

L'EVOLUZIONE RECENTE DELLA COSTA MOLISANA (ITALIA MERIDIONALE)

Pietro Patrizio Ciro Aucelli¹, Paola Isabella Failace¹, Paolo Pellegrino²,
Carmen Maria Roskopf¹ & Nicola Scapillati²

¹Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio,
Università degli Studi del Molise, Isernia

²Assessorato ai Lavori Pubblici - Regione Molise, Campobasso

RIASSUNTO: Aucelli P. et al., *L'evoluzione recente della costa molisana (Italia meridionale)*. (IT ISSN 0394 – 3356, 2004).

Nell'ambito del presente lavoro è stato effettuato uno studio dell'evoluzione geomorfologica recente del litorale molisano e, in particolare, delle variazioni più recenti della linea di costa, ricostruite con l'ausilio di un GIS ed analizzate per tratti costieri e periodi distinti (1869-1907, 1907-1954, 1954-1992, 1992-1998). In particolare, si è proceduto ad una determinazione delle variazioni sia lineari della linea di riva che areali, cioè relative alle superfici di spiaggia.

In base alle ricostruzioni effettuate, l'evoluzione più recente del litorale si articola in due fasi principali. Una prima fase di dominante progradazione che termina all'inizio del 1900, e che trova la sua principale espressione nella costruzione degli apparati deltizi dei corsi d'acqua principali (fiumi Trigno e Biferno), e una seconda fase in cui si assiste ad una progressiva erosione dei delta. Tale erosione, inizialmente bilanciata dalla progradazione dei tratti di costa immediatamente adiacenti alle foci, è seguita da una tendenza prevalente all'arretramento della linea di costa che persiste ancora oggi.

Circa le cause di tali modificazioni, l'esame dei fattori meteo-climatici, degli interventi sui sistemi fluviali e delle variazioni dell'uso del suolo suggeriscono la sovrapposizione tra fattori di controllo climatico e fattori antropici. Quest'ultimi, in particolare, sembrano rafforzare i primi fino a sostituirsi ad essi in termini di importanza. Per quanto riguarda le attuali dinamiche e tendenze evolutive del sistema costiero, emerge l'importanza di approfondire le relazioni esistenti tra fattori meteo-marini e dinamica costiera, e tra quest'ultima e la messa in opera di strutture protettive, al fine di definire al meglio ogni futuro intervento e migliorare le condizioni di salvaguardia.

ABSTRACT: Aucelli et al., *The recent evolution of Molise coast (Southern Italy)*. (IT ISSN 0394 – 3356, 2004).

This study deals with the recent geomorphological evolution of the sector of the Adriatic coast referring to the Molise region. The analysis was based on the examination of topographic sheets and aerial photographs referring to the period 1869-1998 and on field surveys to verify and integrate geomorphological data, and to analyse present trends and coastal dynamics. Taking into account morphological and related hydrological features, the coast was subdivided into three sectors (from north to south sectors A, B and C). The collected data were analysed and compared by using a GIS (software Arc View) to obtain quantitative results about the changes of the shoreline and the beach surface which affected the three distinguished sectors during different periods (1869-1907, 1907-1954, 1954-1992 and 1992-1998). For the first period, with reference to data obtained for the sector including the Biferno river mouth (sector C), a substantial stability of the delta and positive beach variations can be evidenced. Within the second period, an inversion of tendency occurred and the erosion of the main fluvial deltas (the Trigno delta in sector A and the Biferno delta in sector C) started. The river mouths erosion was accompanied by the progradation of the adjacent coast sectors giving rise to a general positive beach surface variation. During the following periods (1954-1992 and 1992-1998), the shoreline retreat largely persisted affecting sectors A and C, while sector B was characterised by a slight progradation. On the basis of discussed data, two main evolutive phases can be reconstructed. The first one is characterised by prevailing progradation which lasted at least to 1907 and is evidenced in the study area by the construction of the Trigno and Biferno delta's. The second phase is controlled by progressive beach erosion, at present still active. The phase of prevailing progradation can be related most probably to the last cold fluctuations of the Little Ice Age, although man induced changes of land-use may have played an important role by favouring soil erosion and sediment production. Conversely, the following phase of erosion can be mostly related to the progressive amelioration of climatic conditions after the Little Ice Age and to the relative hydrological changes, combined with land-use changes essentially related to land-abandonment and, in the last decades, to the interventions on the fluvial systems as gravel mining, channel management and daming.

Parole chiave: Evoluzione geomorfologica recente, variazioni della linea di costa, analisi GIS, Molise, Italia meridionale.

Keywords: Recent geomorphological evolution, shoreline changes, GIS analyses, Molise, South Italy.

1. PREMESSA

Gli ambienti costieri sono soggetti ad un delicato equilibrio che dipende in crescente modo dall'azione esercitata dall'uomo. Ad un progressivo degrado delle aree costiere, oltre alla loro crescente antropizzazione, sembrano maggiormente contribuire interventi sempre più numerosi sia diretti che indiretti sui sistemi fluviali, tali da rendere di difficile valutazione le possibili influenze climatiche e meteo-marine.

Secondo stime recenti (Aminti & Pranzini, 1993), circa il 63% delle spiagge italiane, tra naturali e protette, può considerarsi in equilibrio, il 32% risulta in erosione e

solo il 5% è caratterizzato da una tendenza all'avanzamento.

Ai fenomeni di erosione costiera, che assumono una sempre maggiore importanza anche nell'area molisana, l'uomo tenta di porre rimedio attraverso la costruzione di opere di difesa costiera. Così, circa il 40% della costa molisana risulta attualmente dotata di strutture di protezione trasversali e/o longitudinali. Tali strutture di protezione, tuttavia, non sempre si sono dimostrate sufficientemente efficienti al fine di limitare l'erosione in atto. Da ciò emerge chiaramente, che la scelta delle tipologie di strutture protettive e delle relative modalità di messa in opera non possono prescindere da una visio-

ne articolata della dinamica costiera e dei fattori che influiscono sul bilancio sedimentario, nonché della tendenza evolutiva del settore costiero in esame. Acquisire informazioni in tal senso rappresenta, dunque, il presupposto per la salvaguardia delle aree costiere.

In tale ottica è stato avviato uno studio sulla evoluzione recente, la tendenza evolutiva e la dinamica attuale del litorale molisano di cui la presente nota riassume i primi risultati.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E APPROCCIO METODOLOGICO

Il litorale molisano si estende per una lunghezza di circa 35 km tra lo sbocco sul mare del Formale del Molino (posto circa 1,5 km a nord della foce del Fiume Trigno) e la foce del Torrente Saccione (Fig. 1). Orientato in direzione ca. NW-SE, è costituito in prevalenza da costa bassa, comprendente piccole pianure alluvionali costiere e cordoni dunari con antistanti spiagge, e da brevi tratti di costa alta, localizzati in corrispondenza del promontorio di Termoli e lungo il versante di Petacciato ed intagliati su terreni d'età plio-pleistocenica.

I bacini idrografici dei corsi d'acqua che sfociano lungo il litorale molisano (fiumi Trigno, Biferno e Saccione, e corsi d'acqua minori a loro interposti) sono impostati in prevalenza su terreni arenaceo-marnosi e pelitico-argillosi, con affioramenti limitati di terreni calcarei, più estesi soltanto nel bacino del Fiume Trigno. Complessivamente, tali terreni godono di un'elevata

erodibilità, come conferma anche la diffusa presenza di fenomeni franosi e di erosione idrica accelerata. Ciò si traduce in apporti alle foci prevalentemente pelitico-sabbiosi. Le spiagge presenti lungo il litorale molisano, di conseguenza, sono a granulometria prevalentemente fine. Procedendo da NW verso SE, si rinvencono (Fig. 1) le spiagge di *Costa Verde*, di *Marinelle*, di *Marina di Petacciato*, di *Foce dell'Angelo*, di *Sant'Antonio*, di *Rio Vivo*, di *Campomarino*, di *Marinelle Nuove*, di *Nuova Cliternia* e di *Ramitelli*. Si tratta di spiagge generalmente sabbiose, larghe alcune decine di metri, con delle dune sabbiose alle spalle. Nel tratto intorno alla foce del Fiume Trigno (compreso tra le spiagge di *Costa Verde* e di *Marinelle*) l'arenile è prevalentemente ghiaioso.

