



SIGIEC - Sistema Integrato di Gestione dell'Erosione Costiera

Dott. Rocco Dominici, UNICAL Dip. Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra;
Dott. Salvatore La Rosa. UNICAL Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra;
Dott. Alessandro Greco, Sistemi Territoriali SRL a.greco@sister.it
Dott. Federica Sbrana, Sistemi Territoriali SRL f.sbrana@sister.it

ABSTRACT

Il progetto SIGIEC prevede l'implementazione di un Sistema di Supporto alle Decisioni basato sull'analisi territoriale e la Business Intelligence, in grado di affiancare i decision-makers sulla scelta delle migliori soluzioni ed interventi per il contrasto di fenomeni di erosione costiera.

Il sistema è in grado di valutare economicamente, con analisi previsionali basate su modellazione numerica e di tipo costi benefici, l'impatto di un fenomeno erosivo, di mostrarne lo scenario evolutivo nel medio e lungo termine e indicare dei possibili scenari di contrasto.

L'approccio metodologico utilizzato è multidisciplinare, in quanto i fenomeni che determinano l'erosione di una spiaggia sono molteplici:

variabili quantitative dovute a fenomeni meteo marini;

variabili quali-quantitative come posizione e orientamento geografico della costa

variabili quali-quantitative quali gli interventi antropici.

Tutte queste componenti sono normalizzate e modellizzate in un unico sistema di geo business intelligence che restituisce semplici e chiare indicazioni al "gestore" su cosa succederà alla "sua" spiaggia,

Grazie all'analisi spaziale ed ad una modellazione di tipo matrix il sistema riesce inoltre ad indicare quale è l'impatto economico degli asset del territorio (strutture turistiche, abitazioni, attrazioni turistiche) che incidono sulla costa d'interesse, e come queste possono trarre beneficio o meno da fenomeni di accumulo ed erosione.

1. Introduzione

Le spiagge italiane costituiscono un patrimonio culturale ed economico per l'Italia ed in particolare per il Mezzogiorno.

In questi ultimi anni si è registrato un ritmo di crescita così elevato del fenomeno dell'erosione costiera che risulta già ora possibile prevedere un futuro molto critico per le attività turistiche e per la qualità della vita dei residenti dei luoghi interessati da questi fenomeni.

La tendenza dei fenomeni suddetti può tuttavia essere invertita attraverso la definizione di un'efficace metodologia di previsione dell'erosione di spiaggia (attività di prevenzione) e di una metodologia per la soluzione ai problemi di erosione già persistenti (azioni e interventi di contrasto), da sviluppare in funzione di pressioni stressanti ambientali, naturali o antropiche che siano.

L'obiettivo principale del progetto SIGIEC è lo sviluppo di un sistema informativo integrato per il supporto alle decisioni, basato su modelli previsionali specializzati sulla rappresentazione dei fenomeni naturali e antropici di erosione costiera, per lo studio, l'analisi e la programmazione di interventi di salvaguardia e miglioramento dell'ecosistema inerente la fascia costiera.

L'obiettivo complessivo concerne la realizzazione di un SSD basato sulla combinazione di moderne e avanzate tecnologie informatiche inerenti l'Analisi Territoriale e la Business Intelligence, e lo sviluppo di due moduli distinti e integrabili

MODULO SSD-1: componente dedicato al livello di prevenzione e supporto, per gli interventi infrastrutturali (pianificati dalle P.A. e/o dai privati), orientato all'offerta di servizi per il supporto all'individuazione di valide indicazioni sulla tipologia di interventi antropici a basso impatto ambientale mirati ad attenuare e/o fenomeni di erosione, in scenari nei quali persistono condizioni di equilibrio ambientale;

MODULO SSD-2: componente dedicato al livello di studio e supporto alle (P.A.), orientato all'offerta di servizi per l'analisi dei fenomeni e la valutazione di interventi per la mitigazione e/o il contrasto dell'erosione delle spiagge, in funzione delle principali condizioni di stress naturali o antropici, in scenari già sottoposti a condizioni di disequilibrio ambientale;

Il sistema integrato di gestione dell'erosione costiera SIGIEC è quindi in grado di valutare economicamente, con analisi previsionali basate su modellazione numerica e di tipo costi benefici, l'impatto di un fenomeno erosivo in essere, di mostrarne lo scenario evolutivo nel medio e lungo termine e di dare un quadro analitico dei possibili scenari di contrasto.

