

GIUSEPPE CAPUTO & MAURO AGATE

MORFOLOGIE E DEPOSITI PLEISTOCENICI
LUNGO LE FALESIE CARBONATICHE DI MONTE CATALFANO
(SICILIA SETTENTRIONALE)

RIASSUNTO

Studi morfotettonici integrati con dettagliate analisi stratigrafiche dei depositi recenti sono diventati strumenti indispensabili per ricostruire l'evoluzione morfosedimentaria della fascia costiera. Questo approccio appare sempre più opportuno per la definizione dei rischi geologici che possono incomberne su quelle particolari unità fisiografiche rappresentate dai promontori rocciosi e per comprenderne l'evoluzione.

Dati geomorfologici e stratigrafici della fascia costiera emersa e sommersa che borda il promontorio di Monte Catalfano (Sicilia settentrionale) hanno messo in evidenza numerose testimonianze di recenti movimenti tettonici e di oscillazioni eustatiche tardo-quadernarie. La fascia costiera risulta caratterizzata da una prevalenza di coste alte e rocciose, con falesie attive alte fino a 30-40 m, bordate da piattaforme costiere molto strette, localmente colonizzate da biocostruzioni a vermetidi. Lungo le pareti rocciose sono riconoscibili a varie quote solchi del battente e fori di litodomi, testimonianze di recenti migrazioni della linea di riva, mentre alla loro base sono diffusi accumuli di blocchi derivanti da fenomeni di crollo. Numerose grotte, oggi in parte modificate in strette insenature, si distribuiscono lungo le falesie secondo direzioni determinate dal controllo tettonico quadernario e costituiscono uno dei principali agenti modellanti della costa rocciosa.

I sedimenti presenti nei fondali antistanti la fascia costiera sono risultati prevalentemente litoclastici ed aventi natura dei grani simile a quella delle rocce affioranti sulla terraferma, oltre ad una componente bioclastica minoritaria che solo localmente raggiunge percentuali rilevanti. Essi si distribuiscono secondo l'influenza di una corrente litorale diretta verso Est ed evidenziano come la costa ed il promontorio siano soggetti ad un'intensa erosione.

SUMMARY

Late Quaternary deposits and geomorphological features along the cliffed coast of the Monte Catalfano rocky promontory (Northern Sicily). Morphotectonic investigation integrated with detailed stratigraphic analysis of recent deposits have become indispensable tools to reconstruct the mor-

phosedimentary evolution of the coastal belt. This approach seems to be more appropriate to understand the geological evolution and to determine the geological hazard hanging over that particular physiographic units represented by rocky headlands.

Along the Monte Catalfano promontory coastal belt (northern Sicily), a number of recent tectonic movements and sea level changes have been documented by geomorphological and stratigraphic data collected and described in this paper. The investigated coastal belt is mainly characterized by rocky outcrops with 30-40 m high cliffs where marine notches have been recognized at various altitudes. The cliffs are edged by a very narrow coastal platform that at places is colonized by *Vermetid* gastropods; accumulations of collapsed blocks are common at the base of the cliff. Along the cliffs many caves are also common that are controlled by Quaternary tectonic features; eventually they have been transformed in elongated coves that represent one of the most distinctive feature of the present day coast.

Along the submerged coastal belt the marine sediments are mainly composed by lithoclastic fragments from the rocky outcrops along the cliff and by a minor bioclastic component that only at places is abundant. Sediment distribution is controlled by an eastwards alongshore current and reveals pronounced erosion has affected the rocky coast around the Monte Catalfano promontory.

INTRODUZIONE

Le falesie rocciose costituiscono spesso paesaggi naturali affascinanti e suggestivi. Per questo motivo, negli ultimi decenni esse sono state spesso oggetto di una massiccia urbanizzazione residenziale, attuata in forme e modi ai limiti della legalità; inoltre nella stagione estiva sono fruite dalla popolazione. Questi settori costieri alti e rocciosi, sono soggetti ai processi dell'erosione marina ed ai fenomeni gravitativi di versante e ciò rende necessario e talvolta urgente la definizione del rischio geologico. Al fine di prevenire tali rischi, è necessario definire dettagliatamente l'assetto geologico del territorio con particolare riguardo per lo stato di fratturazione e, più in generale, il tipo di deformazione tettonica subita dai corpi rocciosi, e definire il tipo ed intensità dei processi erosivi in atto lungo le falesie.

Il quadro conoscitivo ottenuto mediante i rilievi morfologici, stratigrafici e strutturali, sarà maggiormente utile ed affidabile se integrato da dati acquisiti nei fondali antistanti la fascia costiera emersa.

Al fine di ampliare le conoscenze sui fenomeni erosivi e deposizionali avvenuti nel tardo-Quaternario lungo le coste siciliane, si è scelto di focalizzare l'attenzione su un tratto di litorale ricadente nei territori comunali di Bagheria e Santa Flavia (entrambi in provincia di Palermo) dove sono presenti numerose testimonianze delle oscillazioni eustatiche del livello marino e di recenti movimenti tettonici.

In particolare, l'area indagata corrisponde al promontorio di Monte Catalfano che separa, lungo la costa settentrionale della Sicilia, il Golfo di Palermo ad Ovest, dal Golfo di Termini Imerese ad Est.

Il territorio intorno al Promontorio di Monte Catalfano è caratterizzato da una estesa piana debolmente inclinata verso Nord dove affiorano diffusamente i depositi quaternari.

Nell'area in questione, sono oggi presenti numerosi lineamenti erosivi e deposizionali che le ripetute oscillazioni del livello del mare hanno lasciato a partire dalla fine del Calabriano (ANTONIOLI *et al.*, 1994; D'ANGELO *et al.*, 2006) quando il Promontorio di Monte Catalfano doveva presentarsi come un'isola. Nello specifico, la costa rocciosa presente nel settore Nord è stata intensamente modellata dall'azione del mare e degli agenti esogeni e presenta alcune morfologie utili alla ricostruzione dei cambiamenti occorsi durante la più recente storia geologica dell'area. Le zone costiere sub-pianeggianti si trovano alcuni metri al di sopra dell'attuale livello del mare e sono disseminate di cave dismesse di calcarenite (le "Pirrière").

Per ottenere ulteriori elementi utili al fine di comprendere l'evoluzione morfosedimentaria, è stata indagata anche una porzione di fondale antistante la costa mediante immersioni subacquee ed è stata eseguita una raccolta di dati mirata ad una caratterizzazione geologica e sedimentologica dello stesso. Il fondale indagato appartiene alla porzione più interna di piattaforma continentale antistante la costa compresa tra il settore Sud-Orientale del Golfo di Palermo ed il margine Sud-Occidentale del Golfo di Termini Imerese.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nell'area indagata affiorano depositi calcareo-dolomitici, radiolaritico-marnosi e carbonatico-clastici di età compresa tra il Trias superiore e l'Eocene inferiore del Dominio Imerese, e da depositi, sia marini che continentali, di età compresa tra il Calabriano e l'Olocene (Fig. 1).

Il settore di Monte Catalfano fa parte del Foreland-Thrust belt Siciliano-Magrebide e ricade nell'Unità stratigrafico-strutturale Sagana-Belmonte Mezzagno (CATALANO & MONTANARI, 1979).

In discordanza sui terreni meso-cenozoici giacciono i depositi quaternari (Fig. 2). Essi sono costituiti da due principali litofacies: quella pelitico-argillosa datata mediante l'utilizzo dei nannofossili calcarei alla Biozona MNN19e (DI STEFANO & RIO, 1981) e quella sabbioso-calcarenitica, riccamente fossilifera. Entrambe queste litofacies sono state attribuite da diversi Autori (tra cui ricordiamo RUGGIERI & SPROVIERI, 1975) al Calabriano (Siciliano). Recentemente DI MAGGIO *et al.* (2009) hanno attribuito questi depositi al Sintema di Marsala.