Il fondale marino posto tra la battigia e l'isobata di 5 m è caratterizzato dalla presenza di barre e cordoni sottomarini in serie, e da pendenze comprese tra 0,5 e 1,2% (Zunica & Girardi, 1984). Un recente rilievo batimetrico del tratto di costa che dal porto di Termoli si estende poco oltre la foce del Biferno (Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Molise, 2001), indica pendenze locali anche superiori al 2%.

Partendo da un esame preliminare della morfologia costiera e tenendo conto dell'importanza che gli apporti fluviali assumono nel bilancio costiero, la costa in esame è stata suddivisa in tre tratti (Fig. 1). Il primo e il terzo comprendono rispettivamente le foci dei fiumi Trigno e Biferno, il secondo tratto, interposto ai precedenti, risulta privo di importanti foci fluviali.

L'esame geomorfologico della costa e le relative analisi quantitative sono state compiute sulla base di carte topografiche, foto aeree e ortofotocarte piane che

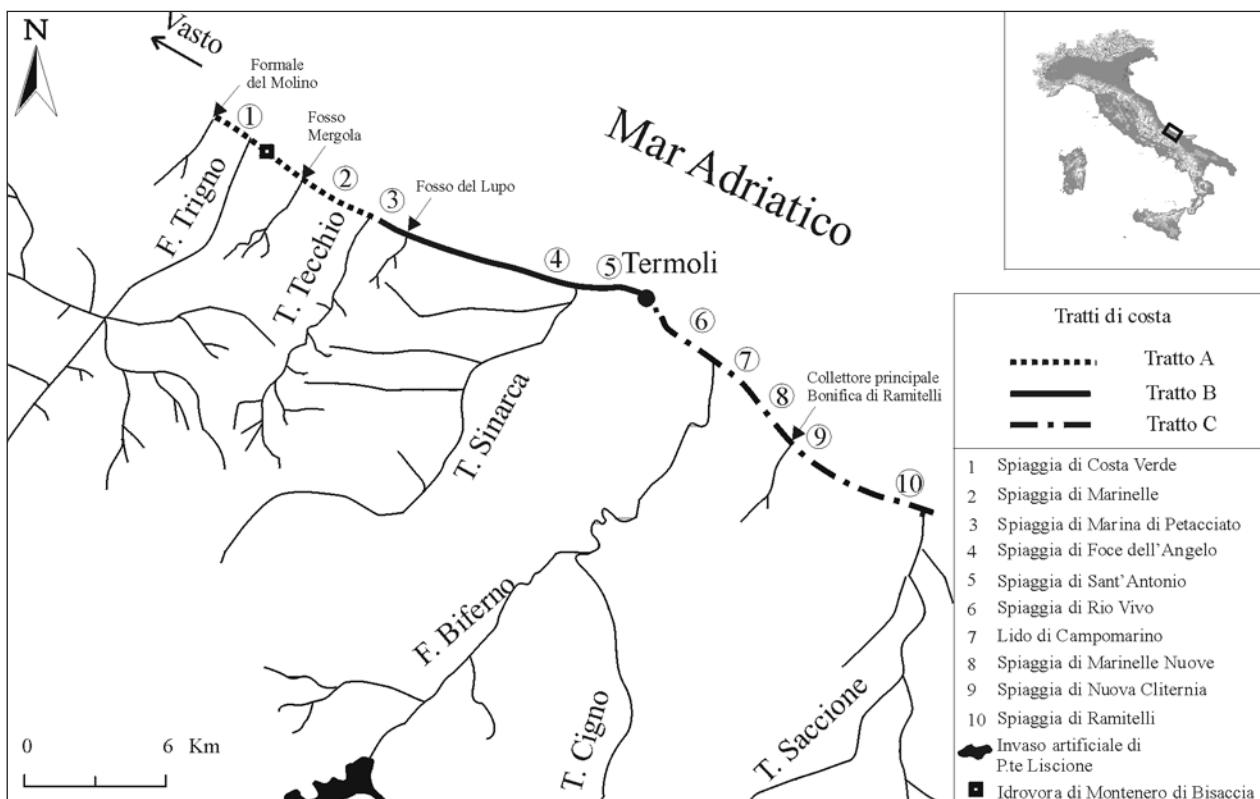


Fig. 1 – Ubicazione dell'area di studio.

Location map of the study area.

hanno consentito delle analisi comparative per gli ultimi 130 anni circa. In particolare, si è fatto uso di carte topografiche rispettivamente in scala 1:50.000 (edizioni dell'I.G.M.I. del 1869/1875 e relativi aggiornamenti del 1907/1909), 1:25.000 (I.G.M.I., 1954) e 1:5.000 (Carta Tecnica Regionale del Molise, 1992), di foto aeree in scala 1:33.000 (I.G.M.I., 1954/55) e 1:13.000 (R.T.A., 1992), nonché di ortofotocarte in scala 1:10.000 (A.I.M.A., 1998). Sono state esaminate inoltre alcune carte storiche come ad esempio l'Atlante Geografico del Regno di Napoli (Rizzi-Zannoni, 1808) che, pur fornendo indicazioni interessanti, ovviamente non sono risultate di sufficiente precisione e dettaglio per essere utilizzate nell'analisi comparativa quantitativa.

3. EVOLUZIONE RECENTE DELLA COSTA MOLISANA

3.1. Analisi geomorfologica

L'analisi geomorfologica è consistita in dettagliati esami cartografici ed aerogeologici, integrati da sopralluoghi lungo la costa finalizzati alla verifica ed integrazione dei dati acquisiti, e all'analisi dei tratti costieri distinti riguardo alla loro tendenza evolutiva e dinamica attuale.

Il tratto A

Il tratto A, della lunghezza di ca. 6,50 km, è compreso tra lo sbocco a mare del Formale del Molino (limite regionale tra Abruzzo e Molise) e quello del Torrente Tecchio (Fig. 1). Questo tratto è caratterizzato da una costa bassa e una fascia litorale con quote massime intorno ai 4-5 m s.l.m.

Dall'esame dell'Atlante Geografico del Regno di Napoli (Rizzi-Zannoni, 1808) e della cartografia storica dell'I.G.M.I. (1875/1907) si evince la presenza di un delta a cuspidi in corrispondenza della foce del Fiume Trigno, caratterizzato da tre canali distributori principali, disposti a ventaglio. Il tratto terminale del Trigno mostra una morfologia a canali intrecciati con barre attive prive di vegetazione, interrotta da un breve tratto ad ampia sinuosità precedente la foce. A testimonianza dello stadio "giovane" dell'apparato deltizio si evidenzia una fascia a vegetazione palustre interposta tra l'odierna strada litorale e i sedimenti sabbiosi formanti gli apici del delta e i cordoni lateralmente a contatto. La netta deviazione verso NW dei tratti terminali di alcuni torrenti che sfociano in sinistra del Trigno (ad es. lo stesso Formale del Molino) sembra indicare una direzione dominante della deriva litorale dei sedimenti (*longshore drift*) da SE verso NW. Confrontando la carta topografica del 1875 con quella del 1907 non si evidenziano variazioni nella conformazione del tratto costiero.

Per il periodo 1907-1954, il confronto delle relative carte topografiche evidenzia una significativa erosione dell'apparato deltizio del Trigno, accompagnata da una redistribuzione dei sedimenti e una progradazione dei tratti di costa adiacenti la foce. Nel 1954 non resta che un debole accenno all'originaria forma a cuspidi del delta. La fascia costiera intorno alla foce risulta intensamente coltivata e si evidenzia solo qualche debole traccia dei vecchi canali distributori (in particolare del canale destro). La foce si trova spostata verso NW di ca. 500 m, indicando la dominanza di un *longshore drift* sempre

da SE verso NW. A testimoniare la tendenza all'arretramento della linea di riva all'epoca già in atto, il tratto di costa in sinistra idrografica del Trigno, e quello in sua destra compreso tra le foci del Fosso Mergola e del Torrente Tecchio (Fig. 1), si mostrano interessati da vistosi processi di insabbiamento legati all'erosione della spiaggia e allo spostamento verso l'interno della fascia dunare. L'insabbiamento, che in destra del Trigno si spinge localmente fino alla SS N.16 Adriatica, interessa una fascia di litorale caratterizzata dalla presenza di parcelle di terreno ad assetto regolare, probabilmente adibite ad uso balneare. In destra del Trigno, per ca. 1,5 km, la spiaggia appare completamente erosa e caratterizzata da una microfalesia. La linea di riva così individuata tronca nettamente e in senso obliquo i cordoni caratterizzanti il fianco destro dell'apparato deltizio.