L'approccio metodologico utilizzato è multidisciplinare, in quanto i fenomeni che determinano l'erosione di una spiaggia sono molteplici:

variabili quantitative dovute a fenomeni meteo marini (moto ondoso, correnti, vento, piogge);

variabili quali-quantitative come posizione e orientamento geografico della costa, conformazione della spiaggia, presenza di apporti fluviali, presenza di un sistema dunale ecc. ;





variabili quali-quantitative quali gli interventi antropici che destabilizzano l'equilibrio dei sedimenti di una spiaggia provocando spostamenti reversibili o irreversibili degli stessi.

Tutte queste componenti sono normalizzate e modellizzate in un unico sistema di geo business intelligence che restituisce semplici e chiare indicazioni al "gestore" su cosa succederà alla "sua" spiaggia, a seguito di un intervento antropico o naturale, che modifica l'equilibrio dei vari elementi che caratterizzano l'area, sia in termini morfologici sia come impatto socio-economico. (modello SSD1).

Il sistema ha sviluppato anche un secondo modello (SSD2) che ha previsto la progettazione di opere di contrasto all'erosione in funzione delle reali caratteristiche e dei processi fisici peculiari di ciascuna spiaggia e dell'intera unità fisiografica: barriere sommerse reticolari e Geotubi. Ha previsto inoltre la validazione dei singoli effetti sia sulle forze di erosione sia sul bilancio in/out dei sedimenti della spiaggia. Sono state eseguite inoltre le stime dei costi realizzativi e di manutenzione di tali interventi rispetto ai benefici attesi in termini socio-economici ed ambientali, riuscendo così ad indirizzare il decisore verso la scelta della più efficace o efficiente fra le soluzioni considerate al fine di mitigare l'erosione nel tempo.

Il progetto SIGIEC è finanziato dal M.I.U.R. nell'ambito del programma PON Ricerca e Competitività 2007-2013 con il cofinanziamento del FESR per le Regioni Convergenza, incluse Calabria e Puglia. Il progetto è realizzato dalla Università della Calabria (capofila), in partnership con il Consiglio Nazionale delle Ricerche – Dipartimento Terra e Ambiente, CRATI s.c.r.l., Massa Spin Off s.r.l. e Sistemi Territoriali s.r.l.

2. I siti di studio del progetto ed i dati raccolti

Il sistema realizzato è stato validato su due spiagge calabresi: Bagnara Calabria e Monasterace ed una pugliese: Alimini (fig. 1).

Il sito di Bagnara ricade nella Macro Area - Basso Tirreno Reggino "Costa Viola" ed è caratterizzato dalla presenza della testata di un canale che cattura il drift costiero e i sedimenti trasportati dalla Fiumara Sfalassà (Auddino et al., 2014); l'area costiera rappresenta una piana di conoide alluvionale caratterizzata da una fascia costiera che presenta diverse tipologie di opere di difesa ed è sottoposta ad un forte grado di pressione antropica con una presenza turistica elevata nel periodo estivo.

Il sito prescelto per la Macro Area - Alto Ionio Reggino, compreso nella cella sedimentaria Porto Badolato (Comune Badolato) – T.te Precaniti (Comune Stignano) si sviluppa all'interno dell'area archeologica di Monasterace.

Il sito presenta molte caratteristiche comuni alle spiagge ioniche della Calabria: spiagge in erosione, costituite da sedimenti sabbiosi-ghiaiose, presenza di un sistema dunale spesso trasformato in aree agricole e con un sistema di alimentazione rappresentato da fiumare in grado di trasportare ingenti volumi di sedimenti in poche ore (Vacca et al., 2014).

Il sito prescelto ricade, inoltre, all'interno di una delle più importanti aree archeologiche del Mediterraneo. I beni culturali ed in particolare i siti archeologici lungo la costa calabra rappresentano un valore aggiunto di grande potenzialità di sviluppo socioeconomico che necessitano di interventi mirati e specifici (Stanley et al., 2007).

La scelta del sito di Monasterace, come sito di sperimentazione di sistemi antierosivi a basso impatto ambientale, garantisce di operare in una spiaggia rappresentativa in termini fisici della costa ionica calabrese e che possiede degli elementi urbani fortemente caratteristici della costa orientale calabrese.

