



## PIANO STRALCIO DI BACINO PER LA DIFESA DELLE COSTE

### GRUPPO DI LAVORO

<i>R.U.P.</i>	Geol. Paolo Mirra	<i>Responsabile Scientifico</i>	Prof. Ing. Michele Di Natale
<i>Aspetti geologici e normativi</i>	Geol. L. F. Baistocchi Geol. A. Guerriero	<i>Elaborazione dati e cartografia</i>	Dr. A. Albano Geom. A. Paroli
<i>Aspetti idraulico marittimi e normativi</i>	Ing. D. D'Alterio Ing. M. Della Gatta	<i>Aspetti amministrativi</i>	Geom. L. Beracci Geom. C. Papa
<i>Aspetti territoriali e normativi</i>	Arch. M. La Greca Arch. O. Piscopo Arch. M. Scala Arch. M. Vincenti	<i>Aspetti Contabili</i>	Dr. G. Froncillo

*Il Commissario Straordinario*  
Ing. Pasquale Marrazzo

#### *Cartografia geologica Terra - Mare*

Progetto CARG Reg. Campania - Settore Difesa Suolo: Dir. Geol. I. Giulivo - Resp. Progetto Geol. L. Monti  
Coordinamento dati CARG Terra/Mare: Geol. M.L. Putignano  
Rilievi batimetrici alla scala 1:10.000 (fascia batimetrica da 0 a -200 m):  
I.A.M.C. - C.N.R. (Istituto per l'Ambiente Marino Costiero)

#### *Studi specialistici*

Geomorfologia e Sedimentologia - Rilievi batimetrici: scala 1:5.000 (fascia batimetrica da 0 a -20 m)  
Dipartimento Scienze della Terra Università di Napoli Federico II - Prof.ssa M. Pennetta

Modellazioni ed analisi idraulico-marittimi - Prof. Ing. Diego Vicinanza

Cartografia: CTR 2004 scala 1:5.000 - Aggiornamento linea di costa e fascia costiera (su base Google Earth - Bing Maps)

**PIANO STRALCIO per L'EROSIONE COSTIERA**

**CONVENZIONE TRA**

**Autorità di Bacino del Sarno  
Regione Campania**

**ed il**

**Dipartimento di Scienze della Terra  
Università di Napoli Federico II**

**STUDIO DEI FATTORI DI PERICOLOSITÀ PER LA  
VALUTAZIONE DEL RISCHIO COSTIERO LUNGO IL  
LITORALE COMPRESO TRA PUNTA CAMPANELLA E NAPOLI -  
S.GIOVANNI A TEDUCCIO (emissario depuratore di Napoli est)**

**RELAZIONE CONCLUSIVA**

**IL RESPONSABILE SCIENTIFICO**

**Prof.ssa Miela Pennetta**

**STUDIO DEI FATTORI DI PERICOLOSITÀ PER LA VALUTAZIONE  
DEL RISCHIO COSTIERO LUNGO IL LITORALE COMPRESO TRA PUNTA  
CAMPANELLA E NAPOLI - S.GIOVANNI A TEDUCCIO (emissario depuratore  
di Napoli est)**

## **1- CONVENZIONE**

### **-OGGETTO**

In data 25.09.03 veniva stipulata una convenzione tra l'Autorità di Bacino del Sarno della Regione Campania ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". La convenzione, sotto la direzione scientifica della Prof.ssa Miela Pennetta, è finalizzata ad una ricerca sul tema: *"Studio dei fattori di pericolosità per la valutazione del rischio costiero lungo il litorale compreso tra Punta Campanella e Napoli-S.Giovanni a Teduccio (emissario depuratore di Napoli est)"*. Le attività previste sono le seguenti:

1. la caratterizzazione geomorfologica della spiaggia emersa e sommersa corredata dagli aspetti sedimentologici;
2. l'analisi della distribuzione delle praterie di fanerogame marine;
3. la valutazione della deriva dei sedimenti lungo costa (trasporto solido);
4. la verifica dello stato dei cordoni dunari, ove esistenti;
5. la valutazione del regime meteomarinico dell'area;
6. la verifica della presenza di dissesti idrogeologici nelle aree prospicienti il litorale;
7. la verifica della presenza di cave lungo le aree litoranee o lungo gli alvei nelle aree prossime alla costa;
8. l'analisi dello sviluppo, lungo la costa, delle strutture ed infrastrutture industriali, portuali, turistiche e residenziali;
9. l'esistenza ed il relativo impatto delle opere di regimazione idraulico-forestale nelle aree prospicienti la costa;
10. la valutazione della morfodinamica litoranea e delle variazioni recenti ed attuali della spiaggia;

11. la verifica della presenza di opere di difesa litoranea e del loro impatto sulla costa;
12. elaborazione della cartografia tematica relativa ai punti precedenti in scala 1:10.000/1:25.000.