Nel periodo dal 1954 al 1992 si registra un significativo arretramento della costa che interessa tutto il tratto in modo più o meno uniforme, ad eccezione della porzione posta tra le foci del Mergola e del Tecchio dove avviene addirittura un moderato avanzamento. Non emergono, per quanto deducibile dalle fonti bibliografiche esaminate (Giorgi *et al.*, 1984; Zunica & Girardi, 1984), inversioni di tendenza. Le stesse fonti confermano per i periodi 1954-1975 e 1975-1980 la variazione negativa della linea di riva in questo tratto e un verso del trasporto solido lungo riva da SE verso NW. Le poche opere di difesa realizzate tra il 1954 e 1992 sono costituite da pennelli ortogonali a protezione delle foci del Formale del Molino e del Trigno, e dalle strutture longitudinali aderenti in corrispondenza dell'idrovora di Montenero di Bisaccia.

Dal 1992 al 1998 si verifica un ulteriore arretramento sia in sinistra della foce del Trigno che in sua destra, tra la stessa foce e l'idrovora di Montenero di Bisaccia. Risulta, invece, ancora in leggero avanzamento il tratto tra le foci del Mergola e del Tecchio. In questo periodo, a protezione della spiaggia di *Costa Verde* ormai quasi del tutto erosa e delle associate strutture turistiche, vengono realizzate, anche a sostituzione di quelle preesistenti, delle scogliere emerse e sommerse distaccate, disposte parallelamente o con andamento obliquo alla costa attuale lungo tutto il tratto di costa in sinistra della foce del Trigno.

Il tratto B

Il tratto B si estende per circa 13 km a partire dalla foce del Torrente Tecchio fino alla punta del promontorio di Termoli (Fig. 1). In questo tratto, a parte la piccola pianura alluvionale del Torrente Sinarca e le spiagge di *Marina di Petacciato*, di *Foce dell'Angelo* e di *Sant'Antonio*, la fascia litorale si riduce ad un sottile nastro di spiaggia che borda i rilievi collinari di Petacciato e il promontorio di Termoli. Mentre i primi sono impostati su un substrato essenzialmente argilloso (argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche) interessato da diffusi e complessi fenomeni franosi, il promontorio, con una morfologia tipica da costa alta terrazzata, è caratterizzato da terreni sabbioso-conglomeratici di ambiente continentale e marino (*Alluvioni terrazzate di III ordine, Conglomerati di Campomarino e Sabbie di Serracapriola* del Foglio 155 della Carta Geologica d'Italia).

Analizzando le cartografie storiche (1869/1907), quelle del 1954 e 1992 e le ortofotocarte del 1998,

emerge un modesta tendenza alla progradazione di questo tratto costiero, con alcuni settori in leggero arretramento e altri in avanzamento. Dati confrontabili vengono forniti da Giorgi *et al.* (1984) che indicano non solo un comportamento diverso da settore a settore, ma anche delle inversioni di tendenza in determinati settori. Così ad esempio il litorale nord di Termoli risulta in avanzamento nel periodo 1954-1975 e in arretramento nel periodo 1975-1980. Per quest'ultimo periodo si evidenzia un orientamento della deriva litorale prevalente da W verso E (Parea, 1978; Zunica & Girardi, 1984). Considerando il periodo 1954-1998, l'avanzamento della linea di costa più significativo si registra nell'area di Marina di Petacciato. Ad eccezione delle scogliere longitudinali aderenti poste immediatamente in destra della foce del Tecchio, oggi non più rilevabili, le opere di difesa costiera presenti in questo tratto risalgono all'ultimo ventennio. Queste consistono soprattutto in scogliere longitudinali distaccate presenti lungo tutto il tratto di costa tra gli sbocchi del Tecchio e del Fosso del Lupo e, più diradate, lungo il litorale nord di Termoli e lo stesso promontorio. A queste si aggiungono una serie di pennelli ortogonali ubicati in corrispondenza dello sbocco del Fosso Colle degli Ulivi (posto a distanza circa uguale tra le foci del Torrente Tecchio e del Fosso del Lupo) e lungo il litorale nord di Termoli, che sono stati realizzati rispettivamente prima del 1992, e tra il 1992 e 1998. Dopo il 1998 vengono eseguiti ulteriori interventi con la realizzazione di scogliere longitudinali distaccate nel tratto tra le foci del Fosso del Lupo e del Torrente Sinarca.

Il tratto C

Il terzo tratto si estende tra il porto di Termoli e la foce del Torrente Saccione per una lunghezza di ca. 15,5 km. Esso è caratterizzato, ad eccezione di un primo settore a costa alta posto tra il porto di Termoli e la P.ta di Pizzo, da una costa bassa e una piana costiera delimitata verso l'interno da rilievi collinari debolmente degradanti verso mare con locali raccordi morfologici a più alta pendenza.

L'esame dell'Atlante Geografico del Regno di Napoli (Rizzi-Zannoni, 1808) e della carta topografica I.G.M.I. del 1869 mette in evidenza una prima fase di variazione positiva della linea di costa, marcata dalla costruzione di un apparato deltizio in corrispondenza della foce del Biferno. Si tratta di un delta a cuspidi piuttosto prominente caratterizzato dalla presenza di depressioni occupate da piccoli stagni costieri come ad esempio il *Pantanello* segnato in sinistra della foce.

Il confronto delle edizioni del 1869 e del 1907 della carta topografica I.G.M.I. mette in evidenza alcuni interessanti aggiornamenti. In particolare, questo confronto mostra, a parte i cambiamenti morfologici della porzione centrale del delta del Biferno, l'avanzamento significativo del tratto di costa tra la foce del Biferno e lo sbocco del Collettore principale bonifica di Ramitelli, con valori massimi in corrispondenza del *Lido di Campomarino*. Ciò sembra indicare, peraltro, una direzione di trasporto litoraneo lungo costa prevalente da NW verso SE. In sinistra della foce, i pantani risultano sostituiti da ampie aree a vegetazione paludosa.

Tra il 1907 e il 1954 avviene un significativo arretramento del delta che comporta una troncatura in senso obliquo delle barre sabbiose, mentre si registra

un ulteriore modesto avanzamento della linea di costa in sua destra, in corrispondenza della spiaggia di *Marinelle Nuove*. Nel 1954, la foce del Biferno risulta molto meno prominente e ridotta ad una morfologia leggermente arcuata con bocca orientata verso N, ed i pantani in sua destra trasformati in aree paludose. A testimonianza della tendenza all'arretramento in atto, si hanno sia in sinistra che in destra idrografica della foce ampi tratti di costa soggetti ad insabbiamento. L'insabbiamento interessa una fascia di terreno larga fino a 125 m, caratterizzata da un assetto parcellare dovuto presumibilmente al suo uso balneare.

Durante il periodo 1954-1992, oltre ad assistere ai fenomeni di arretramento più cospicui, si verifica una maggiore diversificazione del tratto costiero in relazione alle dominanti tendenze evolutive. Tale diversificazione emerge chiaramente sia dall'analisi cartografica che dall'esame dei dati raccolti da Giorgi *et al.* (1984) e da Zunica & Girardi (1984). I primi, in particolare, evidenziano, per il periodo 1954-1975, il settore in sinistra del Biferno in avanzamento, e quello in destra a settori alterni in avanzamento e in arretramento. Osservazioni relative al periodo 1975-1980 mostrano alcune inversioni di tendenza, interessanti ad esempio il tratto in sinistra della foce del Biferno e quello compreso tra il Collettore principale bonifica di Ramitelli e la foce del Torrente Saccione.