Problematica si è rivelata l'attribuzione di alcuni grossolani depositi affioranti a varie quote e con ridotta continuità laterale lungo la costa di Aspra

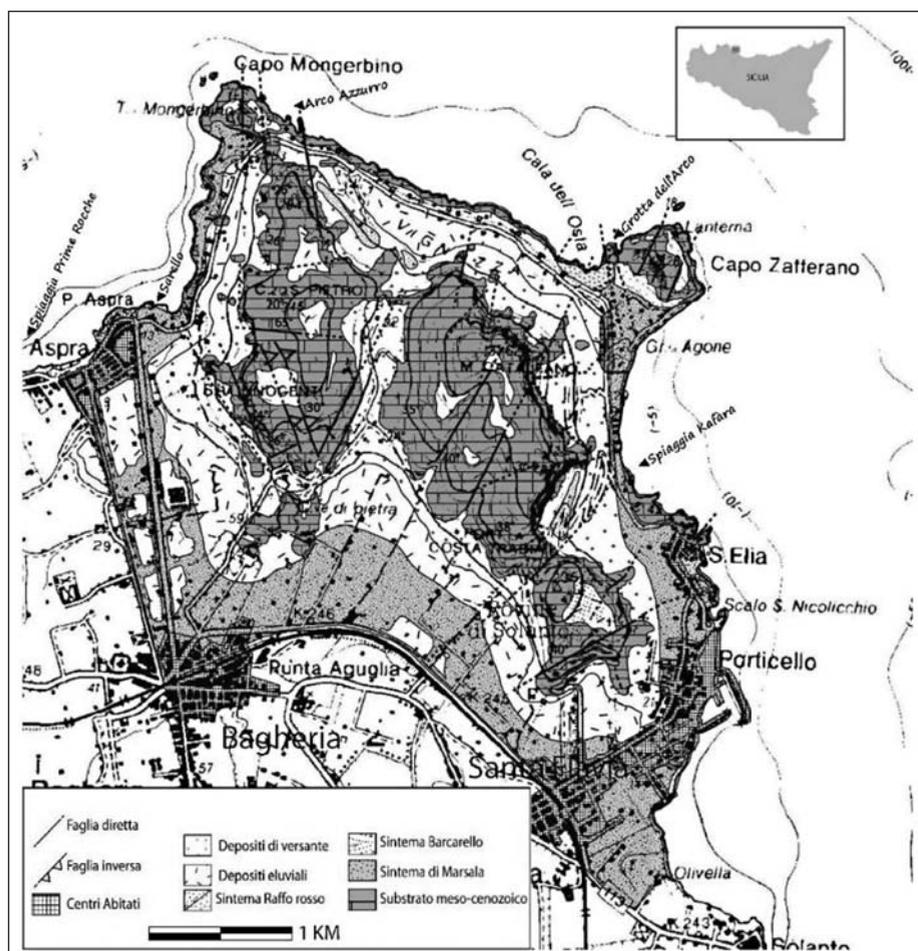


Fig. 1 — Carta geologica schematica dell'area di Monte Catalano.

e di Particello (Fig. 3) e risultati privi di macrofaune caratteristiche, ma la cui presenza potrebbe essere in accordo con studi precedenti, nei quali si afferma che tra la fine del Calabriano ed il Tirreniano, esiste la possibilità che ripetute oscillazioni del livello relativo del mare abbiano lasciato tracce erosive e deposizionali (CITA *et al.*, 2006 e AGNESI *et al.*, 2000).

Tali problematiche sono state affrontate ipotizzando delle datazioni sulla base della quota degli affioramenti e delle evidenti discordanze, localmente osservabili. Tra questi depositi segnaliamo delle calcareniti rossastre che potrebbero essere riferibili al Pleistocene medio e che sono separate da un'evidente discordanza dai depositi calcarenitici sottostanti (Fig. 3a); tale discor-

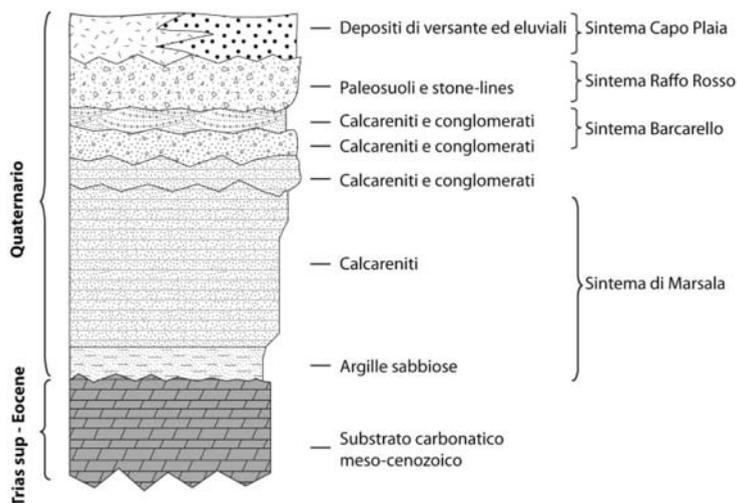


Fig. 2 — Colonna stratigrafica rappresentativa della successione affiorante nell'area.

danza potrebbe essere correlabile con quella che alcuni Autori (RUGGIERI & SPROVIERI, 1975) segnalano al tetto del Calabriano in diverse aree della Sicilia Nord-Occidentale. Una simile ipotesi di datazione è stata fatta per dei depositi bianco-giallastri rinvenuti a varie quote (8 ÷ 100 m s.l.m.) all'interno di fratture e costituiti da conglomerati e calcareniti.

In prossimità della linea di riva sono presenti calcareniti giallo-rossastre fossilifere (Fig. 3) a luoghi terrazzate, che si trovano a quote (0 ÷ 7 m s.l.m.) compatibili con fasi trasgressive tirreniane (stadio isotopico 5e $\Delta^{18}\text{O}$) e che sono discordanti sulle unità sottostanti.

In altre località, in particolare a Cala dell'Osta e nella Baia Sarello, sono presenti dei depositi continentali (Fig. 3) costituiti da alternanze di livelli clasto-sostenuti a blocchi carbonatici decimetrici e paleosuoli di colore bruno-rossiccio contenenti gasteropodi polmonati. Questi depositi poggiano in discordanza sulle unità sottostanti e sono stati attribuiti al Pleistocene superiore. Infine sono presenti a varie quote depositi continentali eluviali e di versante riferibili all'Olocene (Fig. 3).

VARIAZIONI RELATIVE DEL LIVELLO DEL MARE

I dati presi in considerazione (Fig. 4), disponibili sul sito dell'INGV (<http://portale.ingv.it/>), che sono relativi alle oscillazioni globali del livello relativo del mare (**oscillazioni eustatiche**) ricavati mediante analisi degli iso-

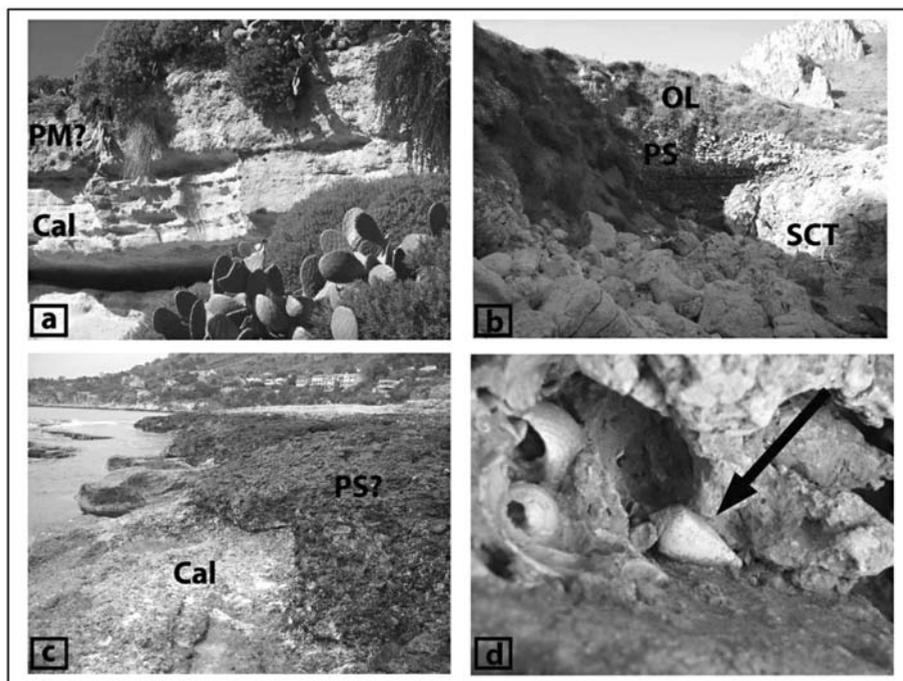


Fig. 3 — a) Discordanza che separa le calcareniti del Calabriano (Cal) da quelle che si ipotizza possano essere del Pleistocene medio (PM). b) alternanza di paleosuoli e stone lines del Pleistocene superiore (PS) discordanti sulla F.ne Scillato (SCT) e ricoperti da depositi eluviali olocenici (OL) presenti a Cala dell'Osta. c) Depositi conglomeratici probabilmente depositatisi durante fasi trasgressive avvenute durante il Pleistocene superiore (PS) discordanti sulle calcareniti del Calabriano (Cal) in località Sarello. d) Un esemplare di *Conus testudinarius*, un ospite caldo del Pleistocene superiore (indicato dalla freccia) rinvenuto all'interno dei depositi rossastri in località Cala dell'Osta.

