carico secondo Arisci, De Waele e Di Gregorio (2000)
Capacità di carico = Superficie della spiaggia x Coefficiente di carico.

Tabella 4: Caratteristiche delle spiagge e carico totale sostenibile di bagnanti così come risultano dall'applicazione del metodo utilizzato.

Conclusioni

Il sistema Informativo della Costa, così come strutturato, costituisce uno strumento essenziale per la gestione integrata e sostenibile della fascia costiera. Dall'esame dei dati riportati nelle tabelle risulta che il tratto costiero, in base al metodo di valutazione adottato, ha una capacità di carico di 9734 unità, superiore al numero di bagnanti ammissibili risultanti utilizzando il criterio adottato dalla Regione, il quale però è finalizzato esclusivamente alla valutazione della capacità insediative dal punto di vista degli interventi turistico-residenziali.

Riferimenti bibliografici

- Arisci A., De Waele J., Di Gregorio F. (2000), *Natural and scientific valence of the Gulf of Orosei coast (central-east Sardinia) and its carrying capacity with particular regard to the pocket-beaches*. Littoral 2000, V International Conference, 13-17 settembre 2000, Cavtat-Dubrovnik, Croazia, Period. Biol., 102, suppl.1, 595-603.
- Arisci A., De Waele J., Di Gregorio F., Ferrucci I., Follesa R., (2001) Proposta per la gestione sostenibile della fascia costiera tra Portixeddu e San Nicolò, *Modelli territoriali sostenibili per gli spazi litoranei del Mediterraneo*, RAS Iniziativa Comunitaria Interreg II C .
- Arisci A., De Waele J., Di Gregorio F., Ferrucci I., Follesa R., Piras G. (2002), *Proposta di un modello di sviluppo sostenibile per le spiagge e le aree costiere dell'Isola di Sant'Antioco (Sardegna SO, Italia)*. Studi Costieri 5 : 59-75.
- Atzeni A., De Muro S., Di Gregorio F., Piras G. (2002), *Carta del rischio geoambientale nelle coste della Sardegna*.
- Barca S., Di Gregorio F. (1999), *Paesaggi e Monumenti geologici della provincia di Cagliari*. Ed. Saredit Cagliari, 271-286.
- Corona A., De Waele J., Di Gregorio F., Ferrucci I., Pala A., *Trasformazione del paesaggio nella piana costiera di Pula (sardegna sw) nell'ultimo secolo*, Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA, 2003.
- Corona A., De Waele J., Di Gregorio F., Ferrucci I., Pala A., *Costruzione di un CIS (Coastal Information System) per la pianificazione territoriale e la VAS*, Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA, 2003.
- Di Gregorio F., Federici P.R., Fierro G., Ginesu S. (1999), *Atlante delle spiagge della Sardegna*, S.EL.CA. Firenze.
- Di Gregorio F., *Criteri e metodi per la conoscenza e la conservazione attiva dell'ambiente*. Estr. da Cultura e Paesaggio a cura di F.Clemente. p.89-101
- Fais S., Ferrara C. (1981), *The sediments of the coastal plain of Rio Pula (Southern Sardinia)*. Atti Ist. Min. Geol., 1, p.151-183.