Per la Macro Area – Basso Adriatico Puglia ed in particolare nella Cella Sedimentaria Casalabate – Otranto è stato prescelto il sito di Alimini. Si tratta prevalentemente di una costa bassa in roccia tenera o sabbiosa con tratti in falesia; i tratti sabbiosi sono spesso accompagnati da presenza di paludi e laghi retrodunali (Mastronuzzi et al., 2014).

La scelta è dovuta alla sua particolare rappresentatività sedimentologica nell'ambito delle spiagge dell'Adriatico meridionale sia per una rilevanza bassa, e addirittura sostanzialmente assente in vari tratti, di strutture e attività antropiche anche a basso indice di impatto.



Fig. 1 localizzazione dei siti di studio





3. Le componenti del sistema

Il sistema SIGIEC è composto da quattro componenti principali illustrate nella figura seguente.

I modelli per la valutazione «AS-IS» e «TO-BE» sono alimentati con i dati necessari e producono le relative previsioni:

- Modello evoluzione linea di costa a lungo termine
- Modello evoluzione linea di costa a breve termine
- Modello per la valutazione economica.

Di seguito il dettaglio di ciascun modulo.

3.1 Modulo dati

Il modulo dati consente di ricercare, scaricare e visualizzare tutti i dati raccolti nel contesto del progetto.

Fra i dati raccolti possiamo elencare:

- Dati provenienti da Lidar (Ministero Ambiente e Tutela del Territorio);
- Piani spiaggia e Piani Strutturali (Comuni);
- Foto aeree, ortofoto, CTR, DTM (Regione Calabria);
- Dati RON (ISPRA - Servizio Mareografico);
- Master Plan coste (ABR-Regione Calabria);
- Dati meteorologici (ARPCAL);
- Dati RON (ISPRA);
- Dati socio-economici;
- Ricostruzione storiche di eventi meteo-marini;
- Fotointerpretazione, Cartografia geotematica;
- Dati petro-sedimentologici;
- Variazioni superficie spiaggia e di linea di riva;
- Rilievi batimetrici e sismostratigrafici;
- Rilievi meteorologici;
- Rilievi delle Biocenosi;

Oltre alle fonti dati storiche sono state eseguite campagne di campionamento per tutta la durata del progetto di tutte le forze stressanti che possono determinare lo spostamento dei sedimenti sabbiosi che compongono ogni specifica spiaggia (moto ondoso, livello del mare, venti ecc.).

Il modulo dati è realizzato con tecnologia ST StatPortal Open Data e ArcGIS.

ST StatPortal Open Data è la piattaforma open source per catalogare, distribuire e rendere fruibile sul web dati di varia natura in un ambiente federato, specificatamente progettato per ricercare dati aperti (Open Data), visualizzarli in diverse modalità e compiere su questi varie tipologie di analisi.

Il sistema è in grado di gestire e rendere fruibili sul web dati di varia natura: statistici, geografici, anagrafici, link, documenti, ecc..

ST StatPortal Open Data permette di caricare, documentare e ricercare, attraverso un avanzato motore di ricerca, i dati archiviati in base alle loro caratteristiche e contenuto; consente l'esportazione dei dati sia nel formato originale sia in altri formati aperti (CSV, OData, XML, ecc.) compreso il formato RDF standard per i Linked Open Data.

Attraverso il modulo specifico di "Data Visualization" consente la fruizione vera e propria del dato con visualizzazione delle informazioni descrittive e per mezzo di tabelle, mappe e grafici.

Il modulo di visualizzazione è dotato di un sistema web GIS interattivo che consente di visualizzare in una cartografia navigabile 2D e 3D i dati. E' possibile personalizzare la visualizzazione impostando gli attributi di bordo e colori. Inoltre se il dato rappresentato contiene informazione statistica è possibile richiedere classificazioni dinamiche e tematiche del fenomeno (es. numero di residenti per comune), impostando anche il numero di classi e la scala di colori.

Il modulo dati del SIGIEC è quindi non solo il punto di raccolta di tutte le informazioni necessarie al progetto ma anche il punto di partenza per la costruzione degli output del progetto:

- Modelli concettuali dei processi di erosione-trasporto-sedimentazione a scala del bacino idrografico e delle unità fisiografiche costiere;
- Modellazione morfoevolutiva della linea di riva e della spiaggia
- Stima di produzione dei sedimenti a scala di bacini idrografici, calibrazione e sviluppo di un sistema di visualizzazione della stima di produzione dei sedimenti per cella.
- Modello previsionale rapporto costi-benefici

3.2 Geo business intelligence

Il modulo Geo Business Intelligence consente di analizzare, incrociare i dati per derivare gli indicatori di input ai modelli ed è realizzato con tecnologia ST StatPortal.