topi dell'ossigeno ($\Delta^{18}\text{O}$ e $\Delta^{16}\text{O}$), segnalano delle continue oscillazioni al di sopra e al di sotto dell'attuale livello del mare negli ultimi 900.000 anni; queste oscillazioni sono compatibili con le variazioni climatiche, responsabili delle glaciazioni, che sono avvenute durante il Pleistocene medio-superiore (Pleistocene glaciale).

Premettendo che le ricostruzioni proposte da diversi Autori spesso non coincidono, a partire dell'intervallo **Interglaciale Riss-Wurm**, il livello del mare è stato, almeno in due occasioni, poco più alto dell'attuale (**Eutirreniano** e **Neotirreniano**). Queste oscillazioni hanno determinato segni erosivi e deposizionali che oggi sono ben visibili lungo la costa.

Viceversa si nota come il massimo abbassamento del livello marino si sia registrato in concomitanza con la fase di massima intensità della glaciazione

wurmiana, cioè intorno ai 25.000-18.000 anni; da quel momento in poi si è determinata una continua e graduale risalita del livello marino (**Trasgressione Versiliana**) fino all'attuale livello (Fig. 4).

Anche in recenti pubblicazioni, sono segnalate numerose oscillazioni relative del livello del mare a partire dalla base del Pleistocene medio che, unitamente al generale trend di sollevamento tettonico, hanno condizionato l'evoluzione delle aree costiere della Sicilia (AGNESI *et al.*, 2000).

Dall'analisi dei dati relativi alla variazione del livello marino, registrati dalla **Rete Mareografica Nazionale** (R.M.N.) per l'intervallo 01/01/2000 – 31/12/2009, attualmente risulta una risalita di pochi millimetri l'anno; in alcune zone questo valore è pressoché reso nullo dai movimenti tettonici (ANTONIOLI *et al.*, 2006).

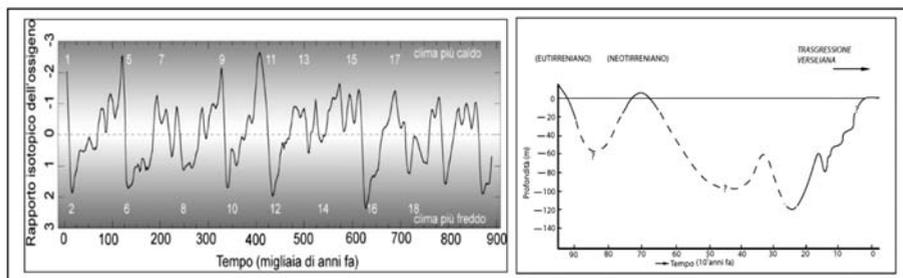


Fig. 4 — Nella figura sono riportati: a sinistra, il grafico indicante le variazioni del rapporto isotopico dell'ossigeno negli ultimi 900.000 anni; a destra una ricostruzione delle variazioni del livello marino negli ultimi 100.000 anni (Bonifay, 1979).

METODOLOGIE D'INDAGINE

Sono state utilizzate le metodologie d'indagine proprie del rilevamento geologico tradizionale, integrate da analisi tessiturali condotte su campioni di sedimento sciolto raccolti nelle aree marine (Fig. 5); le analisi granulometriche sono state condotte, utilizzando una batteria di setacci a secco con diametro delle maglie decrescente di $\frac{1}{2} \Phi$, compreso tra 22400 μm e 63 μm . Lo studio delle morfologie della costa e della porzione di fondale anti-stante è stato condotto mediante escursioni in barca ed immersioni subacquee. Si è infine provveduto ad acquisire ed analizzare i dati meteo-marini forniti dalla **Rete Mareografica Nazionale** (R.M.N.) e dalla **Rete Ondametrica Nazionale** (R.O.N.) (www.ispra.idromare.it) registrati da una stazione di rilevamento situata in prossimità del porto di Palermo e da una boa a largo di Capo Gallo (PA).

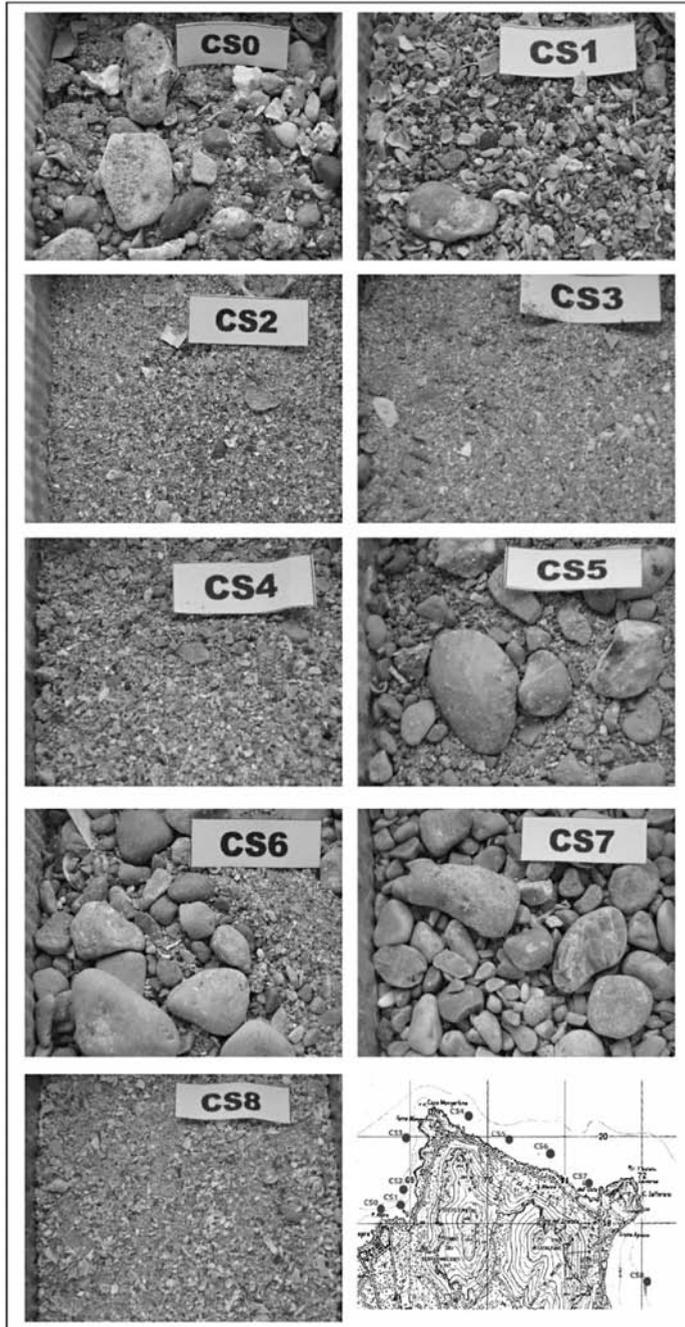


Fig. 5 — Nella figura sono mostrati i campioni di sedimento prelevati (sigle CS0 - CS8) e la loro ubicazione (in basso a destra).

ANALISI DEI DATI METEO-MARINI

La conoscenza dei dati meteomarini (Fig. 6) ha permesso di comprendere le caratteristiche generali degli agenti che incidono sulla costa. Per quanto riguarda la direzione di provenienza ed intensità del vento, sono stati presi in considerazione i dati registrati dalla stazione di rilevamento situata in prossimità del porto di Palermo durante il periodo compreso tra il 01/01/1998 ed il 31/1/2010. Dalla loro analisi è risultata una provenienza dominante da SO, più precisamente compresa tra 240° e 255°, ma la maggior parte dei fenomeni intensi sono riconducibili a direzioni di provenienza differenti quali NO e NE quando, in concomitanza con le mareggiate soprattutto invernali, si hanno le manifestazioni meteomarine più violente, limitate nel tempo ma molto significative dal punto di vista dell'erosione costiera.