In relazione all'intero periodo 1954-1992, l'arretramento della linea di riva costituisce la tendenza dominante. Il tratto maggiormente colpito è quello compreso tra la spiaggia di *Rio Vivo* e il Collettore principale bonifica di Ramitelli, a conferma di una tendenza già evidenziata da Giorgi *et al.* (1984) per il periodo 1975-1980 e da Zunica & Girardi (1984), e ciò nonostante questo tratto fosse già all'epoca dotato di opere di protezione emergenti sia longitudinali (in prevalenza distaccate) che trasversali. Risultano invece in avanzamento il breve tratto corrispondente al *Lido di Campomarino*, il tratto compreso tra il Porto di Termoli e la spiaggia di *Rio Vivo*, e quello tra il Collettore principale bonifica di Ramitelli e la foce del Saccione ad eccezione del settore meridionale della spiaggia di *Nuova Cliternia*.

Tra il 1992 e 1998 si registrano ulteriori arretramenti in corrispondenza della spiaggia di *Rio Vivo* lungo le sezioni non protette, tra la foce del Biferno e il *Lido di Campomarino*, dove si osserva una accentuazione dei tomboli a tergo delle scogliere longitudinali, e infine, nella porzione più settentrionale della spiaggia di *Nuova Cliternia*. I restanti settori possono considerarsi sostanzialmente in equilibrio, a parte il settore immediatamente a contatto con il molo sud del porto di Termoli, caratterizzato da un ulteriore significativo avanzamento della spiaggia.

A prescindere dalle opere di protezione già menzionate, da qualche pennello ortogonale in corrispondenza del porto di Termoli, e dalle armature delle foci del Biferno e del Saccione, le restanti opere di protezione oggi insistenti su questo tratto sono state realizzate durante gli ultimi 20 anni ca. Queste consistono in una doppia (localmente tripla) fila di scogliere longitudinali tra aderenti e distaccate nel settore a sud del porto di Termoli a protezione della spiaggia di *Rio Vivo* (Fig. 2), una fila di scogliere longitudinali distaccate ricoprendo un tratto di ca. 7 km tra la foce del Biferno e il Collettore principale bonifica di Ramitelli, e una doppia fila di sco-

gliere rispettivamente distaccate e aderenti (quest'ultime saldate alla linea di costa attraverso dei tomboli) in corrispondenza del *Lido di Campomarino*. E' stato realizzato, infine, il rafforzamento delle strutture protettive del porto di Termoli con la costruzione dell'avamposto e la fortificazione del molo sud.

Circa le interferenze tra tali strutture di protezione e le evidenziate tendenze evolutive, i dati finora acquisiti non restituiscono un quadro univoco. Infatti, sembra logico mettere in relazione la progradazione del tratto in corrispondenza del *Lido di Campomarino* e quello posto immediatamente a sud del porto di Termoli con la presenza, rispettivamente, delle scogliere e delle strutture portuali. La progradazione consistente del secondo tratto, infatti, sembra essere chiaramente favorita dalla presenza delle strutture portuali che causano fenomeni di diffrazione del moto ondoso (Aucelli *et al.*, 2004) tenendo conto che il *drift* avviene da NW verso SE (Parea, 1978; Zunica & Girardi, 1984). Di più difficile comprensione risulta invece ad esempio il fatto che le scogliere lungo il tratto compreso tra la foce del Biferno e il Collettore principale bonifica di Ramitelli, esistenti da oltre 20 anni e più volte rafforzate nel tempo, non sem-

brino aver impedito il progredire dell'erosione. E' in questo tratto che si hanno chiare evidenze del fatto che l'erosione non interessa solamente la spiaggia emersa ma anche i fondali antistanti come mostra il recente rilievo batimetrico (Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Molise, 2001) del tratto compreso tra il porto di Termoli e la foce del Biferno che mette in evidenza pendenze superiori al 2% nelle sezioni interposte tra le opere protettive.

3.2 Analisi quantitativa

Al fine di poter valutare in termini quantitativi le avvenute variazioni della linea di costa e di permettere una loro migliore visualizzazione, le carte topografiche e le ortofotocarte piane sono state digitalizzate, georeferenziate e messe a confronto utilizzando i *software GIS Arc-View* e *Autocad Map*. I tratti costieri distinti sono stati separatamente analizzati per i periodi 1869-1907, 1907-1954, 1954-1992 e 1992-1998. Le operazioni di calcolo effettuate hanno consentito di effettuare delle valutazioni sia in termini lineari (entità di avanzamento e arretramento della linea di costa) che areali (variazioni positive e negative delle superfici di spiaggia).



Fig. 2 – Esempi di difesa costiera lungo la spiaggia di Rio Vivo, rappresentati (A) da una barriera di massi a protezione delle abitazioni e (B) da una doppia scogliera indicata attraverso le due frecce.

Examples of coast protection along the Rio Vivo beach, represented (A) by a barrier made of boulders to protect the houses and (B) a double row of longitudinal barriers marked by the two arrows.



Fig. 3 – Le foci dei fiumi Biferno (A) e Trigno (B).

The river mouths of the Biferno (A) and Trigno (B) rivers.

Le variazioni lineari

L'esame della cartografia storica ha mostrato una importante fase di progradazione delle spiagge e degli apparati deltizi che sembra aver perdurato fino all'inizio del 1900. Infatti, il confronto tra le carte topografiche storiche dell'I.G.M.I. che rappresentano il tratto comprendente la foce del Biferno (tra quelle esaminate le uniche a mostrare un aggiornamento), evidenzia, per il periodo 1869-1907, un avanzamento significativo del fianco destro del delta con un valore massimo di ca. 750 m (19,7 m/anno) in corrispondenza del *Lido di Campomarino*, mentre nullo o trascurabile si figura l'arretramento degli apici del delta. Anche se, in mancanza di fonti cartografiche adeguate, non è stato possibile verificare questa tendenza per gli altri tratti di costa, questo dato consente di affermare che, almeno in quel tratto, una tendenza all'arretramento non si manifesta prima del 1907.

Conseguenza dell'erosione degli apparati deltizi nel periodo 1907-1954, con valori massimi di arretramento rispettivamente di circa 500 m per il Trigno e di 650 m per il Biferno (10,6 e 13,8 m/anno rispettivi), è l'evoluzione delle foci verso una morfologia di tipo *wave-dominated* (Fig. 3). Tale erosione è accompagnata da una chiara progradazione dei tratti di costa adiacenti (Fig. 4a, 4c), a testimonianza della redistribuzione dei sedimenti di foce ad opera di correnti lungo costa. Per l'intero periodo, tale progradazione è valutabile per i tratti contigui alla foce del Trigno (comprendenti le spiagge di *Costa Verde* in sinistra idrografica, e il tratto tra l'idrovora di Montenero di Bisaccia e la spiaggia di *Marina di Petacciato* in destra) in complessivi 250 m circa (ca. 5,3 m/anno), e in circa 400 m (ca. 8,5 m/anno) per il tratto posto in destra della foce del Biferno, compreso tra il *Lido di Campomarino* e la spiaggia di Nuova Cliternia. Per le spiagge più distanti dalle principali foci si evidenzia, per lo stesso periodo, una relativa stabilità con tratti in debole avanzamento o arretramento (Fig. 4b).

Nel periodo successivo (1954-1992), il tratto costiero intorno alla foce del Trigno (Fig. 5a), compreso tra la spiaggia di *Costa Verde* e la foce del Fosso Mergola, subisce un arretramento valutabile in circa 150 m (ca. 4 m/anno). Nel tratto successivo (Fig. 5b), fino alla spiaggia di *Marina di Petacciato*, la linea di costa avanza mediamente di circa 30 m, mentre resta praticamente invariata la sua posizione lungo il litorale nord di Termoli. Il tratto costiero compreso tra il porto di Termoli e la spiaggia di *Rio Vivo* (Fig. 5c) registra un avanzamento massimo di ca. 180 m, mentre quello adiacente, esteso fino al *Lido di Campomarino*, arretra in media di 200 m (ca. 5,3 m/anno), con valori locali anche superiori ai 250 m. In sostanziale equilibrio il restante litorale, compreso tra la spiaggia di *Marinelle Nuove* e quella di *Ramitelli*, in cui si alternano tratti in debole avanzamento ed erosione.

