

**ANALISI DELLE VARIAZIONI DI LINEE DI RIVA TRAMITE TECNICHE
AEREOFOTOGRAMMETRICHE SU DUE AREE TEST:
BAGNARA CALABRA (RC) E MONASTERACE MARINA (RC)**

***P. Ferrari¹, A. Loiacono¹, L. Spina¹, A. Tavella¹, P. A. Basta², D. Modaffari³,
F. Campolo² e R. Dominici⁴***

¹ Stagista del corso di alta formazione SIGIEC

² Libero professionista

³ Regione Calabria - Dipartimento Ambiente e Territorio - Centro Cartografico

⁴ Università degli Studi della Calabria - Dipartimento DiBEST

1 - Premesse.

Lo studio rientra in un più ampio progetto promosso e diretto dal Corso di Alta Formazione SIGIEC finanziato dal M.I.U.R. nell'ambito del programma PON Ricerca e Competitività 2007-2013, in collaborazione con il Dipartimento di Ambiente e Territorio – Centro Cartografico - Regione Calabria. Il Progetto SIGIEC è finalizzato allo studio di cause ed effetti dell'erosione delle spiagge in aree campione ubicate in Calabria e in Puglia, testando misure per il suo contenimento e sviluppando modelli valutativi che consentano di assumere decisioni fra ipotesi di non-intervento o fra modalità alternative di un possibile intervento.

Per effettuare in modo scientificamente coerente una corretta politica territoriale dell'area costiera, è necessario avere a disposizione dei dati quantitativi, tramite i quali è possibile porre le basi per una corretta gestione, pianificazione e salvaguardia della fascia costiera, intesa nel senso più ampio del termine.

Il confronto delle linee di riva e del limite interno della spiaggia ha permesso di valutare l'evoluzione multitemporale (2001-2008) della costa ed in particolare della spiaggia fornendo dati importanti per la taratura degli studi morfodinamici costieri (MIKE 21, Genesis) eseguiti nell'ambito del progetto PON-SIGIEC.

Il rilievo della linea di riva mediante tecniche di fotointerpretazione determina errori ed imprecisioni dovuti ad una componente soggettiva nella fotointerpretazione oppure all'utilizzo di algoritmi (basati sulle variazioni di cromaticità) che in settori specifici della costa non considerano peculiarità come la variazione di colore in relazione alla composizione petrografica della spiaggia oppure alla variazione delle zone di frangimento. Al fine di limitare le imprecisioni sopra citate, sono state usate tecniche di stereo-interpretazione accurate, tramite le quali si è fissata la Z sul valore zero delle ortofoto.

2 - Inquadramento territoriale

Le aree di studio Bagnara Calabria e Monasterace Marina (fig. 1) si affacciano rispettivamente sul Mar Tirreno e sul Mar Ionio, hanno caratteristiche morfodinamiche profondamente diverse. Bagnara Calabria ricade all'interno della macro unità fisiografica 13 che si estende da Favazzina alla Foce del Mesima, mentre Monasterace rientra nella macro unità fisiografica che va da Punta Stilo alla Foce della Fiumara Torbido (ABR, 2015 Master Plan).

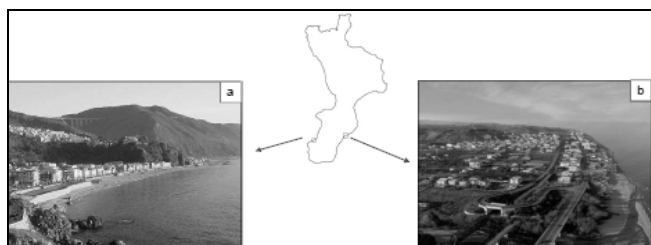


Fig. 1 - Aree campione a) Monasterace (RC), b) Bagnara Calabria (RC)

Monasterace è caratterizzata da spiagge sabbiose e molto ampie con la presenza di un sistema dunale che si connette ad una area collinare. Bagnara Calabria invece ha spiagge ghiaiose ridotte (<30m) delimitate da manufatti antropici (lungomare) che si collegano a versanti di elevata pendenza.