Per quanto riguarda, invece, il moto ondoso sono stati presi in conside-

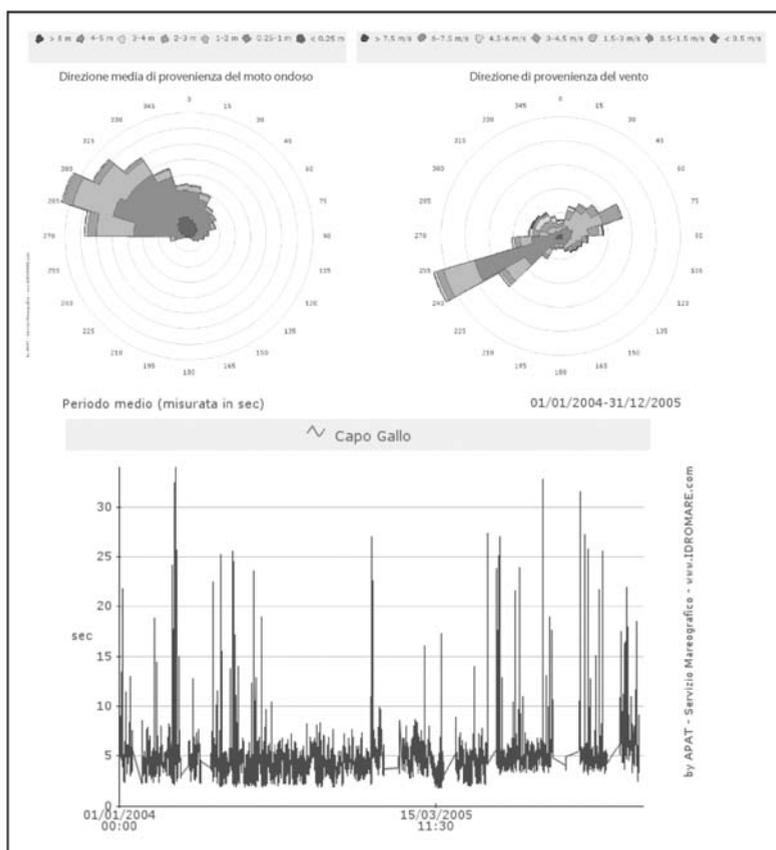


Fig. 6 — Dati meteomarini presi in considerazione per questo lavoro.

razione i dati relativi alla direzione di provenienza ed alla sua intensità registrati dalla stazione di rilevamento posta in prossimità del Porto di Palermo e relativi al periodo compreso tra il 01/01/2004 ed il 31/03/2008 che indicano una sostanziale concentrazione di eventi significativi provenienti da N-NO.

Il tratto di costa ricadente nell'area in esame, attualmente, è soggetto all'azione del vento e del moto ondoso provenienti essenzialmente da N, NO e NE, ma vi sono tratti di costa più riparati ed altri più esposti con differenti implicazioni geomorfologiche oltre che sedimentologiche e geologiche: ad esempio, nei tratti costieri più esposti agli agenti meteo-marini, non vi è traccia di depositi quaternari, marini o continentali.

Infine, sono stati analizzati i dati ondamentrici registrati da una boa ubicata al largo di Capo Gallo e relativi al *periodo medio del moto ondoso* al fine di ricostruire i valori di *lunghezza d'onda* (λ) durante le mareggiate più intense, mediante la relazione ricavata dalla teoria di Airy (1845):

$$\lambda = 1.56 T^2$$

Questi dati hanno permesso di ricavare i valori medi di $\lambda/2$ (profondità fino alla quale il moto ondoso agisce sull'interfaccia deposizionale) che indicano che il moto ondoso influisce sulla dinamica sedimentaria fino a profondità di 10-15 m.

GEOMORFOLOGIA COSTIERA

Le morfologie costiere oggi osservabili intorno al Promontorio di Monte Catalfano sono frutto dell'interazione tra la tettonica, gli agenti esogeni e le rocce sulle quali tutti questi fattori hanno agito ed agiscono tuttora. Ugualmente importante è l'orientazione della costa che comporta, a parità di intensità dell'agente esogeno, effetti differenti.

Poiché nell'area in esame, come detto precedentemente, è presente una notevole varietà di condizioni, si è proceduto ad una descrizione per settori.

Zona di Aspra

La *zona di Aspra* si estende dalla *Spiaggia Prime Rocche* fino alla *Baia Sarello*. In questo tratto, lungo 1,6 Km, sono presenti una spiaggia ghiaioso-ciottolosa principale ed un tratto caratterizzato dalla presenza di piccole spiagge ghiaioso-sabbiose, separate da piattaforme d'abrasione marina ed altri elementi morfologici ed antropici.

La *zona Prime Rocche* presenta una costa debolmente inclinata verso

mare bordata da una spiaggia il cui settore emerso ha un'ampiezza, variabile nei diversi mesi dell'anno, che oscilla intorno ai 40 m. La spiaggia sommersa occupa la porzione di fondale antistante fino ad una profondità circa 10 m compatibile con il valore del livello di base delle onde ricavato dai dati ondometrici analizzati.

Nella zona antistante l'abitato di Aspra, sono presenti una serie di spiagge ghiaioso-sabbiose di estensione limitata ed ubicate all'interno di piccole baie intervallate da scogliere calcarenitiche interessate dalla presenza di piattaforme d'abrasione marina (Fig. 7) ampie fino a 10-12 m, al cui sviluppo hanno contribuito l'orientazione della costa e la presenza di fondali bassi e parzialmente ricoperti da sedimento; quest'ultimo, trovandosi in sospensione durante le mareggiate, svolge un'azione abrasiva sulle rocce.

Numerosi agenti concorrono all'alterazione fisico-chimica dando luogo a forme caratteristiche; le più evidenti sono alcune cavità (*marmitte dei giganti*), presenti sulle piattaforme costiere e sulla fascia sopra-tidale. Non vanno infine trascurati i fattori legati all'azione dei numerosi organismi incrostanti i vermetidi che localmente possono formare biocostruzioni (*reef a vermetidi*) (ANTONIOLI *et al.*, 1999).

Il fondale antistante l'abitato di Aspra è articolato con terrazzi di abrasione, separati da rotture di pendenza parallele alla costa di circa 1-2 m di altezza, che degradano debolmente verso il largo e che sono costituiti da calcareniti grossolane giallo-brune probabilmente di età Pleistocene superiore (Fig. 7) spesso interessate da fratture orientate in direzione NO-SE, lunghe anche centinaia di metri. In ampi settori di fondale è presente la *Posidonia oceanica* che attecchisce sul substrato affiorante ma non forma praterie fitte a causa dell'elevata torbidità delle acque (Fig. 7).

Due campioni di sedimento, ritenuti rappresentativi (CS0 e CS1), sono stati sottoposti ad analisi granulometrica, risultando mal classati ed appartenenti alla classe dei granuli (Fig. 5). Nella parte più orientale di questa zona, è presente una paleo-falesia, alta 15 m s.l.m. costituita da un'alternanza di livelli clastici granosostenuti e di paleosuoli, attribuiti al Pleistocene superiore (Fig. 7).

L'origine di questa successione è imputabile a fenomeni di crollo alternati a processi di pedogenesi occorsi durante la fase regressiva connessa alla glaciazione wurmiana.

Durante le immersioni subacquee non sono state individuate strutture sedimentarie né disposizioni preferenziali del sedimento, eccetto alcuni *ripples simmetrici* poco marcati presenti nelle porzioni di spiaggia sommersa; tutte queste caratteristiche lasciano pensare che l'interfaccia deposizionale sia continuamente interessata dal moto ondoso durante le mareggiate che interessano l'area, rimescolando continuamente il sedimento.