#### **-FINALITÀ**

Le attività di ricerca di cui innanzi consentono di individuare possibili fattori che concorrono alla pericolosità costiera, derivanti da fenomeni naturali e/o attività antropiche. I fattori di pericolosità sono legati sia all'*ecosistema* che al *sistema sociale*; la loro individuazione consente la definizione del *rischio costiero*. Risulta pertanto utile analizzare l'ambiente fisico e quindi le variazioni fisiche e le azioni antropiche che possono determinare la riduzione o l'amplificazione della pericolosità. Infatti, l'evoluzione delle aree costiere è influenzata sia dai processi naturali che dalle variazioni indotte dagli interventi antropici. Tra l'altro l'incremento demografico e l'espansione urbanistica a fini residenziali e turistici delle fasce litoranee ne amplifica la vulnerabilità determinando tra l'altro, a causa delle modificazioni ambientali apportate, un aumento dei fattori di pericolosità.

I processi naturali che influenzano in maniera determinante l'erosione costiera sono legati all'azione delle onde e delle correnti in relazione all'apporto sedimentario fluviale ed alla morfologia della costa e della piattaforma continentale. Altri processi naturali sono da ascrivere a fenomeni di subsidenza delle piane costiere e ai dissesti idrogeologici. Non va inoltre trascurata l'azione delle variazioni climatiche che stanno interessando il nostro pianeta, con un complessivo aumento della temperatura globale, cui fa riscontro un innalzamento del livello del mare (valutato attualmente in circa 1-1,5 mm/anno) e graduale sommersione di porzioni di pianure costiere con quote basse. L'aumento della temperatura globale rappresenta un'inversione di tendenza attuata a partire dalla seconda metà del 1900; infatti, la temperatura media della Terra fino al 1850 era relativamente più fredda (età del *piccolo glaciale*). Alle temperature più basse fecero riscontro condizioni ambientali relativamente più umide, con conseguente maggiore erosione e trasporto a mare dei sedimenti degradati che procurava progradazione della spiaggia emersa e sommersa e quindi espansione delle spiagge. Il ritardo tra variazione climatica ed effetti sul territorio rimane legato al fattore di ritardo

riconosciuto per tutti i fenomeni legati a variazioni di temperatura a scala globale.

Oltre ai processi naturali anche l'azione antropica negli ultimi decenni ha favorito l'erosione costiera a seguito degli interventi nell'entroterra. In particolare la costruzione di dighe di sbarramento a fini idroelettrici ed irrigui, la cementificazione degli argini fluviali e la costruzione di briglie lungo gli stessi alvei ha prodotto un impoverimento del trasporto solido. A tali cause bisogna aggiungere sicuramente l'estrazione degli inerti lungo i fiumi, lo sbancamento delle dune costiere (enorme serbatoio naturale di sedimenti sabbiosi) attuato per far posto ad insediamenti urbani e/o turistici o per interventi di bonifica, gli emungimenti dalle falde ed estrazioni di fluidi dal sottosuolo che insieme procurano subsidenza delle piane costiere e quindi ingressione del mare ed arretramento della linea di riva. Non vanno infine dimenticate le opere a difesa del litorale, molto spesso più dannose che utili, le modificazioni della spiaggia, la costruzione di porti commerciali e turistici, nonché l'espansione urbanistica generalizzata che ha ridotto le aree di ruscellamento.

Pertanto, per la valutazione del *Rischio Costiero* è necessario preliminarmente definire i *fattori di pericolosità*; essi sono presenti sia nell'ecosistema che nel sistema sociale. E' necessario pertanto analizzare le variazioni fisiche e le azioni antropiche che possono determinare la riduzione o l'amplificazione di tali fattori, attraverso ricerche effettuate nel campo delle discipline geografico-fisiche, geomorfologiche e geologico-ambientali.

Per la redazione dello studio di cui alla *convenzione* l'Autorità di Bacino del Sarno ha fornito la cartografia in scala 1:5.000 del 1998 realizzata dall'Amministrazione Provinciale di Napoli, la cartografia in scala 1:5.000 elaborata dal proprio CED, su basi topografiche comprese tra il 1980 ed il 1997, aggiornata nella sua linea di costa con riprese satellitari del febbraio/settembre 2003 e la cartografia storica ITM 1:25.000 del 1836 (prec.), IGM 1:25.000 del 1872-76, 1906-07-09, 1913-20, 1936-41 e la cartografia SELCA 1:25.000 del 1980.