3 - Analisi e elaborazione dei dati

Gli strumenti e le metodologie più efficienti nell'analisi dei fenomeni erosivi lungo la fascia costiera oggi si avvalgono prevalentemente dell'uso di immagini aeree e satellitari.

Il presente studio è stato effettuato tramite tecniche fotogrammetriche e rilievi dei punti di appoggio mediante GPS in modalità RTK. Tale metodologia permette di avere precisioni dell'ordine centimetrico.

Punti GPS Bagnara Calabria-			Punti GPS Monasterace		
X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)
568360.1	4236181.1	30.2	635973.4	4252890.2	9.7
568708.2	4235077.5	573.8	633881.7	4254155.2	47.9
571557.8	7238771.0	304.7	636250.1	4257212.2	36.8
572720.8	4237763.5	551.9	637521.9	4256361.1	40.3
570865.5	4237417.2	304.5	637807.1	4257026.0	6.9
			635243.0	4255648.7	36.5

Tab. 1 - Punti di appoggio acquisiti tramite GPS

Da un punto di vista fotogrammetrico è interessante sottolineare che mentre Monasterace in direzione normale alla linea di costa arriva all'incirca alla quota di 300 m lungo la strisciata, Bagnara Calabria è rappresentata da rilievi che raggiungono anche i 600 m. L'ampio intervallo di quota altimetrica introduce delle difficoltà aggiuntive nel *processing* fotogrammetrico, il tutto è ulteriormente confermato dall'analisi effettuata sulla cartografia ufficiale (CTR) la quale presenta delle imprecisioni.

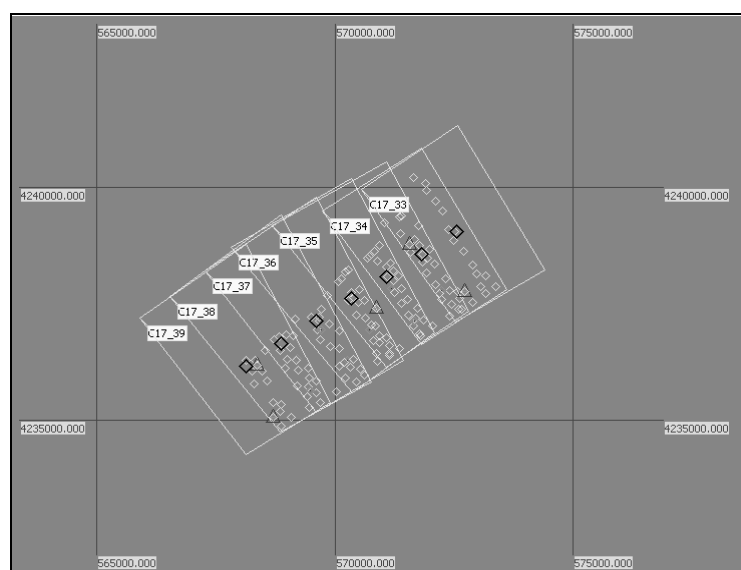


Fig. 2 - Fase di block adjustment effettuata tramite il software Racurs Photomod

La determinazione dell'evoluzione della linea di riva storica in queste due aree campione è stata ricostruita, con tecniche di stereorestituzione fotogrammetrica, attraverso l'uso di aeroriprese, realizzate nell'anno 2001 e 2008, eseguite da ditte specializzate e messe a disposizione dal Dipartimento di Ambiente e Territorio – Centro Cartografico - Regione Calabria.

Il valore al suolo del pixel delle riprese aeree è inferiore a 30 cm, per cui si è fissato a 45 cm il valore massimo di precisione, entro il quale restituire la posizione della linea di riva.