Tra il 1992 e 1998, sia in sinistra che in destra idrografica della foce del Trigno (Fig. 6a), si registra ancora un valore medio di arretramento piuttosto elevato di 45-50 m (ca. 8 m/anno). Risulta invece stabile la foce, probabilmente grazie alla costruzione di pennelli ai suoi lati. Variazioni significative si rilevano ancora per la foce del Biferno (Fig. 6c) che risulta arretrata di circa 120 m (20 m/anno).

Le variazioni areali

Ad integrazione dei dati circa le variazioni lineari è

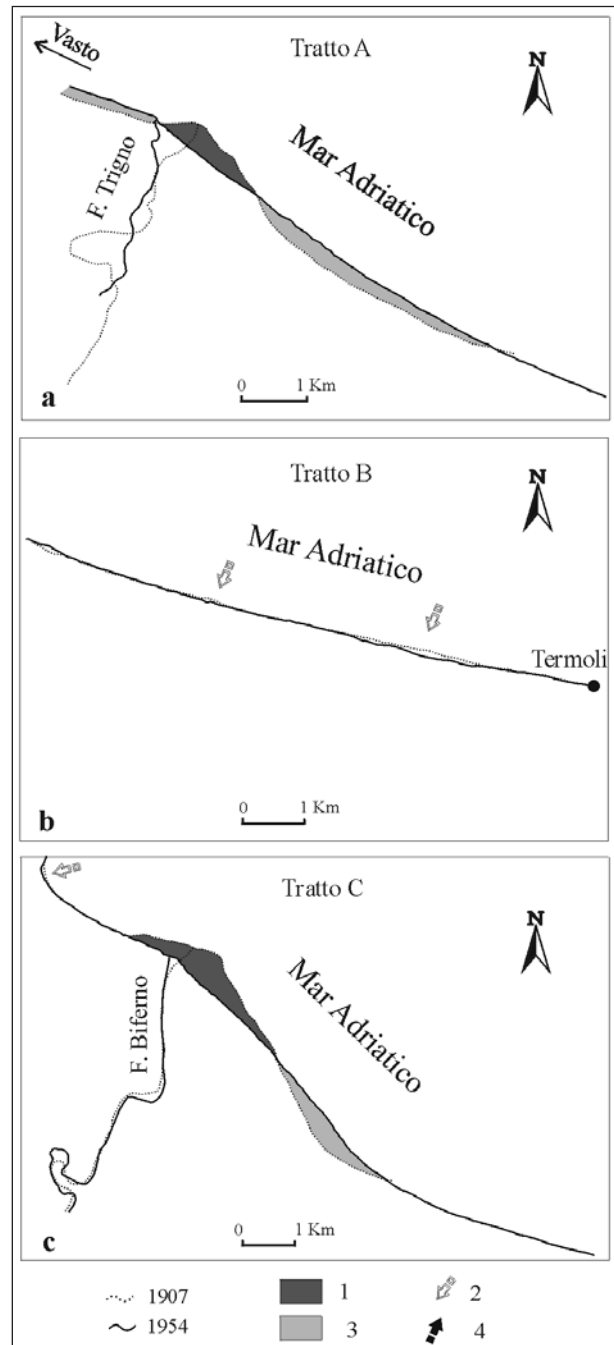


Fig. 4 – Variazioni della linea di riva e dei principali canali fluviali nel periodo 1907-1954. Tratti costieri che hanno subito 1) marcato arretramento, 2) leggero arretramento, 3) marcata progradazione, 4) leggera progradazione.

Changes of shoreline and main fluvial channels from 1907 to 1954. Coast sectors affected by 1) marked retreat, 2) slight retreat, 3) marked progradation, 4) slight progradation.

stata compiuta un'analisi delle variazioni positive e negative della superficie di spiaggia nei vari periodi e tratti distinti i cui risultati sono stati sintetizzati nella tabella 1.

Limitatamente al tratto comprendente la foce del Biferno è possibile mettere in evidenza per il periodo 1869-1907 una variazione positiva molto consistente di complessivi 1,7 km² ca. (1.692.500 m²). Questa variazio-

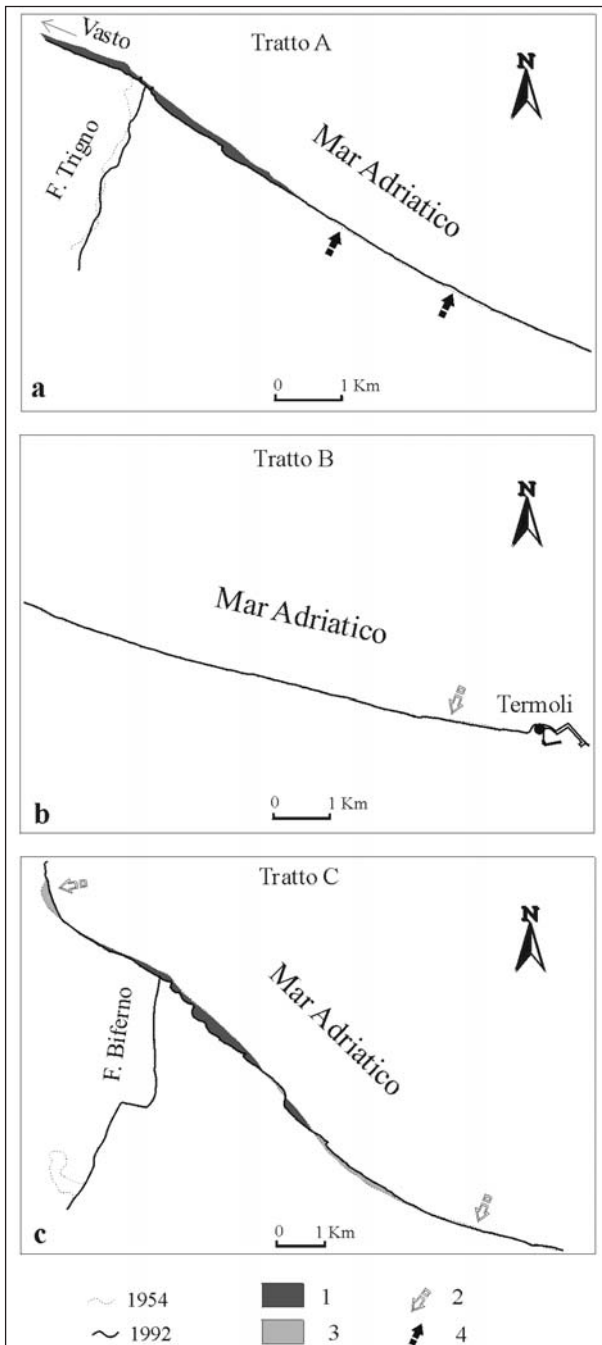


Fig. 5 - Variazioni della linea di riva e dei principali canali fluviali nel periodo 1954-1992. Tratti costieri che hanno subito 1) marcato arretramento, 2) leggero arretramento 3) marcata progradazione, 4) leggera progradazione.

Changes of shoreline and main fluvial channels from 1954 to 1992. Coast sectors affected by 1) marked retreat, 2) slight retreat, 3) marked progradation, 4) slight progradation.

Tab. 1 - Variazioni positive e negative (-) della superficie di spiaggia (in m²) analizzate per periodi e tratti.

Positive and negative (-) variations of the beach surface (in m²) analysed for periods and sectors.

Periodo	Tratto A	Tratto B	Tratto C	Totale
1907 - 1954	460.500	17.000	- 310.000	167.500
1954 - 1992	- 409.863	40.830	- 346.461	- 715.494
1992 - 1998	- 112.957	39.499	- 34.188	- 107.646
Totale	- 62.320	97.329	- 690.649	- 655.640

ne positiva è in gran parte imputabile all'aumento della spiaggia nel tratto compreso tra la foce del Biferno e il Collettore principale bonifica di Ramitelli, valutabile in ca. 1.655.000 m².