## 2-PREMESSA

Il paesaggio costiero compreso nel territorio dell'Autorità di Bacino del Sarno è caratterizzato da una grande variabilità fisica del territorio legata all'alternanza di piane, coste rocciose ed isole; morfologie queste strettamente connesse alla mutevole natura geologica ed all'evoluzione morfostrutturale. La presenza del Vesuvio, dell'ampia pianura costiera solcata dal fiume Sarno, delle scoscese falesie ed insenature ridossate della penisola Sorrentina e dell'Isola di Capri, hanno favorito nel tempo lo sviluppo di civiltà soprattutto lungo la fascia costiera, laddove oggi sono ancora visibili le vestigia archeologiche romane conosciute in tutto il mondo.

Tuttavia, la crescente domanda di territorio manifestatasi nell'ultimo secolo, la massiccia colonizzazione urbana, industriale e turistica del margine fra la terra ed il mare a partire dagli anni '50 hanno spesso determinato la forzata trasformazione di un paesaggio costiero già soggetto ad una rapida evoluzione naturale. Fino ad oggi l'antropizzazione della superficie terrestre non ha provocato catastrofi o crisi ambientali tali da mettere in pericolo l'esistenza delle generazioni successive. Gli effetti degli interventi umani non hanno creato alterazioni critiche a causa di eccessi, o superamento di soglie, tali da determinare situazioni che hanno messo in pericolo gli ambienti e l'uomo stesso. Nello stesso tempo però le microdecisioni e le microtrasformazioni operate dagli uomini creano impatti sull'ambiente e sul territorio, che progressivamente possono avere gravi conseguenze. I progressi dell'informazione e quelli della divulgazione scientifica hanno rafforzato la conoscenza rendendo la società attenta alle conseguenze delle modificazioni dell'ambiente.

Le crisi ambientali, invece, differiscono dagli effetti dell'antropizzazione degli ambienti naturali per l'ampiezza, per il carattere di irreversibilità e per la comparsa di fenomeni di inquinamento difficilmente controllabili. Le crisi ambientali inoltre si avvertono a breve, a medio e a lungo termine; mentre alcune si manifestano in occasioni di catastrofi localizzate nel tempo e nello spazio, a causa della somma di squilibri indotti, altre si inseriscono in cicli di lunga durata. Le stesse crisi assumono proporzioni estreme quando all'azione dell'uomo si aggiungono accidenti naturali; ad es. una semplice continuazione, senza accelerazione, del riscaldamento della superficie terrestre, porterebbe alla fusione del manto nevoso, dei ghiacciai montani e dei ghiacci

polari, all'innalzamento del livello dei mari e alla conseguente inondazione delle pianure costiere, con la modificazione geografica che ne deriverebbe.

Al fine di operare un corretto monitoraggio dell'ambiente costiero è necessario, perciò, conoscere i processi agenti e come essi si distribuiscono nel tempo e nello spazio.

Le coste sono forme dinamiche ubicate in un ambiente di transizione sensibile; sono caratterizzate da una dinamica evolutiva rapida. L'evoluzione è controllata da processi naturali; le variazioni nel bilancio tra apporti di sedimenti provenienti dai corsi di acqua e la rimozione degli stessi per azione del moto ondoso e delle correnti trasversali da esso prodotte si traduce in un avanzamento o in un arretramento della linea di riva. E' pertanto indispensabile determinare come tali processi agiscano nel loro complesso e come siano influenzati dalle caratteristiche morfologiche dell'area e/o dalla presenza di eventuali opere antropiche. Nella verifica dei processi che agiscono lungo una spiaggia è quindi necessario analizzare la morfologia dei fondali prospicienti e la loro evoluzione morfologica; quest'ultima, infatti, influenza fortemente il moto ondoso incidente e le correnti da esso generate attraverso fenomeni di rifrazione sul fondo. La presenza di porti turistici e/o di opere di difesa parallele e/o trasversali alla linea di costa condiziona fortemente tutti i processi indotti dal moto ondoso e dalle correnti da esso generate, attraverso processi di diffrazione e riflessione del moto ondoso.

Vanno altresì definite le caratteristiche anemometriche con la definizione dei venti dominanti che influenzano il regime meteomarinico del luogo; dalla direzione dei venti dominanti ne consegue che le mareggiate più violente sono quelle che provengono dai medesimi quadranti, attesa peraltro la distesa di mare libero. Risulta evidente che in occasione delle forti ondate gli effetti sulla costa sono condizionati dalla morfologia dei fondali, che producono una differente rifrazione sul fondo con accumulo o con dispersione di energia.