Il risultato finale è un'ortofoto (fig. 3, 4) ad elevato dettaglio con altissima risoluzione su cui è stata tracciata la linea di riva utilizzando una metodologia che permette di ovviare agli errori di fotointerpretazione (componente soggettiva) e di peculiarità cromatiche. In particolare la tecnica utilizzata prevede la digitalizzazione della linea di riva lungo lo zero fotogrammetrico. Di seguito vengono riportati degli stralci delle ortofoto finali relative al volo del 2008, ricostruite per le aree di interesse seguendo l'intero *processing* fotogrammetrico mediante il *software Racurs Photomod v 6.0*



Fig. 3 - Ortofoto e linea di riva stereoscopica nell'area di Bagnara Calabra (RC) volo relativo al 2008



Fig. 4 - Ortofoto e linea di riva stereoscopica nell'area di Monasterace Marina (RC) volo relativo al 2008

Infine attraverso la misura della variazione di linea di riva 2001 e 2008, è stato possibile effettuare una valutazione quantitativa in termini di arretramento e/o avanzamento (fig. 5)

Gli errori derivanti dalla classica fotointerpretazione, dimostrano che la restituzione della linea di costa eccede in alcuni casi rispetto al limite fissato in modo significativo, anche dell'ordine di qualche metro di differenza. Ciò sta a significare, che nello studio storico, attraverso stereorestituzione fotogrammetrica, bisogna fare attenzione alle tecniche e metodologie adottate, al fine di avere una corretta informazione congrua con la realtà. A volte, le tolleranze imposte eccedono soprattutto a causa della capacità ed abilità dell'operatore, al tipo di immagine utilizzata (colore, infrarosso, scala di grigio), e agli algoritmi di calcolo dei *software* impiegati.

Confrontando i dati lidar con i DTM densi di origine fotogrammetrica si è potuto appurare che gli scarti risultano avere una diminuzione dell'errore che in alcuni punti tocca picchi del 40% rispetto agli scarti che si hanno quando si confrontano i dati Lidar con i DTM realizzati con tecniche fotogrammetriche tradizionali. Questi risultati suggeriscono quindi, l'utilizzo di DTM densi nella fase

costiere, non solo quando non si ha a disposizione dati lidar ma anche quando tramite aereoriprese di epoche diverse si calcolano i volumi di sabbia mobilitata.



Fig. 5 – Confronto tra la linea di riva relativa all'anno 2001 (in rosso) e quella del 2008 (in verde) estrapolate mediante la digitalizzazione lungo lo zero fotogrammetrico

Conclusioni

L'analisi globale dei dati fotogrammetrici di Monasterace, che comprendono un settore costiero di circa 5 km ha permesso di valutare nell'intervallo 2001-2008 un'erosione della spiaggia emersa pari a circa 50.000 m² (fig. 5). In dettaglio il tasso d'erosione media è di circa 1,4 m/anno con valori massimi di 5,7 m/anno e con aree locali interessate da un accrescimento con tassi di 1,7m/anno. L'area costiera di Bagnara Calabria nell'intervallo 2001-2008 non registra variazioni significative.

La metodologia utilizzata per la restituzione della linea di riva mediante digitalizzazione sullo zero fotogrammetrico consente di raggiungere dei risultati di notevole precisione escludendo a priori gli errori derivanti da tecniche di fotointerpretazione. Questa metodologia può rappresentare una tecnica chiave per le analisi delle variazioni di linea di riva che rappresentano il dato su cui vengono calibrati i modelli morfodinamici tipo Mike 21 e Genesis.

Bibliografia

Cipriani, L.E. (2014), *Monitoraggio dell'erosione costiera - Una rete di osservatori regionali*, Prodotto del Progetto ResMar.

EUROSION (2004), *Living with coastal erosion in Europe. Sediment and Space for Sustainability*, European Commission, Netherland.

Linder, W., 2006 *Digital Photogrammetry – A Practical Course*. Springer.

Palumbo V. (2006), "Il progetto di monitoraggio dell'erosione costiera in Sicilia: il contributo di ARPA Sicilia all'applicazione in ambito regionale della strategia europea di difesa dell'erosione costiera". *Geologi di Sicilia – Boll. dell'ordine Regionale dei Geologi di Sicilia*, 2: 5-12.

Racurs (2012), *Digital Photogrammetric System PHOTOMOD*, User Manual