L'analisi delle variazioni per periodi distinti mette in evidenza per il periodo 1907-1954 un sostanziale equilibrio tra la quantità di materiale eroso lungo le foci principali e quella depositata lungo i tratti di costa contigui, con un aumento complessivo di 167.500 m² della superficie di spiaggia, imputabile soprattutto alla variazione positiva nel tratto A di 460.500 m². I periodi successivi sono caratterizzati da una dominante tendenza all'erosione che comporta variazioni negative della spiaggia nei tratti A e C, valutabili in un totale di circa 715.500 m² per il 1954-1992 e di circa 107.600 m² per il 1992-1998, cui corrispondono tassi annuali molto simili di rispettivamente 18.800 e 17.900 m²/anno circa. Per il tratto immediatamente a sud del porto di Termoli si verifica tra il 1954 e 1998 (o verosimilmente 1980?-1998), una variazione positiva complessiva dell'arenile di circa 140.000 m² di cui ca. 30.000 m² nel solo periodo 1992-1998. Complessivamente risulta che la costa molisana ha subito una variazione negativa delle spiagge di circa 656.000 m² durante gli ultimi 90 anni (1907-1998).

Facendo un'analisi per tratti si evidenzia innanzitutto un bilancio positivo complessivo per il tratto B, negativo invece per i tratti A e C. Questi ultimi mostrano un comportamento del tutto dissimile in relazione alla loro tendenza all'erosione, come evidenziano i valori medi annui calcolati rispettivamente per i periodi 1954-1992 e 1992-1998. Infatti, nel tratto A tale tendenza subisce un incremento, avendosi il passaggio da un valore medio di 10.800 a 18.800 m²/anno, mentre subisce una diminuzione nel tratto C dove si passa da 9.100 a 5.700 m²/anno. Il tratto B, invece, con un valore complessivo di 97.329 m² evidenzia la sua leggera tendenza all'avanzamento, e mostra una crescente tendenza alla progradazione con un valore medio che da 1.100 passa a 6.600 m²/anno circa. I calcoli effettuati evidenziano anche che è il tratto A, e quindi l'area della foce del Trigno, ad aver fornito i contributi annuali più consistenti alla variazione negativa delle spiagge per i suddetti periodi. Emerge inoltre chiaramente, che le variazioni negative di spiaggia tra il 1907 e il 1998 lungo l'intero litorale molisano (655.640 m²) grosso modo coincidono con quelle verificatesi nello stesso periodo nel tratto C (690.649 m²), dato che le variazioni negative e positive nei tratti A e B quasi si compensano. Prescindendo dal primo periodo (1907-1954) - contrassegnato ancora da consistenti variazioni positive della spiaggia nel tratto A - si evidenzia chiaramente che sono proprio i tratti costieri A e C, dotati di importanti foci fluviali, ad essere stati interessati da variazioni negative della spiaggia, mentre il tratto B, ad essi interposto, trae evidenti benefici dall'erosione dei sedimenti nel tratto A e loro successivo trasporto lungo costa verso sud.

4. DISCUSSIONE DEI DATI

L'analisi cartografica comparativa ha evidenziato una serie di modificazioni significative della linea di costa che possono riferirsi a due principali fasi evolutive del sistema costiero esaminato. Una prima fase di prevalente progradazione che si conclude con la costruzione degli apparati deltizi del Trigno e del Biferno rilevabili dalle carte storiche (Atlante Geografico del Regno di Napoli di Rizzi-Zannoni, 1808; cartografia storica I.G.M.I. del 1869 e 1907), e una seconda fase in cui si assiste ad un progressivo smantellamento degli stessi apparati deltizi e all'arretramento progressivo, tuttora in corso, delle spiagge.

Più in dettaglio, l'evoluzione più recente si può schematizzare come segue:

Periodo <1800? – 1869

Gli apparati deltizi dei corsi d'acqua principali che sfociano lungo la costa molisana si mostrano con una morfologia pronunciata a cuspidi, suggerendo un bilancio positivo complessivo del sistema costiero. Nel 1869, detti apparati deltizi appaiono del tutto giovanili e in attiva evoluzione.

Periodo 1869-1907

In base a quanto è stato accertato per il tratto C, è possibile ipotizzare una fase di relativa stabilità delle aree di foce. In questo periodo, infatti, non si registrano variazioni negative della foce del Biferno, mentre avviene una consistente progradazione delle fasce costiere contigue, portando ad un bilancio costiero altamente positivo.

Periodo 1907-1954

Gli apparati deltizi del Trigno e Biferno sono soggetti a forte erosione che determina un cambiamento fondamentale della loro fisionomia passando da *fluvial-dominated* a *wave-dominated*. Questa fase è accompagnata da una redistribuzione del materiale eroso che contribuisce alla progradazione degli adiacenti tratti di costa che compensa in parte (tratto C) o completamente (tratto A) l'erosione lungo le foci. Il bilancio complessivo è positivo.

Periodo 1954-1992

Si assiste ad una intensa fase di erosione che causa arretramenti consistenti nei tratti A e C dove si completa lo smantellamento dei residui apparati deltizi. Il bilancio è chiaramente negativo. Mentre la tendenza all'erosione lungo la costa è già molto evidente nel 1954, i corsi d'acqua principali a deflusso adriatico, caratterizzati da regimi torrentizi e morfologie d'alveo del tipo *braided* nelle sezioni non confinate, appaiono ad alta dinamicità, come evidenzia anche la presenza di conoidi attivi agli sbocchi di vari bacini tributari (Aucelli & Roszkopf, 2000).

Periodo 1992-1998

L'erosione della linea di costa persiste con ritmi diversi nei tratti A e C. Per il tratto A si assiste ad un incremento delle variazioni areali negative, mentre si registra un rallentamento del ritmo di erosione nel tratto C. Il tratto B è caratterizzato da una accresciuta tendenza alla progradazione, ma il bilancio complessivo è comunque negativo.

L'evoluzione riscontrata corrisponde pienamente al modello proposto da Pranzini (1989, 1994) sulla evoluzione dei delta italiani nel periodo storico in relazione

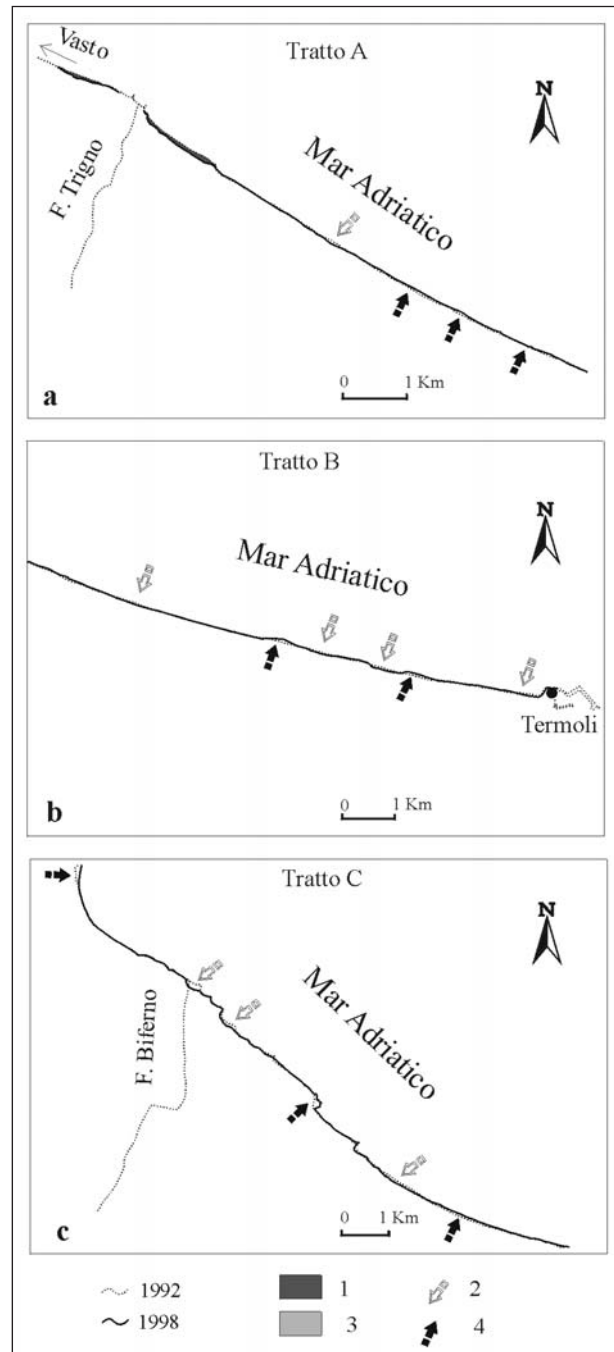


Fig. 6 - Variazioni della linea di riva e dei principali canali fluviali nel periodo 1992-1998. Tratti costieri che hanno subito 1) marcato arretramento, 2) leggero arretramento, 3) marcata progradazione, 4) leggera progradazione.