La dispersione di energia, oltre che da particolari morfologie del fondo, può essere altresì fornita da vegetazione che colonizza l'area sommersa, quali ad es. praterie di *Posidonia oceanica* (Linneo), una Fanerogama marina endemica del mediterraneo. I posidonieti costituiscono un ecosistema fondamentale per la sopravvivenza di numerose

specie animali e vegetali epibionti sulle foglie, sui rizomi ed in prossimità del substrato (nursery); dal punto di vista fisico contribuiscono a stabilizzare i fondali marini e a dissipare l'energia del moto ondoso e, quindi, a proteggere le coste dall'erosione.

### 3-STUDI ESEGUITI

Gli studi eseguiti ai fini dell'espletamento delle attività comprese nella convenzione hanno preso avvio da un'ampia raccolta di dati, finalizzata allo studio dell'ambiente fisico e delle possibili condizioni generali di pericolosità, oltre che da uno studio bibliografico i cui riferimenti sono citati nell'elenco bibliografico. La raccolta dati è consistita in:

- rilevamento dei caratteri batimetrici dell'area di studio a mezzo di ecografo e con l'ausilio di DGPS (*Differential Global Position System*); le batimetrie vengono restituite ogni metro;
- rilevamento geomorfologico della spiaggia emersa e sommersa
- rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio da terra e da mare del sistema costiero incluso nel territorio di competenza della AdB;
- prelievo ed analisi di campioni di sedimento di battigia e di spiaggia sommersa in numero significativo ai fini della definizione degli aspetti sedimentologici e della valutazione della deriva dei sedimenti lungo costa (trasporto solido);
- rilievo degli interventi antropici nel sistema costiero e nelle aree di diretta influenza, dei cordoni dunari, dei dissesti idrogeologici nelle aree prospicienti il litorale, della presenza di cave lungo le aree litoranee o lungo gli alvei nelle aree prossime alla costa, delle strutture ed infrastrutture industriali, portuali, turistiche e residenziali;
- l'esistenza ed il relativo impatto delle opere di regimazione idraulico-forestale nelle aree prospicienti la costa;
- la verifica della presenza di opere di difesa litoranea e del loro impatto sulla costa;
- studio e confronto di immagini fotografiche di diversa età (fotografie



aeree, immagini da satellite, fotografie ordinarie) finalizzata alla ricostruzione storica degli eventi ed alla valutazione della morfodinamica litoranea e delle variazioni recenti ed attuali della spiaggia;

- studio e confronto di carte topografiche di diversa età, finalizzato alla ricostruzione storica degli eventi ed alla valutazione della morfodinamica litoranea e delle variazioni recenti ed attuali della spiaggia;
- analisi della distribuzione delle praterie di fanerogame marine;
- una valutazione del regime meteomarinico per le singole subunità fisiografiche.

L'analisi degli effetti dei processi geomorfici che hanno agito nel contesto geologico che caratterizza il sistema costiero in studio ha consentito di individuare numerosi elementi ascrivibili al contesto naturale ed alle attività antropiche. I dati ricavati dall'analisi, dal confronto e dall'elaborazione degli elementi sono stati memorizzati e gestiti creando un dettagliato *Sistema Informativo Territoriale*; hanno rappresentato uno strumento di base indispensabile per lo studio dello spazio geografico in oggetto. Tutti i dati ricavati sono stati analizzati e riportati in allegato nella cartografia tematica adeguata ed in scala opportuna; le figure sono raccolte nell'allegato n°1, le schede con analisi granulometriche e tessiturali dei sedimenti di battigia e di fondo marino mobile nell'allegato n° 2 e la documentazione fotografica nell'allegato n° 3: Quest'ultima è stata suddivisa in due grossi gruppi; il primo include i settori costieri Vesuviano, della Piana del f. Sarno e della Penisola Sorrentina l'altro il settore costiero dell'isola di Capri.

Lo studio integrato dei vari dati ricavati ha consentito di individuare i fattori di pericolosità costiera; la loro conoscenza potrà condurre ad una valutazione delle cause concorrenti al rischio costiero. La valutazione dell'importanza di ogni singolo fattore, non interconnesso ad altri, può condurre a risultati incompleti e poco corretti. Ne consegue che la valutazione dell'importanza di ogni singolo dato è stata fatta tenendo conto anche dei risultati degli altri dati.

E' stato pertanto indispensabile trasferire tutti i dati raccolti in sede conoscitiva su

basi topografiche aggiornate dell'area in interesse (fornite dall'AdB). L'elaborazione dei prodotti tematici elettronici ha messo in evidenza alcune situazioni di pericolosità geomorfologica e di fragilità del territorio, dovute a processi morfogenetici endogeni ed esogeni in atto o quiescenti nel sistema morfodinamico e morfoclimatico attuale dell'area costiera campana; processi talvolta condizionati dall'attività umana sul territorio.