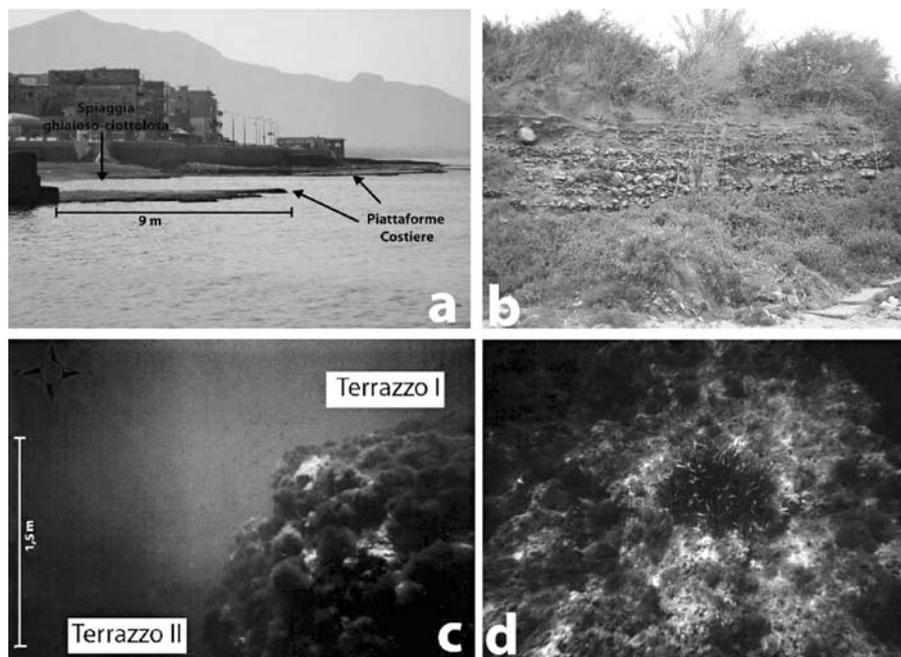


Fig. 7 — Elementi caratterizzanti la costa calcarenitica ed il fondale antistante l'abitato di Aspra: a) piattaforme costiere; b) paleo-falesia presente nella zona del Sarello; c) l'orlo di un terrazzo sommerso su calcareniti nel fondale antistante la Baia Sarello, alla profondità di 5 m; d) cespugli di *Posidonia oceanica* presenti sulle calcareniti sommerse alla profondità di 6 m.

L'osservazione dell'unico campione prelevato dalla porzione di spiaggia sommersa, ha permesso di stabilire la presenza di ciottoli e granuli calcareo dolomitici e calcarenitici, di una frazione sabbiosa prevalentemente quarzosa e di una componente bioclastica molto abbondante, costituita da frammenti di gusci di molluschi, spicole di spugne e aculei di echinoidi.

Versante occidentale del promontorio di Monte Catalfano

La seconda zona individuata si estende dalla Baia Sarello fino a Capo Mongerbino, quest'ultimo è un piccolo promontorio, alto 50 m s.l.m.. Questo tratto costiero, lungo circa 1,4 km ed orientato grossomodo in direzione N-S, si presenta molto frastagliato e caratterizzato dalla presenza di rocce calcareo dolomitiche appartenenti alla Formazione Fanusi, immergenti a SE; a luoghi affiorano anche calcareniti pleistoceniche con giacitura sub orizzontale.

Nella zona prossima a Capo Mongerbino, sono presenti due baie, una delle quali accoglie una piccola spiaggia. Sulle rocce presenti alle quote più

basse, sono evidenti i segni lasciati dall'azione del moto ondoso e da agenti biologici, chimico-fisici, legati ai fenomeni meteo-marini in atto ed anche alle recenti oscillazioni del livello marino. La costa presenta falesie sub-verticali aventi altezze comprese tra 10 e 20 m s.l.m.; al di sopra sono presenti i depositi di versante ed eluvio-colluviali pleistocenici che localmente costituiscono la porzione superiore delle suddette falesie; in queste baie, come in tutto il suddetto tratto costiero, la presenza di fenomeni di crollo attivi è testimoniata dai blocchi al piede delle falesie e nelle porzioni di fondale antistanti ad esse (Fig. 8) che da un lato costituiscono un elemento indicativo del livello di rischio, dall'altro determinano un'attenuazione dell'erosione al piede della falesia. Fenomeni di crollo sono avvenuti anche durante il Calabriano, tanto che sono visibili delle evidenti intercalazioni di depositi a blocchi carbonatici nelle calcareniti calabriane; la costa è inoltre disseminata da una serie di *funghi di roccia*.

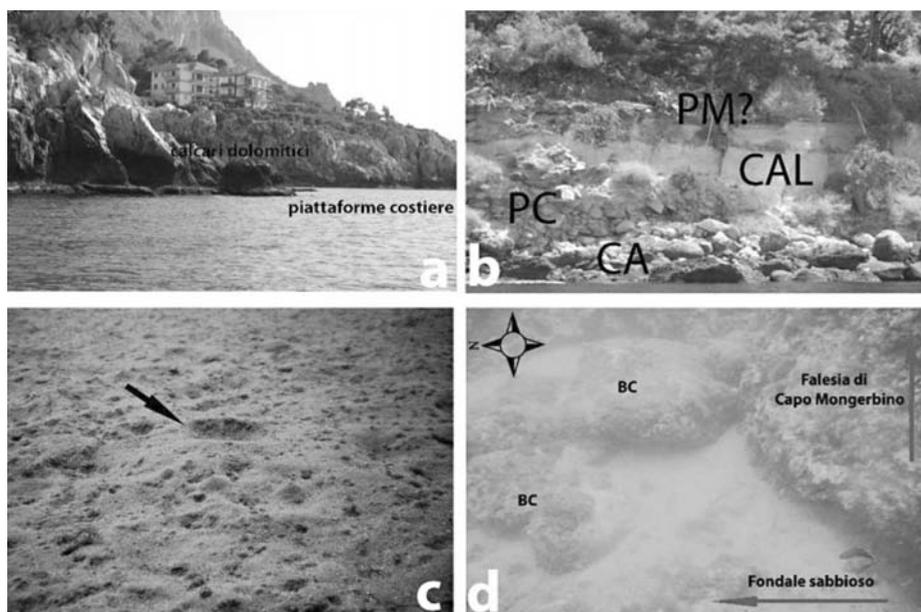


Fig. 8 — Immagine rappresentativa della zona antistante il versante occidentale del Monte Catalfo: a) sono visibili le limitate piattaforme costiere modellate su calcari dolomitici; b) depositi di crollo attuali antistanti le falesie calcarenitiche (CA), le intercalazioni di blocchi nelle calcareniti giallastre calabriane (PC), le calcareniti del Calabriano (Cal), le calcareniti scure per le quali si ipotizza un'età riferibile al Pleistocene medio (PM?); c) la freccia indica una delle piccole cavità sul fondo sabbioso formatesi in seguito alla fuoriuscita di gas derivanti dalla decomposizione della sostanza organica presente nel sedimento (profondità 22 m); d) blocchi carbonatici (BC) presenti al piede della falesia sommersa di Capo Mongerbino.

In prossimità della linea di riva sono presenti delle piattaforme costiere aventi mediamente un'ampiezza inferiore ad 1 m (Fig. 8).

Sulle pareti rocciose di Capo Mongerbino sono presenti numerosi fori di litodomi fino all'altezza di 10 m; poco staccati dal capo sono presenti due isolotti con quote entro i 10 m s.l.m. separati dalla terraferma da uno stretto braccio di mare poco profondo. Il fondale antistante questo tratto costiero è stato indagato fino alla profondità di -22 m ed è completamente ricoperto da sedimento sabbioso eccetto in prossimità della costa dove sono presenti grossi blocchi carbonatici ai piedi delle falesie sommerse (Fig.8). Nel tratto più a Sud, il fondale degrada debolmente verso Ovest raggiungendo la profondità di -10 m solo ad alcune centinaia di metri dalla costa; il sedimento presente è costituito da sabbia di taglia media moderatamente ben classata.

L'analisi dei due campioni prelevati in questo settore (CS2 e CS3; Fig. 5) ha permesso di determinare la prevalenza della frazione arenitica, che è risultata essere moderatamente ben classata ed avente una natura prevalentemente quarzosa, e la presenza di una frazione pelitica costituita essenzialmente da spicole di spugne.