StatPortal è un portale Web per la diffusione, la condivisione e l'analisi di informazione statistica e geostatistica. In StatPortal è possibile accedere e visualizzare interattivamente l'informazione in diversi modi (reportistica tabellare, grafica e cartografica), e derivare nuove informazioni tramite un meccanismo di sintesi di indicatori.





StatPortal è fortemente orientato alla rappresentazione di dati con una valenza territoriale e possiede un Catalogo Dati basato sullo standard ISO 19115 per la documentazione di tutti i dati accessibili nel sistema, facilitando in questo modo la ricerca dei dati e la comprensione dei risultati.

Dotare il progetto di un sistema di Business Intelligence ha permesso l'analisi dei dati raccolti in termini statistici, inoltre attraverso l'incrocio delle banche dati e la creazione di nuovi indicatori StatPortal è stato potenziato il potere conoscitivo dei dati raccolti.

La possibilità di analizzare i dati in modalità cartografica totalmente integrata e di creare carte tematiche dinamiche è stato un punto di forza dello strumento per il progetto SIGIEC visto la preponderanza della dimensione territoriale in tutte le analisi.

3.3 Sistema previsionale breve termine

Il sistema a previsione a breve termine è un modulo web in grado di restituire indicazioni sul potenziale rischio di erosione a partire dalle previsioni meteo.

Il modello previsionale si basa sulla correlazione tra energia del vento di particolari pattern dei fenomeni meteomari ed area di spiaggia eseguita sui dati di velocità, direzione del vento e livello del mare raccolti con granularità oraria per un arco temporale di dieci anni.

Una volta accertata la presenza di correlazione, sono stati stimati dei modelli di regressione al fine di prevedere l'impatto di particolari pattern livello del mare, tipologia di vento e velocità sulle aree di spiaggia. Una classificazione dei risultati di stima sulla base delle variazioni di area previste permette di attribuire una classe di rischio (da possibile accumulo forte a rischio erosione molto alto) alle previsioni meteo. Il sistema a previsione a breve termine riporta soltanto risultati statisticamente significativi.

3.4 Cruscotto direzionale

Il Cruscotto Direzionale è lo strumento che integra e sintetizza i dati dei modelli e fornisce indicazioni per i decisori, per la sua realizzazione è stato utilizzato il software SAS Visual Analytics, una soluzione innovativa che, utilizzando una tecnologia in memory, permette l'analisi di dati di grosse dimensioni via web mediante un'interfaccia semplice ed intuitiva.

Il Cruscotto direzionale è quindi il punto ultimo delle analisi fornite dai moduli precedenti e fornisce una visione complessiva del fenomeno erosivo in termini fisici ed economici, fornendo degli scenari previsionali a lungo termine dell'evoluzione dell'area spiaggia "con" e "senza" interventi, valutando per ciascun scenario gli aspetti antropici ed economici in un'ottica di costi/benefici.

L'approccio seguito è stato il seguente: per ciascuna spiaggia è stata individuata l'area balneabile interessata allo studio, questa è stata ulteriormente suddivisa in zone differenti in base all'orientamento della linea di costa e alla morfologia. L'analisi socio-economica è stata implementata con il supporto dell'analisi spaziale e di una modellazione del territorio utilizzando un approccio Matrix/Raster (estensione di quello del progetto Eurosion).

Le tre località sono state approfonditamente studiate per valutare tutti i fattori che contribuiscono al valore economico del territorio: stabilimenti balneari in concessione, spiagge libere, strutture ricettive, servizi di ristorazione, parcheggi stagionali oltre alla spesa media del turista sul territorio comunale per l'acquisto di prodotti, attività ricreative e culturali ecc..

I dati analizzati sono stati georeferenziati per consentire l'attribuzione del valore economico di ciascun elemento ed il peso che ogni elemento ha sull'area di spiaggia.

Per far ciò il territorio è stato convertito in una matrice con cella di 2 metri x 2 metri usando nel contempo dati quali l'uso del suolo e la rete stradale e sentieristica. Il risultato ottenuto è una probabilità che i bagnanti di una determinata cella, usufruiscano dei servizi della struttura stessa in base alla sua raggiungibilità (fig. 2).