E' stata altresì ricostruita la storia vulcanica e tettonica che ha interessato i complessi rocciosi, principale responsabile delle condizioni strutturali delle rocce e del loro stato tensionale. E' stata quindi tenuta in considerazione l'interazione tra litologia, tettonica e vulcano-tettonica, atteso che il comportamento geomeccanico di ogni corpo geologico oltre che dalla sua natura dipende anche dagli eventi tettonici che ha subito e dall'esposizione agli atmosferici. Particolare attenzione è stata assegnata alla geometria dei versanti, frutto di molteplici processi geomorfici, quali evoluzione e forma del rilievo, dinamica dei versanti e degli alvei, che si sono succeduti nel tempo e nello spazio. Sono stati rilevati i fenomeni di erosione superficiale, canalizzata ed in massa e le pendenze dei versanti oltre che le giaciture degli strati. Sono state rilevate le zone stabili, quelle instabili, e quelle che, pur essendo attualmente stabili, potrebbero degenerare per cause tettoniche o idrogeologiche, per cause fisiche, ecc. Attenzione è stata poi assegnata sia alla geometria del fondo marino anch'essa frutto di molteplici processi geomorfici, che al suo rapporto con la terra emersa. Sono state tenute in debita considerazione tutte le azioni dell'uomo sull'ambiente che hanno contribuito a modificare l'equilibrio del paesaggio sia con la costruzione di strutture e infrastrutture che con attività varie.

Allo studio di base del territorio è stata affiancata l'analisi degli effetti, che passa attraverso la ricostruzione della storia geomorfologica e la dinamica geomorfologica attuale, che ha consentito di individuare sia la genesi delle forme emerse e sommerse, connessa alle acque correnti superficiali, alla gravità, al moto ondoso, alle correnti costiere, alla tettonica, al vulcanismo, alla vulcano-tettonica, al carsismo, all'attività antropica, che il loro stato di attività. Quest'ultimo inteso quale risposta ai processi in atto, e quindi a breve ciclo, o riferibili a condizioni morfoclimatiche differenti da quelle

attuali oppure giunti alla fine della loro evoluzione.

Nell'elaborazione del presente studio si è infine tenuto presente il quadro normativo disciplinante la materia della difesa delle coste e, più in generale della difesa del suolo e della tutela ambientale; gli aspetti normativi in questione sono trattati nel capitolo in appendice.

#### **4-INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, la fascia costiera di pertinenza dell'A.d.B. può essere complessivamente suddivisa in tre settori con differenti caratteri geologici ed interessati da evoluzione geomorfologica e strutturale diversificata (figg. 1 e 2).

Il settore settentrionale, con orientamento NW-SE, costituisce la terminazione costiera del *piedimonte* vulcanico vesuviano, cui fa seguito il settore intermedio, rientrando rispetto agli altri due, con orientamento NW-SE, che si estende lungo la fascia di pianura costiera solcata dal fiume Sarno. Si passa infine al settore più meridionale, la dorsale carbonatica dei monti Lattari-Penisola Sorrentina, un'unità morfostrutturale che costituisce una sorta di *horst* allungato da NE verso SW e che gradualmente si ribassa verso occidente sino a riemergere con l'isola di Capri.

##### **4.1-SETTORE COSTIERO DEL COMPLESSO VULCANICO DEL SOMMA-VESUVIO E DELLA PIANA DEL FIUME SARNO**

Il settore litoraneo compreso approssimativamente tra S.Giovanni a Teduccio e Torre Annunziata, per una lunghezza di circa 17.5 Km, rappresenta la terminazione costiera del piedimonte del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio (terminazione sud-occidentale del versante dell'edificio vulcanico- fig.1). Il Somma -Vesuvio è composto da uno strato vulcano più antico, il Somma, la cui attività è cessata circa 17.000 anni dal presente con il collasso della caldera terminale, ed il Vesuvio, *stratovulcano* più recente formatosi circa 2.000 anni fa, tuttora attivo, ubicato in posizione eccentrica all'interno della caldera. Il relitto della caldera del Somma è presente a Nord e ad Est (fig. 3a-b) dell'attuale cratere del Vesuvio; quest'ultimo si è

finito di formare con l'eruzione del 1944 dopo le ripetute distruzioni e costruzioni ed allo stato è interessato da una modesta attività fumarolica sui fianchi e sul fondo. I versanti esterni dell'edificio vulcanico sono nel complesso acclivi e con marcato profilo concavo. Sono solcati da numerose valli con differente densità di drenaggio e variamente approfondite; lungo il *piedimonte* costiero solo alcune incisioni sono nitide (IGM 1876).