La componente bioclastica, costituita prevalentemente da frammenti di gusci di molluschi e da aculei di echinoidi, rappresenta una parte consistente del sedimento presente. Solo durante l'autunno sono stati osservati ripples simmetrici da onda, orientati parallelamente alla costa, fino a profondità compatibili con i valori di $\lambda/2$ intorno a - 10 m.

In alcune aree è stata osservata la presenza sul fondo di piccole cavità formatesi in seguito alla fuoriuscita di gas proveniente dalla sostanza organica presente nel sedimento (Fig. 8).

Zona costiera settentrionale

La Zona costiera settentrionale si estende dal versante orientale di Capo Mongerbino fino a quello occidentale di Capo Zafferano e si sviluppa in direzione ONO-ESE; questo tratto è lungo circa 2,7 Km e presenta quote intorno ai 10-20 m s.l.m., tranne che per i due promontori che hanno quote superiori, fino ad oltre 200 m s.l.m. a Capo Zafferano.

In prossimità di quest'ultimo è presente un isolotto, *lo Scarpone*, separato dalla terraferma da uno stretto braccio di mare profondo al massimo 15 m. La costa è formata interamente da calcari dolomitici triassico-liassici interessati da sistemi di fratture e faglie orientati in direzione NO-SE e NE-SO.

Le morfologie presenti sono state determinate da fenomeni legati alle oscillazioni del livello marino ed alla tettonica: i primi hanno lasciato segni molto evidenti come alcuni solchi di battente posti a circa 2 m, 7-8 m e 22-25 m s.l.m., oltre a fori di litodomi e depositi litorali a varie quote; i secondi

hanno determinato una serie di discontinuità strutturali che, unite a fenomeni di dissoluzione carsica ed all'azione del moto ondoso, hanno portato alla formazione di numerose grotte che si trovano sparse a quote comprese tra 0 e 200 m s.l.m.; in alcuni casi le volte sono crollate, in altri invece, sono presenti dei residui sotto forma di archi: è il caso dell'*Arco azzurro* (Fig. 9) e della *Grotta dell'arco*.

A causa dell'erosione, non sono presenti depositi marini pleistocenici a quote prossime al livello del mare, se non all'interno di anfratti o come riempimento di fratture; spesso sono invece presenti tracce di depositi di grotta e speleotemi che testimoniano come il carsismo abbia avuto un ruolo importante nell'evoluzione di questo tratto costiero.

Nella parte bassa di Grotta dell'Arco alla quota di 2 ÷ 4 m s.l.m., sono presenti dei depositi marini che ANTONIOLI *et al.* (1994) datano al Tirreniano, e depositi di crollo (attuali e della proto-grotta), mentre nella parte alta, oltre alla presenza di solchi di battente e fori di litodomi, sono presenti depositi rossicci contenenti resti di pasto umani risalenti al Mesolitico dove sono stati

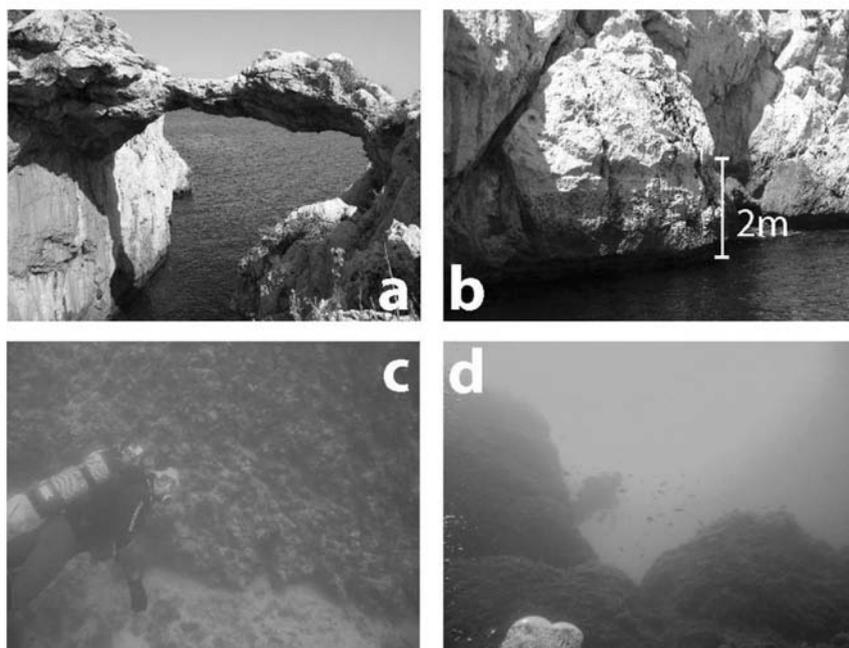


Fig.9 — Elementi caratterizzanti la fascia costiera settentrionale: panoramica sull'Arco Azzurro (a); un solco di battente a 2 m s.l.m. (b); il piede della falesia in prossimità di Capo Zafferano a circa 10 m di profondità (c); blocchi carbonatici di dimensioni decametriche sul fondale antistante la zona "Vignazza" (d).

rinvenuti gusci di molluschi (*Trochus*, *Patella ferruginea*) ed alcuni manufatti in selce.

A Capo Zafferano è presente una falesia verticale alta oltre 200 m s.l.m. (*Parete dei gabbiani*) al cui piede sono presenti solchi di battente e piattaforme costiere di ampiezza decimetrica localmente interessate dalla presenza di vermetidi.

A Cala dell'Osta, si trovano alcune insenature dove sono visibili depositi continentali molto simili a quelli individuati in località Sarello ed attribuiti al Pleistocene superiore.

Il fondale inizia con una rottura di pendenza molto netta che porta ad una profondità di 10 m a ridosso della linea di riva: al piede delle falesie sommerse sono presenti dei blocchi; quando presenti, come nel fondale antistante la zona di *Vignazza*, ve ne sono alcuni di dimensioni decametriche (Fig. 9d).

Il sedimento ricopre completamente il substrato che affiora solamente in prossimità della costa, gli unici elementi che spezzano la monotonia del fondale sono alcuni ripples simmetrici da onda paralleli alla costa ed alcune chiazze di vegetazione marina.

I campioni di sedimento prelevati in quest'area (indicati con le sigle CS4, CS5, CS6 e CS7) (Fig. 5), presentano un diametro medio che permette di classificarli come sabbia grossolana o come ciottoli ed una classazione da cattiva a molto cattiva.

La taglia dei campioni aumenta gradualmente da Ovest verso Est e le frazioni arenitica e pelitica tendono a diminuire in percentuale sempre nella stessa direzione, tanto che per il campione CS7, prelevato in prossimità di Cala dell'Osta, la frazione più fine è risultata quasi completamente assente. Le frazioni grossolane sono costituite da clasti calcareo-dolomitici mentre quelle arenitica e pelitica, ove presenti, sono costituite da sabbie quarzose e bioclasti.

Versante orientale del promontorio di Monte Catalfano

Il tratto costiero del versante orientale del Promontorio di Monte Catalfano è orientato grossomodo in direzione N-S, è lungo circa 2,5 km ed è costituito da un piccolo golfo compreso tra Capo Zafferano e l'abitato di Sant'Elia.