Changes of shoreline and main fluvial channels from 1992 to 1998. Coast sectors affected by 1) marked retreat, 2) slight retreat, 3) marked progradation, 4) slight progradation.

alle tappe morfoevolutive più recenti.

Le modificazioni rilevate testimoniano variazioni consistenti nel bilancio costiero, quindi uno squilibrio tra quantità di sedimenti disponibili e capacità del sistema costiero di rielaborare gli stessi.

Le eventuali cause naturali e/o antropiche di tali modificazioni, in prima analisi, andrebbero ricercate

nelle variazioni di uno o più dei seguenti principali parametri: apporti sedimentari alle foci, livello marino (sia a lungo che breve termine), capacità erosiva delle onde, caratteristiche dei sistemi di correnti vicino costa e delle modalità di trasporto lungo costa, nonché relative interferenze con strutture protettive.

Le conoscenze finora acquisite non consentono di proporre un'analisi esaustiva delle potenziali cause, data soprattutto la mancanza di dati relativi agli aspetti meteo-marini e la necessità di approfondire le modalità di interferenza tra dinamica costiera e strutture protettive. L'attenzione è stata quindi per ora focalizzata su quei aspetti che possono aver influito in modo diretto od indiretto sulla disponibilità di sedimenti da immettere nel bilancio costiero. E', infatti, la risposta differenziata dei vari tratti costieri esaminati che vede "penalizzati" proprio i tratti costieri dotati di maggiori foci fluviali (tratti A e C) che, a nostro avviso, è fortemente indicativa del fatto che la diminuzione degli apporti fluviali alle foci costituisca effettivamente una delle cause principali se non proprio la causa maggiore delle tendenze all'arretramento osservate.

Variazioni climatiche

Le condizioni meteo-climatiche esercitano un importante ruolo sia in relazione alle caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua sia alla dinamica costiera, oltre a condizionare lo sviluppo della copertura del suolo. Riguardo le prime, in particolare, è da considerare innanzitutto la stretta relazione tra afflussi meteorici e deflussi liquidi, e tra quest'ultimi e il trasporto solido.

Riguardo la prima fase evolutiva distinta, l'influenza climatica andrebbe a tradursi principalmente in una diminuzione delle temperature ed un aumento degli afflussi meteorici, e conseguente incremento delle portate liquide dei fiumi e del trasporto solido, quest'ultimo favorito o meno anche da un degrado della copertura vegetazionale. Dati interessanti circa il rapporto tra condizioni climatiche, trasporto solido e evoluzione della linea di costa emergono dallo studio di Marabini (2000) che permette una rivalutazione del ruolo del clima rispetto alle varie influenze antropiche (spesso le uniche ad essere chiamate in causa). I dati riportati, a sostegno dell'influenza climatica globale, mettono in evidenza gli andamenti simili delle portate dei maggiori fiumi d'Europa negli stessi periodi, e il rapporto tra variazioni di portata dei corsi d'acqua e pulsazioni climatiche freddo-umide riferibili alla Piccola Età Glaciale, con l'aumento degli apporti solidi alla costa e l'avanzamento progressivo della costa dell'alto Adriatico tra il 1600 e 1820. Ovviamente, per l'area e il periodo di studio presi in esame dovrebbero considerarsi soprattutto le pulsazioni fredde verificatesi nella seconda metà del 1800, evidenziate dall'avanzamento dei ghiacciai intorno al 1850 e 1890 (Röthlisberger, 1986; Antonioli, 2000). In accordo con Marabini (2000), in un simile contesto climatico l'equilibrio della zona costiera è regolato dal rapporto tra apporti solidi e frequenza delle mareggiate, e il suo avanzamento legato quindi al "prevalere" degli apporti solidi.

Circa la seconda fase evolutiva è possibile fare riferimento ad una serie di dati di carattere sia nazionale che locale. Come evidenziano i dati riportati in Vittorini (1991) sulle variazioni delle portate liquide e solide dei fiumi italiani dal 1921 al 1973, emerge una netta flessio-

ne del trasporto torbido unitario del 40% circa confrontando il periodo pre-bellico (1921-1943/44) con quello post-bellico (1954-1973). Tralasciando l'influenza antropica, tale flessione è da legare secondo l'autore, oltre che ad una complessiva diminuzione delle portate liquide (non del tutto da imputare al decremento degli afflussi meteorici), ad una diminuzione della frequenza di eventi di piena che superino una determinata portata. Infatti, per quanto riguarda i corsi d'acqua maggiori sul territorio italiano sarebbero soprattutto gli eventi di piena con portate superiori ai 500 m³/s a portare ad una percentuale apprezzabile la frazione sabbiosa del carico solido.

Che non esista un rapporto semplice tra deflussi idrici, trasporto solido e fenomeni di progradazione od erosione costiera, viene indicato per l'area di studio per esempio dal fatto che, mentre le evidenze morfologiche relative al 1954 indicano per il sistema costiero una situazione di non-equilibrio (con fenomeni di arretramento già in atto), i sistemi fluviali sembrano ancora godere di condizioni di equilibrio nel loro assetto plano-altimetrico, e di alta dinamicità e capacità di trasporto (Aucelli & Roszkopf, 2000). Ciò potrebbe essere indizio di un'accresciuta dinamica costiera, tale da annullare l'equilibrio precedentemente raggiunto.

A livello regionale, l'analisi dei dati pluviometrici (Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Idrografico, 1997) evidenziano per il quarantennio 1951-1990 un decremento generale delle precipitazioni. I dati pluviometrici e idrologici esaminati per il bacino del fiume Trigno (Aucelli, 1999; Aucelli & Roszkopf, 2000) mettono in evidenza uno stretto legame tra afflussi meteorologici e deflussi liquidi, nonché consistenti variazioni degli afflussi annuali nel tempo. Complessivamente, tali dati confermano la tendenza a diminuire delle precipitazioni che caratterizza quasi per intero la seconda metà del secolo scorso. In particolare, condizioni di maggiore piovosità contraddistinguono i periodi 1944-1949 e 1955-1964, cui si contrappongono periodi più aridi tra il 1950-1954 e 1965-1990, con un ulteriore calo delle precipitazioni medie annue dal 1980 in poi.

Circa il rapporto tra recenti fluttuazioni climatiche e variazioni del livello marino, i dati esposti in Antonioli (2000) riferiscono di una media dei valori di risalita eustatica di 12-15 cm/secolo per gli ultimi 100 anni, e di 1mm/anno durante il diciannovesimo secolo. Questi dati, ovviamente da considerare con prudenza, suggeriscono la presenza di un leggero innalzamento del livello marino al termine della Piccola Età Glaciale, valutabile fino ad oggi in qualche decimetro al massimo. Un tale innalzamento, con ogni probabilità, ha influenzato negativamente l'equilibrio del sistema costiero, favorendo l'erosione della spiaggia.

Variazioni dell'uso del suolo

Spunti interessanti circa le possibili influenze delle variazioni dell'uso del suolo sulla dinamica fluviale e quindi su quella costiera, sono offerti dai dati raccolti da Di Martino (1996) sull'evoluzione della copertura forestale nella Regione Molise, già oggetto di esame in Aucelli & Roszkopf (2000). L'analisi di tali dati, infatti, mette in evidenza una serie di interventi da parte dell'uomo che, a partire dal 1800, hanno massicciamente modificato le originarie coperture boschive. Tra questi interventi, i disboscamenti hanno interessato in modo

diffuso i bacini idrografici maggiori e minori e i versanti collinari costieri. Il taglio della legna spesso avveniva in modo abusivo ed a dispetto della legge forestale del 1826. Le modificazioni indotte dallo sfruttamento dei boschi per pascolo (spesso eccessivo) e dalle stesse attività di disboscamento hanno favorito l'impoverimento e il degrado del suolo e la sua asportazione da parte delle acque di ruscellamento. L'attività di disboscamento è perdurata fino all'inizio del 1900, ed è stata scarsamente bilanciata da misure di rimboscamento, effettive solo a partire dalla prima metà del 1900 in concomitanza degli interventi di bonifica.