Studi condotti sui prodotti vulcanici, complessivamente lave a blocchi pseudoprismatici di *tefriti leucitiche*, e piroclastiti in forma di scorie, sabbie e cineriti, hanno consentito di individuare diversi cicli di attività eruttiva, con durata media di 2.000 anni che iniziano sempre con una grossa eruzione di tipo *pliniano*. I prodotti più antichi in affioramento risalgono a 25.000 anni dal presente ma altri recuperati alla profondità di 1.200m dal l.m. da una perforazione profonda (Pozzo Trecase 1) risalgono ad 1 milione di anni circa. Il suo substrato è di natura carbonatica di età mesozoica ed è ubicato alla profondità di circa 1.400m; risulta sepolto da depositi alluvionali di piana costiera (figg. 4 e 5).

L'evoluzione geomorfologica del settore costiero è strettamente connessa alle attività del complesso vulcanico degli ultimi 2.000 anni che ne ha fortemente modificato la fisiografia. L'eruzione esplosiva del Vesuvio che nel 79 d.C. distrusse Ercolano, Pompei e Oplonti, ubicate sul piedimonte vulcanico, segna l'inizio della vulcanologia moderna attesa l'esistenza della prima documentazione storica, rappresentata dalla lettera che Plinio il Giovane scrisse dopo 20 anni dall'eruzione all'imperatore Tacito per raccontargli delle circostanze della morte dello zio Gaio Plinio Secondo che aveva assistito all'evento parossistico.

La falesia, che limita il piedimonte verso mare, è caratterizzata sempre da modesta altezza contenuta sempre entro i 10 m, e sporadicamente entro i 20 m (fig. 6); per tale motivo può essere definita microfalesia per distinguerla da quelle più alte che bordano la Penisola Sorrentina e l'isola di Capri. Lungo la microfalesia sono localizzati corpi lavici e successioni vulcanoclastiche (cfr. carta geomorfologia allegata), costituiti da depositi sia in giacitura primaria che rielaborati; talvolta sono presenti depositi da *debris flow* (fig. 6) che hanno preso origine dai versanti del Vesuvio a seguito

dell'eruzione del 1631 d.C.. Sono altresì presenti depositi alluvionali, alternati a paleosuoli (ceneri humificate) la cui genesi è da ascrivere a lunghi periodi di stasi dell'attività eruttiva. Sono talvolta presenti preesistenze archeologiche di età romana o medioevale; queste hanno in qualche caso consentito la ricostruzione della successione degli eventi parossistici.

Lungo tutto il litorale state riconosciute antiche morfologie vallive che si raccordano ad un livello di base posto verso il largo e al di sotto del livello del mare attuale (cfr. carta geomorfologica). In base a tali osservazioni è stato possibile ipotizzare uno sprofondamento per cause vulcano-tettoniche verificatosi a seguito della violenta eruzione *pliniana* del 79 d.C.. Lo sprofondamento, pari a 4 m, ha interessato l'intero settore costiero; a questo ha fatto seguito un arretramento della linea di riva avvenuto in epoca successiva alla deposizione delle vulcaniti del 79 d.C. e anteriormente alla deposizione dei prodotti lavici e vulcanoclastici di età medioevale; tali prodotti hanno sopravanzato l'antico litorale sommerso, contribuendo a determinare il suo assetto attuale. L'abbassamento della costa è inoltre documentato dalla presenza di una linea di riva di epoca romana sommersa a -4.30 m di profondità (cfr. paragrafo sub-unità fisiografica) e dalla presenza, in alcuni tratti del litorale, di imponenti ville marittime e strutture termali risalenti al I sec. d.C., i cui resti mostrano evidenti prosecuzioni verso il largo.

La Piana alluvionale del Fiume Sarno è una *piana costiera* impostata su di un'ampia depressione tettonica individuata verosimilmente tra la fine del Pliocene e l'inizio del Pleistocene, in relazione ai grandi eventi di tettonica surrettiva lungo il margine tirrenico della catena (cfr. geologia e geomorfologia della Penisola Sorrentina). La perforazione profonda di *Pozzo Trecase I* (figg. 4 e 5) ha consentito di individuare il substrato carbonatico ricoperto da un'alternanza di depositi alluvionali, anche di ambienti ad alta energia idrodinamica, detriti di versante e depositi piroclastici più o meno rielaborati dal ruscellamento diffuso delle acque superficiali, da fenomeni gravitativi e dai corsi d'acqua tributari, per lo più a regime torrentizio.