La costa si presenta a luoghi con delle falesie modellate dall'azione del mare, sia su calcari dolomitici che su calcareniti pleistoceniche (Fig. 10); nella parte centrale è invece presente una spiaggia ghiaioso-ciottolosa, la spiaggia *Kafàra*, delimitata verso terra da piccole falesie inattive, alte pochi metri ed impostate su depositi pleistocenici in massima parte continentali. Sul substrato mesozoico sono evidenti sistemi di fratture e faglie orientate in direzione NO-SE ed al loro piede non sono quasi mai presenti piattaforme costiere ma solamente dei solchi di battente; ai piedi delle falesie impostate sulle cal-

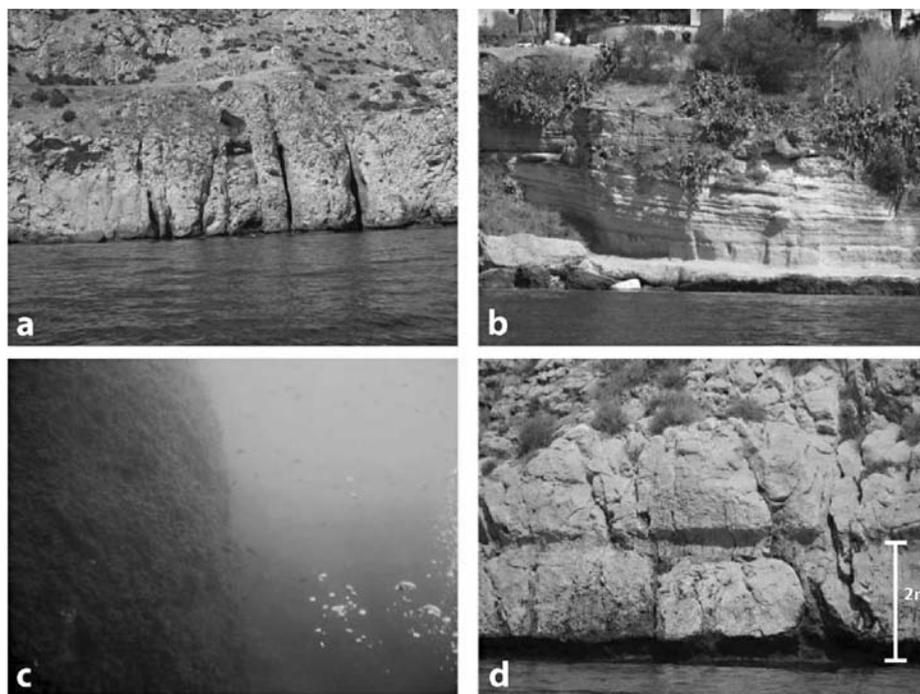


Fig. 10 — Elementi morfologici caratterizzanti la costa del versante orientale: archi ed insenature (a) e falesie calcarenitiche (b) in prossimità di Capo Zafferano; la porzione di falesia sommersa di Capo Zafferano (c); un solco di battente a 2 m s.l.m..

carenitiche quaternarie, sono invece presenti delle piattaforme costiere ampie qualche metro.

Sempre nel medesimo tratto costiero è presente un solco di battente alto 2 m su quello attuale (Fig. 10), la cui quota permette di correlarlo con altri osservati in prossimità dell'Arco Azzurro.

Il fondale antistante le falesie calcareo-dolomitiche scende subito a profondità di 10-12 m, per poi diventare sub-pianeggiante, degradando debolmente fino a profondità di 25-30 m; al di sotto dell'attuale solco di battente, sono osservabili le porzioni di falesia sommersa, sulle quali alcuni Autori hanno individuato segni di linee di riva indicanti fasi di stazionamento precedenti (ANTONIOLI *et al.*, 1994).

La spiaggia emersa ghiaioso-ciottolosa del Kafàra occupa, come detto, la parte centrale del golfo mentre la spiaggia sommersa ha un'ampiezza limitata a pochi metri ed è costituita da sedimento ghiaioso-ciottoloso fino alla profondità di 2,5 m. Il fondale è sub-pianeggiante e di natura calcarenitica, con morfologia a terrazzi che degradano debolmente verso il largo, fino a rag-

giungere profondità di 25-30 m a circa 500 m dalla terraferma. Sono presenti alcune rotture di pendenza con dislivelli di 1-1,5 m, molto continue lateralmente ed orientate parallelamente alla costa. La superficie del fondale, interamente ricoperta da una vastissima prateria a *Posidonia oceanica* che ha attecchito sul substrato privo di sedimento, è interessata da fratture lunghe anche diverse decine di metri orientate in direzione NO-SE (Fig. 11).

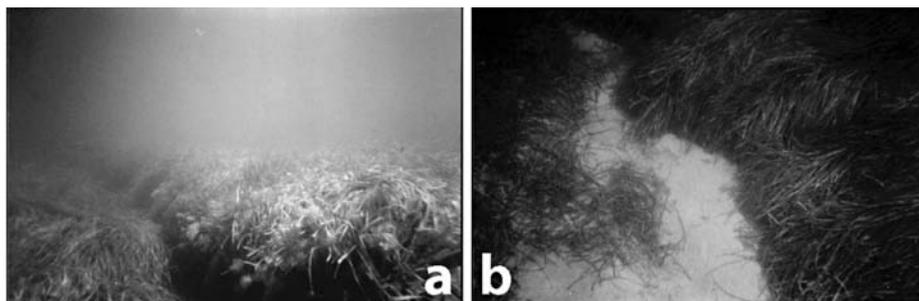


Fig. 11 — Elementi sedimentologici e biocenotici caratterizzanti il fondale compreso tra Capo Zafferano e Sant’Elia: prateria a *Posidonia oceanica* con piccole rotture di pendenza (a), chiazze di sedimento (b).

Dal punto di vista sedimentologico, le uniche forme d’accumulo di sedimento sono delle chiazze di dimensioni metriche, sparse a macchia di leopardo in mezzo prateria di *Posidonia* a profondità variabili; all’interno di una di queste, ritenuta rappresentativa, è stato prelevato il campione CS8 (Fig. 5).

Dopo l’analisi granulometrica del campione, il sedimento è risultato sabbioso con una classazione moderatamente buona, in cui risultano praticamente assenti le frazioni grossolane che sono limitate alla spiaggia sommersa ed emersa; la componente bioclastica è abbondante e costituita quasi esclusivamente da frammenti di gusci di molluschi.

DISCUSSIONE

Lo studio condotto ha permesso di raccogliere numerosi elementi che hanno ampliato le conoscenze geologiche e geomorfologiche sul territorio intorno al Promontorio di Monte Catalfano.

In primo luogo sono state raccolte informazioni sul substrato pre-quaternario; questo è caratterizzato da depositi di età *Trias superiore* – *Eocene* appartenenti al Dominio Imerese.

I depositi quaternari, sia marini che continentali, hanno età compresa tra il Calabriano (sottopiano Siciliano) e l’Olocene ed hanno caratteristiche

molto variabili legate essenzialmente alle oscillazioni relative del livello del mare ed alle oscillazioni climatiche; questo sarebbe in accordo con quanto evidenziato da studi paleo-climatici precedenti che, per i depositi marini del Calabriano, hanno riportato dei caratteri pre-glaciali e quindi una deposizione avvenuta in un momento di clima oscillante tra il temperato-caldo ed il temperato-freddo (RUGGIERI & SPROVIERI, 1975). Nel Pleistocene medio e superiore (Pleistocene glaciale) queste oscillazioni divennero molto più marcate ed i depositi riferibili a tale intervallo risultano molto diversificati (AGNESI *et al.*, 2000).

L'attribuzione al Pleistocene Medio di alcuni depositi marini è stata ipotizzata sulla base delle discordanze presenti e sulle quote dei depositi rispetto all'attuale livello del mare, tali affermazioni non sono supportate da prove certe ed allo stato attuale sono solamente delle ipotesi. Tuttavia queste ipotesi sono in generale accordo con lavori, anche recenti, riguardanti l'evoluzione climatico-ambientale della Sicilia durante il Quaternario (AGNESI *et al.*, 2000; CITA *et al.*, 2006) dove sono segnalate: una fase regressiva alla base del Pleistocene medio, che potrebbe essere responsabile della discordanza trovata al tetto delle calcareniti siciliane, ed un'altra fase fortemente trasgressiva, oltre a molte oscillazioni minori, che hanno determinato la presenza di depositi a varie quote lungo la costa.

La tettonica recente ha avuto un ruolo decisivo nell'evoluzione dell'area determinando fenomeni di sollevamento testimoniati da numerosi elementi: in particolare l'attuale quota dei depositi siciliani, che si rinvencono fino ad oltre 50 m s.l.m., e la presenza, in aree limitrofe al promontorio, di valli fluviali profondamente incise nelle calcareniti del Siciliano (Fiume Eleuterio), depone a favore di significativi sollevamenti tettonici. Alcuni Autori hanno calcolato i tassi di sollevamento integrando lo studio delle quote dei depositi e dei terrazzi marini formatisi in seguito a migrazioni della linea di riva durante il Pleistocene medio: le quote attuali sarebbero conformi con tassi di sollevamento tettonico pari a 0.3 mm/a per l'intervallo Pleistocene medio-Attuale (D'ANGELO *et al.*, 2006); altri hanno calcolato tassi prossimi allo zero (0,056 mm/a) per l'intervallo Tirreniano-Attuale (ANTONIOLI *et al.* 2006).