La raggiungibilità è stata, nello specifico, valutata in base alla distanza di ogni struttura dalla spiaggia in questo modo:

-vengono attribuite delle «impedenze» ad ogni singola zona in base alla tipologia del terreno.

-viene calcolata poi la distanza pesata di ogni struttura dalla spiaggia in base all'impedenza sopra descritta.

Per le elaborazioni è stato utilizzato il software ArcGis Desktop Standard con Spatial Analyst, mentre per le mappe ed i servizi su WEB è stata utilizzata la piattaforma ArcGis Server.





Fig. 2 - Esempio di visualizzazione del “cruscotto direzionale” che sulla base di dati e modelli (in alto a sinistra, carta dell’uso del suolo, sentieristica e rete stradale) fornisce indicazioni sulla “raggiungibilità” per ogni singola struttura. La zonazione in scala di verdi fornisce un valore di maggiore (verde scuro) o minore (verde chiaro) “raggiungibilità” della spiaggia rispetto alla struttura 14. Infine integrando scenari evolutivi dell’evoluzione della linea di riva ed il fatturato giornaliero per ogni singola struttura viene fornito il valore economico della costa (zonazione in scala di rossi).

Il fatturato giornaliero a pieno regime della struttura è stato poi suddiviso su ogni cella dell’area spiaggia in base in al suo ‘peso’ e alla densità di bagnanti della cella stessa. Secondo questo modello a ciascuna cella dell’area spiaggia è stato attribuito un valore economico intrinseco dato da tutti gli elementi che incidono sulla cella stessa (fig. 2). Parallelamente sono stati eseguiti degli studi per prevedere l’evoluzione futura della linea di costa a seguito della costruzione di un modello bidimensionale della dinamica costiera che ha come input lo storico dei dati metereologici (direzione e velocità del vento, temperature, pioggia) e marini (livello del mare, moto ondoso) e i dati morfologici della spiaggia.

Il modello matriciale socio-economico costruito è stato intersecato con i modelli previsionali di evoluzione della linea di riva in modo da determinare per ogni anno le celle che contribuiscono all’area spiaggia e di conseguenza il valore economico della stessa (fig. 2).

Tutti questi dati sono stati presi in input dal cruscotto direzionale realizzato con il software SAS Visual Analytics.