La *piana alluvionale del fiume Sarno* (fig. 7) costituisce la porzione meridionale

della più ampia *Piana Campana* (fig. 4). Si estende per circa 200 kmq tra le propaggini meridionali dell'edificio vulcanico del M. Somma-Vesuvio e quelle settentrionali dei M. Lattari della Penisola Sorrentina; è limitata verso l'entroterra dai M. di Sarno e si affaccia sul Golfo di Napoli per il tratto tra i porti di Torre Annunziata e Castellammare di Stabia sviluppandosi per circa 13 km. Il fiume Sarno, che attraversa la piana con una direzione circa NE-SW, ha una lunghezza di 24 Km e attraversa 36 comuni; prende origine da tre sorgenti quali il rivo Palazzo, la Santa Marina e la Cerola. Un'altra fonte si è quasi esaurita (San Mauro); similmente quella di Santa Marina di Lavorate, a causa dell'eccessiva captazione. Riceve in sinistra orografica gli apporti del T. Solofrana e del T. Cavaiole (allo stato alimentato solo da scarichi civili ed industriali). L'azione antropica condiziona interamente il deflusso lungo i torrenti Cavaiole e Solofrana e quello nella bassa valle del Sarno. Il fiume ed i suoi affluenti, considerati tra i corsi d'acqua più inquinati d'Europa, scorrono attraverso 36 centri urbani, dove sono in gran parte regimati o tombati, presentando un percorso subrettilineo. In realtà in passato il fiume era caratterizzato da un tracciato a meandri (cfr. carta Baeker in fig. 8); la notevole portata del fiume e la regolarità del suo regime avevano consentito nell'antichità il collegamento del porto di Pompei con Nocera ed Acerra (secondo Strabone). Sebbene la navigabilità del fiume sia stata ostacolata talvolta dai prodotti delle eruzioni vesuviane, essa è proseguita sino al Medioevo; da tale periodo cominciò la costruzione di canali artificiali e di reti irrigue.

Nella porzione settentrionale della piana, a Nord dell'attuale percorso del fiume, è stata ricostruita la traccia di antichi meandri (cfr. carta geomorfologica).

I versanti circostanti la piana del Sarno sono prevalentemente coperti da una coltre di depositi vulcanoclastici in posizione primaria e secondaria; alla loro base sono frequenti accumuli incoerenti (fig. 7), in genere costituiti da ghiaie carbonatiche eterometriche in matrice piroclastica, spesso con orizzonti pedogenizzati. Talvolta questi depositi di versante si presentano stratificati ed intercalati a sottili e circoscritti depositi piroclastici in posizione primaria o rielaborati. Nelle aree pedemontane tali depositi si distribuiscono alla base del versante sotto forma di conoidi di deiezione (fig. 7); talvolta, tali depositi sono costituiti da detriti di frana messi in posto secondo

processi del tipo colata: *debris-flow*, *mud-flow*, *earth-flow*.

Lungo la costa si distinguono depositi di spiaggia attuali, recenti ed antichi; in alcune zone sono presenti anche le tracce di antichi cordoni costieri e dunari, questi ultimi parzialmente obliterati, mentre sono completamente *assenti* dune attuali.

L'isolotto calcareo di Rovigliano, infine, costituisce l'espressione morfologica in superficie di un alto monoclinale (fig. 5); questa struttura positiva insieme all'ostacolo rappresentato da un probabile complesso vulcanico ubicato al di sotto dell'odierno edificio del Somma-Vesuvio avrebbe ostacolato la dispersione degli apporti clastici e vulcanici verso mare che hanno invece gradualmente nel tempo riempito la sola piana del Sarno.

#### **4.2- PENISOLA SORRENTINA ED ISOLA DI CAPRI**

La Penisola Sorrentina insieme ai Monti Lattari costituisce una dorsale allungata verso SW e ribassata verso occidente (fig. 1); rappresenta un alto strutturale rispetto a due aree di basso strutturale (fig. 2) corrispondenti alla piana del Sele, a Sud, e alla piana del Sarno, a Nord. Verso la fine del Pliocene superiore, circa 2 milioni di anni fa, l'evoluzione strutturale di queste aree ha cominciato a diversificarsi; le piane costiere venivano interessate da fasi subsidenti, colmandosi con sedimenti detritico-alluvionali e, nella piana nocerino-sarnese, anche vulcanoclastici, mentre i Monti Lattari si sollevavano gradualmente (fig. 2). Durante i sollevamenti tettonici della fine del Pleistocene inferiore e quelli del Pleistocene medio (700.000-125.000 anni dal presente) si generavano faglie dirette perpendicolari all'asse maggiore del promontorio (fig. 9a e 9b). Hanno un andamento prevalente NW-SE, ma anche N-S e NE-SW mostrando anche caratteri di movimenti a componente orizzontale; esse segmentano la dorsale sorrentina, determinando il ribassamento relativo dei blocchi verso Ovest. Nella figura 9b è riportata la carta morfologica sintetica dell'area emersa e dell'area sommersa della Penisola; la morfologia dell'area sommersa include la piattaforma continentale oltre la parte alta della scarpata continentale.