Sempre la tettonica è indirettamente responsabile dell'evoluzione morfologica di gran parte della costa in quanto le numerose discontinuità strutturali, venutesi a creare durante le fasi tettoniche quaternarie, sono state determinanti per la formazione delle grotte, molte delle quali si sono ridotte a semplici insenature in seguito a fenomeni di crollo: questo è stato il principale meccanismo di evoluzione della costa rocciosa, in particolare del settore a Nord compreso tra Capo Mongerbino e Capo Zafferano.

Esternamente ai due Capi, sono presenti due tipologie costiere diverse che hanno subito differenti processi: ad Aspra la costa calcarenitica ed il basso

fondale, hanno permesso la formazione di estese piattaforme d'abrasione marina intervallate da numerose spiagge ghiaioso-ciottolose di piccole dimensioni, mentre nella parte ad Est di Capo Zafferano il mare è arrivato ad incidere i versanti con conseguente formazione di falesie in depositi poco coesi e di spiagge ghiaiose di limitata ampiezza. I motivi delle diversità morfologiche riscontrate nei due settori risiedono fondamentalmente nella differente litologia e nella differente esposizione al moto ondoso dominante; in entrambi i casi però, i naturali processi di evoluzione morfologica della costa sono attualmente alterati dall'eccessiva antropizzazione che costituisce ad oggi uno dei principali agenti modellanti del paesaggio.

Attualmente l'evoluzione morfologica dell'area è determinata dall'azione del moto ondoso che è risultato provenire prevalentemente da N-NO, questo ha effetti differenti a seconda dell'esposizione del tratto costiero, delle caratteristiche delle rocce e della profondità del fondale antistante; evidente è il caso delle piattaforme costiere che spesso presentano caratteristiche differenti. Nella zona di Aspra sono molto ampie a causa della posizione esposta della costa, della litologia e dei bassi fondali che forniscono sedimento alle onde, aumentando così il potenziale di abrasione; lungo la costa calcareo dolomitica hanno un'ampiezza limitata a pochi decimetri nonostante la posizione esposta al moto ondoso, a causa della litologia e dei fondali antistanti che raggiungono immediatamente profondità prossime ai -10m.

Una parte di questo lavoro è stata infine dedicata alla descrizione geologica ed alla caratterizzazione sedimentologica del fondale. Si è notato come il substrato sia per la maggior parte ricoperto da sedimento, quest'ultimo risulta essere proveniente dall'apporto del Fiume Eleuterio, dall'erosione delle rocce presenti lungo la costa ed in minor luogo dal dilavamento delle zone più interne, solo localmente la componente bioclastica autoctona risulta molto abbondante fino a costituire parte importante degli accumuli.

Sempre da Mongerbino a Capo Zafferano si è osservato un consistente progressivo aumento del diametro medio che, grazie allo studio integrato dei dati meteomarini, è stato interpretato come il risultato della presenza di forti correnti in questo tratto e di un'azione più incisiva del moto ondoso, conseguenza dell'orientazione della costa.

Un altro elemento che influenza fortemente la distribuzione del sedimento lungo la fascia costiera è la presenza, principalmente nella zona ad Est di Capo Zafferano, di un'estesa prateria a *Posidonia oceanica* che altera la normale distribuzione delle frazioni grossolane tanto da determinare, appurata la presenza di un trasporto litoraneo prevalentemente da Ovest verso Est, la totale assenza di frazioni granulometricamente superiori alla taglia della sabbia ad Est del suddetto Capo.

CONCLUSIONI

Durante lo studio geomorfologico costiero, sono state individuate numerose tracce legate alle oscillazioni relative del livello del mare avvenute durante il Pleistocene glaciale. In particolare, a quote anche superiori ai 35-40 m s.l.m., solchi di battente e fori di litodomi indicano inequivocabilmente le migrazioni recenti della linea di riva.

In questo intervallo, la tettonica ha agito determinando due effetti principali: 1) la progressiva emersione del promontorio e della retrostante area pianeggiante che lo collega alla terraferma, nel quadro di un lento ma prolungato sollevamento tettonico regionale; 2) l'intensa fatturazione dei corpi rocciosi carbonatici, secondo lineamenti che hanno condizionato anche la genesi delle grotte marine.

Il regime del moto ondoso influenza sensibilmente alcuni aspetti dell'evoluzione morfosedimentaria in atto. La dominante provenienza delle onde da N-NO determina infatti il senso del prevalente trasporto litorale, verso est, ed incide con intensità differente, a seconda dell'esposizione e della litologia, sui caratteri morfologici delle falesie carbonatiche che bordano il promontorio.

Ringraziamenti — Gli autori ringraziano: il Prof. R. Catalano per i suggerimenti e la lettura critica del testo; il Prof. E. Di Stefano e il Dott. A. Incarbone per le analisi paleontologiche eseguite sui campioni raccolti. Lavoro eseguito con fondi di Ateneo 2007.

BIBLIOGRAFIA

- AGNESI V., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MASINI F., PETRUSO D. & SIMONELLI C., 2000 — Quaternary Environmental-climatic changes in Sicily. — *Mem. Soc. Geol. It.*, 55: 339-344.
- ANTONIOLI F., BELLUOMINI G., FERRANTI L., IMPROTA S. & REITANO G., 1994. — Il sito preistorico dell'arco naturale di Capo Zafferano (Sicilia). Aspetti geomorfologici e relazione con le variazioni del livello marino olocenico. — *Il Quaternario*, 7(1): 109-118.
- ANTONIOLI F., CHEMELLO R., IMPROTA S. & RIGGIO S., 1999 — *Dendropoma* lower intertidal reef formations and their palaeoclimatological significance, NW Sicily. — *Marine Geology*, 161: 155-170.
- ANTONIOLI F., KERSHA S., RENDA P., RUST D., BELLUOMINI G., CERASOLI M., RADTKE U. & SILENZI S., 2006 — Elevation of the last interglacial highstand in Sicily (Italy): a benchmark of coastal tectonics. — *Quaternary International*, 145-146: 3-18.
- BONIFAY E., 1975 — L'«Ere Quaternarie»: definitions, limite set subdivisions sur la base de la chronologie mediterraneenne. — *Bull. Soc. Geol. France*, (7), 17 n.3: 380-93. Paris.
- CATALANO R. & MONTANARI L., 1979 — Geologia dei Monti di Trabia- Termini Imerese e dei Monti Sicani orientali (Fogli Bagheria e Termini Imerese, Sicilia centro settentrionale). — *Rend. Acc. Scienze FF. MM. Soc. Naz. Sci. Let. Ar. Napoli*, Serie IV – Vol. XLVI: 1-27.
- CITA M.B., CAPRARO L., CIARANFI N., DI STEFANO E., MARINO M., RIO D., SPROVIERI R. & VAI G.B., 2006 — Calabrian and Ionian: A proposal for the definition of Mediterranean stages for the Lower and Middle Pleistocene. — *Episodes*, 29 (2): 107-114.

- D'ANGELO U., RIBAUDO R. & VERNUCCIO S., 2006 — Evidence of Middle and Upper Pleistocene shorelines in the area between Capo Mongerbino (Bagheria) and Piano Sperone (Altavilla Milicia), NW Sicily. — *Quaderni del Museo Geologico "G.G. Gemmellaro"*, 9: 139-147.
- DI MAGGIO C., AGATE M., CONTINO A., BASILONE L. & CATALANO C., 2009 — Unità a limiti inconformi utilizzate per la cartografia dei depositi quaternari nei fogli CARG della Sicilia nord-occidentale. — *Il Quaternario*, 22 (2): 347-366.
- DI STEFANO E. & RIO D., 1981 — Biostratigrafia a nannofossili e biocronologia del Siciliano nella località tipo di Ficarazzi (Palermo-Sicilia). — *Acta Naturalia Ateneo Parmense*, 17: 97-111.
- RUGGIERI G. & SPROVIERI R., 1975 — La definizione dello strato tipo del Piano Siciliano e le sue conseguenze. — *Riv. Min. Sic.*, 151-153: 8-14.

Indirizzo degli Autori — G. CAPUTO, Corso Baldassare Scaduto 119 - 90011 Bagheria (PA) (I); e-mail: giucaputo81@hotmail.it; M. AGATE, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo, Via Archirafi 20-22, 90123 Palermo (I); e-mail: mauro.agate@unipa.it.