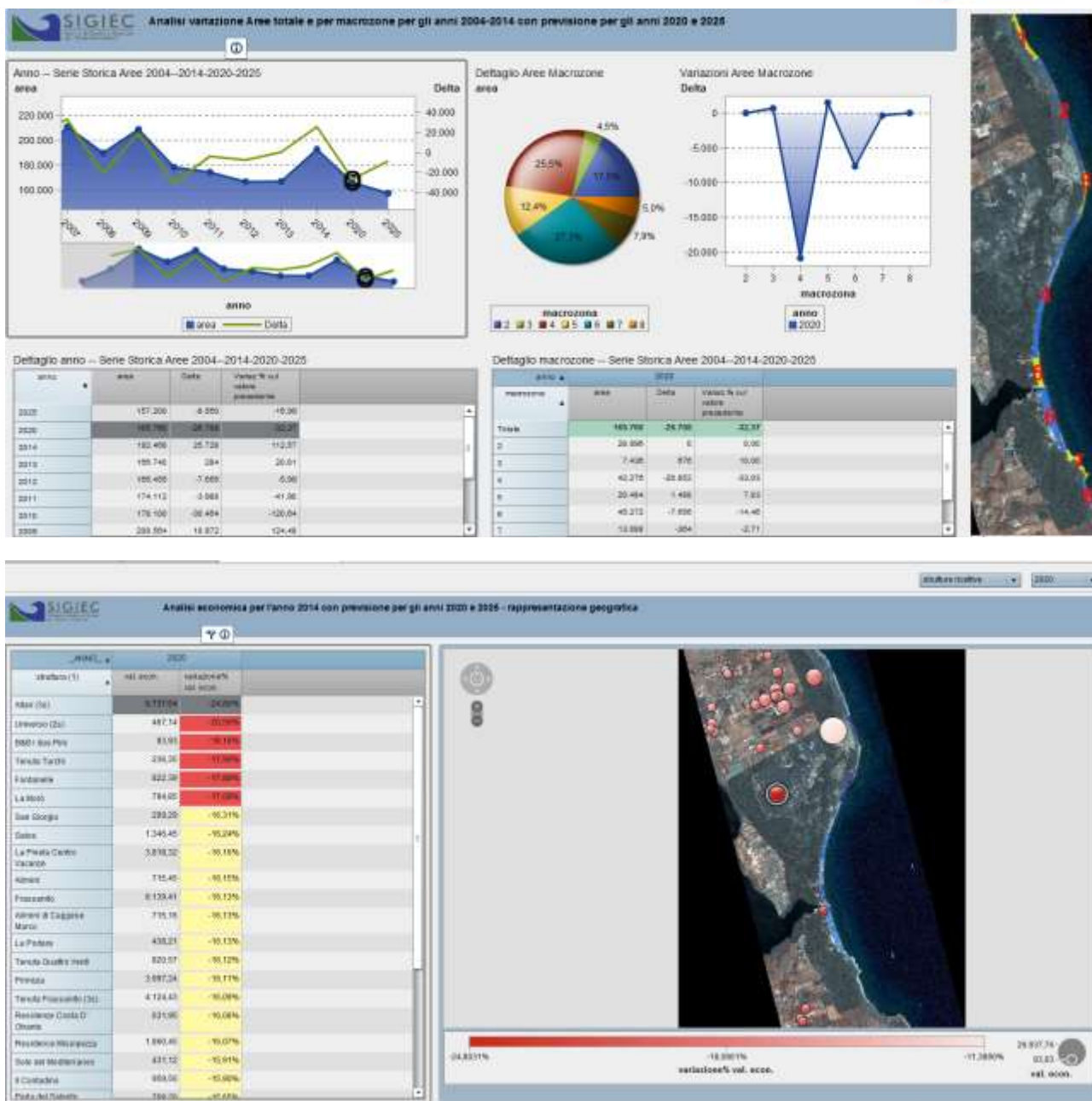


fig. 3 – Esempio del “cruscotto direzionale” che permette di analizzare e visualizzare in forma gabbellare e grafica la perdita o l’aumento del valore economico in relazione a specifici scenari evolutivi per aree e singole strutture.

Il sistema ha permesso la costruzione di indicatori sintetici che mostrassero le previsioni di variazione di valore economico negli anni futuri con la possibilità di analizzare il fenomeno in relazione alla variazione dell’area spiaggia nel suo complesso e nelle diverse zone individuate. Le analisi effettuate hanno utilizzato un metodologia top-down costruendo sia indicatori di sintesi che dessero una visione complessiva del fenomeno sia indicatori che presentassero informazioni per una specifica area o per un particolare settore economico fino ad arrivare ad una previsione di perdita o guadagno per le singole strutture. SAS Visual Analytics integra le mappe ESRI, questa funzionalità ha permesso di mostrare gli indicatori ottenuti non solo in forma tabellare e grafica ma anche su mappa (fig. 3).

Ringraziamenti





Ministero Ambiente e Tutela del Territorio; ISPRA - Servizio Mareografico; Autorità di Bacino della Regione Calabria; Dipartimento di Urbanistica e Governo del Territorio della Regione Calabria - Servizio di Interoperabilità e di Rete per Cartografia e S.I.T.O. Centro Cartografico Regionale; ARPACAL; Comuni di Bagnara Calabra e Monasterace.

Parole chiave: erosione costiera; supporto decisioni; geo business intelligence; anali spaziale

Riferimenti

- Auddino M., Dominici C. and Viscomi A. (2015). Evaluation of yield sediment in the Sfalassa' Fiumara (south-western, Calabria) by using Gravičovic method in GIS enviroment. *Rend. Online Soc. Geol. It.*, 33: 3-7
- Mastronuzzi G., Sansò (2014). Coastal towers and historical sea level change along the Salento coast (southern Apulia, Italy). *Quaternary International* 332: 61-72.
- Vacca C. and Dominici R. (2015). Preliminary considerations on the application of the Gavrilović method in GI environment for the calculation of sediment produced by the catchment area of the Stilaro Fiumara (Calabria southeast). *Rend. Online Soc. Geol. It.*, 33: 104-107.
- Stanley J.D., Bernasconi M.P., Toth T., Mariottini S. and Iannelli M.T. (2007). Coast of Ancient Kaulonia (Calabria, Italy): Its Submergence, Lateral Shifts, and Use as a Major Source of Construction Material. *Journal of Coastal Research* 23-1: 15–32