Per il periodo 1920-1971, le analisi statistiche effettuate mostrano una riduzione delle aree coltivate, compensata soltanto in parte da un aumento del pascolo, delle coltivazioni arboree e del bosco. L'abbandono delle campagne potrebbe aver contribuito ad una riduzione dell'entità di erosione del suolo con lo stabilirsi di coperture perenne a seguito del processo di naturalizzazione.

Interventi antropici sui sistemi fluviali

Tra le attività umane che maggiormente incidono sui sistemi fluviali, le estrazioni in alveo rappresentano un aspetto di primaria importanza sia per il sistema fluviale del Trigno, interessato da una consistente attività di estrazione soprattutto a partire dagli anni '60 (Aucelli & Roszkopf, 2000), sia per quello del fiume Biferno. Per quest'ultimo, i prelievi in alveo hanno assunto maggiore consistenza a partire dalla seconda metà degli anni '60 in concomitanza della costruzione in contemporaneo della strada che percorre il fondovalle del Biferno (la Fondovalle Bifernina) e della diga di Ponte Liscione (1966-1976). Con l'invaso del bacino artificiale nel 1977, le aree di fondovalle e soprattutto l'alveo hanno subito un progressivo degrado dovuto ad una modificazione consistente del naturale dinamismo del fiume a seguito della riduzione e regimazione delle sue portate liquide (rilascio costante di ca. $1 \text{ m}^3/\text{sec}$) che ha portato ad una "fossilizzazione" delle morfologie d'alveo, ben evidente dal confronto delle più recenti foto-aeree (I.G.M.I. 1977 e 1991) e delle ortofotocarte (1998). Attualmente, gli apporti solidi sabbiosi giungenti ancora alla foce provengono essenzialmente dal bacino del Torrente Cigno. Questo, oltre ad essere il maggiore sottobacino del Fiume Biferno, è l'unico nel settore a valle della diga ad avere una estensione superiore a 50 km^2 (ca. 107 km^2), ed ad essere impostato in prevalenza su litologie sabioso-ghiaiose.

Alle attività di prelievo si affiancano gli interventi di sistemazione dei corsi d'acqua principali, realizzati lungo il corso del Trigno e del Biferno durante l'ultimo trentennio circa. Questi consistono principalmente nella realizzazione di arginature (presenti estesamente sul Trigno dalla confluenza del Torrente Rivo in poi, e sul Biferno nel tratto a valle della diga), e di armature dei tratti fluviali in corrispondenza di attraversamenti fluviali come ponti e viadotti lungo le strade di fondovalle (fondovalle Trigno e Biferno). Le opere di arginatura sono state spesso accompagnate da interventi di rettificazione (come ad esempio il taglio del meandro nella parte terminale del Biferno all'altezza dell'odierno nucleo industriale). Interventi finalizzati a limitare l'erosione verticale come la messa in posto di briglie e traverse fluviali, hanno interessato in modo massiccio soprattutto i bacini

tributari, contribuendo ad un ulteriore intrappolamento di sedimenti.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio ha consentito di ricostruire le recenti variazioni della linea di costa lungo il litorale molisano. In particolare, questo studio ha evidenziato la tendenza, a partire dall'inizio del 1900, all'arretramento della costa che assume entità rilevanti soprattutto nella seconda metà del secolo scorso. Circa le possibili cause di tali variazioni, i dati discussi precedentemente mettono in evidenza il possibile rapporto tra fenomeni di avanzamento e arretramento della linea di costa con modificazioni a breve termine delle condizioni climatiche. A queste, tuttavia, si sovrappongono modificazioni indotte dall'uomo (cambiamenti dell'uso del suolo, prelievo di inerti sui fiumi e sistemazioni idrauliche) che vanno a rinforzare se non a sostituire dal punto di vista dell'incidenza tali influenze climatiche. Emerge inoltre chiaramente, che la conoscenza dei parametri meteo-marini (direzione ed intensità dei venti, frequenza delle mareggiate, direzione del *drift* litoraneo) e delle caratteristiche topografiche dei fondali, è fondamentale per comprendere la tendenza evolutiva più recente ed attuale del sistema costiero, e l'interferenza tra il suo dinamismo e le opere di protezione costiera. L'analisi dei parametri meteo-marini, insieme a quelli meteo-climatici ed idrologici, portata indietro nel tempo per quanto possibile, potrebbe inoltre fornire ulteriori indicazioni utili circa il ruolo del clima nella dinamica costiera.

BIBLIOGRAFIA

- Aminti P. & Pranzini E. (a cura di) (1993) - *La difesa dei litorali in Italia*. Edizioni delle Autonomie, Roma. p. 328.
- Antonoli F. (a cura di) (2000) - *Le fluttuazioni del clima nel corso dell'Olocene: stato dell'arte*. Il Quaternario, **13** (1), 95-128.
- Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Molise (2001) - *Studio specialistico relativo alla erosione marina sulla intera costa della Regione Molise*. Campobasso.
- Aucelli P.P.C. (1999) - *Analisi morfodinamica del bacino del fiume Trigno: distribuzione, entità e cause dei fenomeni di alveo e di versante*. Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali: uomo e ambiente. XII Ciclo. Università degli Studi del Molise, 306 pp.
- Aucelli P.P.C. & Roszkopf C. (2000) - *Last century valley floor modifications of the Trigno River (Southern Italy): a preliminary report*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **23**, 105-115.
- Aucelli P.P.C., Iannantuono E. & Roszkopf C.M. (2004) - *Evolutionary trends and present morphodynamics along the Molise coast and their relationship to shore protection structures (Southern Italy)*. Atti del Convegno: 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, giugno 2003 (in stampa).
- Di Martino P. (1996) - *Storia del paesaggio forestale del Molise (sec. XIX-XX)*. Lampo, Campobasso, 171 pp.

- Giorgi G., Girardi A., Marabini F & Zunica M. (1984) – *Evoluzione delle coste abruzzesi-molisane ed analisi di alcuni paraggi significativi*. Mem. Soc. Geol. It., **27**, 569-577.
- Marabini F. (2000) – *Effetti sull'erosione costiera dei fenomeni climatici recenti: l'esempio del litorale Nord Adriatico*. In: Mare e cambiamenti globali. Aspetti scientifici e gestione del territorio (a cura di Sergio Silenzi). Convegno ICRAM, 25/26 febbraio 1999, Roma, 119-134.
- Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Idrografico (1997) - *Precipitazioni annue per il quarantennio 1951-1990: Bacini con foce al litorale adriatico dal Salinello al Fortore*. Pubbl. n. 29 del Servizio, fasc.1°, 72.
- Parea G.C. (1978) - *Trasporto dei sedimenti ed erosione costiera lungo il litorale fra il Tronto ed il Fortore (Adriatico centrale)*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 361-367.
- Pranzini E. (1989) – *A model for cusped river delta erosion*. 6th Symposium on Coastal and Ocean Management/ASCE. Charleston, SC. Coastal zone '89, 4345-4357.
- Pranzini E. (1994) – *Bilancio sedimentario ed evoluzione storica delle spiagge*. Il Quaternario, **7** (1), 197-204.
- Rizzi-Zannoni G.A. (1808) – *Atlante geografico del Regno di Napoli*.
- Röthlisberger F. (1986) – *10.000 Jahre Gletschergeschichte der Erde*. Verlag Sauerländer, 395 pp.
- Vittorini S. (1991) – *La diminuzione del trasporto torbido nei fiumi italiani tra il periodo prebellico e quello attuale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **14**, 252-258.
- Zunica M. & Girardi A. (1984) - *Atlante delle spiagge italiane*. CNR, SELCA, Firenze.

Lavoro realizzato con il contributo dei fondi di Ateneo 2000 (quota di co-finanziamento COFIN 2002, Responsabile Nazionale Giuliano Rodolfi, Responsabile Scientifico dell'Unita di Ricerca Carmen Maria Roskopf).

Ms. ricevuto il 20 dicembre 2003
Testo definitivo ricevuto il 7 febbraio 2004

Ms. received: December 20, 2003
Final text received: February 7, 2004