Grazie al ribassamento relativo dei blocchi verso W, le quote dei rilievi della Penisola diventano decrescenti dalla radice (nei Monti Lattari) alla porzione più

peninsulare, dove si è formata, nel corso del Pleistocene medio, una depressione tettonica che ha fatto diventare isola il blocco di Capri (fig. 2). L'isola di Capri rappresenta il naturale prolungamento morfostrutturale della Penisola Sorrentina (fig. 10) dalla quale si differenzia per la facies delle unità carbonatiche (con età dal Lias al Paleogene) costituite da termini di transizione tra piattaforma e bacino, in pratica calcari e brecce a coralli ed Ellipsactinie, calcari con selce e calciruditi con frammenti di rudiste. A Capri sono evidenti gli effetti di una tettonica compressiva che ha determinato la sovrapposizione delle unità carbonatiche più antiche sulle successioni terrigene meno antiche del Miocene in facies di *flysch*, quelle presenti nella porzione occidentale della Penisola; le due unità sovrapposte nell'insieme sono dislocate da faglie dirette (fig. 11). La sovrapposizione legata ad un sovrascorrimento è evidente lungo le falesie nella porzione nord-orientale dell'isola (fig. 10 e foto 15). Nel profilo dell'isola si distinguono due blocchi carbonatici principali Monte Solaro ad W e Il Capo ad E separati da una sella mediana (fig. 11), in cui sorge l'abitato di Capri, costituita dalle successioni terrigene mioceniche sepolte da depositi di copertura costituiti da detriti carbonatici degradati dai rilievi e da vulcanoclastiti riferibili al vulcanismo campano del Pleistocene superiore (cfr. carta geomorfologica).

Un'altra depressione tettonica (*graben*) si è generata in posizione baricentrica tra Meta e Sorrento (figg. 2, 9, 12). E' delimitata da due faglie trasversali ad andamento NW-SE che, in prossimità della costa, formano le falesie strutturali di Punta Gradelle e Punta del Capo; al centro di questa zona ribassata si eleva una esigua dorsale (*horst*) che comprende il rilievo del Picco S. Angelo (fig. 12). Tali faglie hanno prodotto vistosi effetti sulla morfologia costiera, testimoniati dalle riseghe della falesia, più marcate nel versante SW. Le faglie ad andamento E-W e NE-SW hanno sagomato la Penisola, creando un disegno costiero dall'andamento quasi lineare, soprattutto nel versante meridionale, marginato da alte falesie strutturali.

La dorsale Monti Lattari-Penisola Sorrentina è formata in prevalenza da rocce dolomitiche, calcareo-dolomitiche e calcaree, stratificate in strati e banchi di spessore variabile, di età Giurassica e Cretacica. Le dolomie affiorano nel settore orientale del fianco meridionale della dorsale; le rocce calcaree e calcareo-dolomitiche nella



porzione centrale.

I rilievi collinari della porzione più peninsulare del promontorio sono costituiti da arenarie quarzose grigio-azzurre e giallastre (Miocene inferiore) a grana media e grossa, in strati e banchi irregolari, intercalate a marne siltose grigio giallastre. Talvolta si rinvengono inglobate alternanze di argille, marne, calcari e calcari con selce (Argille Varicolori Auct.); queste risultano sovrapposte tettonicamente ai depositi arenacei grazie a fasi compressive mioceniche. Al fronte settentrionale di Monte S.Costanzo una faglia inversa ha determinato la sovrapposizione dei calcari cretacici sulle successioni mioceniche

I depositi di cui in precedenza sono drappeggiati da depositi quaternari con estensione e spessore variabile; sono costituiti da depositi continentali detritici, da vulcanoclastiti incoerenti, da tufi e da ridotti depositi ghiaioso sabbiosi di spiagge antiche, recenti ed attuali. La presenza di queste coperture maschera spesso il substrato roccioso, consentendogli l'esposizione lungo versanti acclivi, tagli naturali o artificiali, impluvi e le falesie costiere.

Nel versante meridionale della dorsale sorrentina e nella vicina isola di Capri, a circa 8 m sul l.m., sono intagliati solchi di battente da erosione marina e limitati accumuli di depositi di spiaggia riferibili all'ultimo Interglaciale (circa 125.000 anni dal presente); si sono formate nel corso di una fase climatica calda, durante la quale il l.m. si spinse a tale quota. A partire da tale periodo la Penisola si caratterizzava per un periodo di sostanziale stabilità tettonica; non sono stabili, invece, le condizioni climatiche da questo periodo. Con alterne fasi glaciali ed interglaciali si passa ad una fase di forte raffreddamento climatico avvenuta 18.000 anni dal presente (glaciazione Wurm III); il livello del mare raggiunge la quota più bassa, spostandosi sino all'attuale batimetrica dei 120 m. Tale evento determina un avanzamento della linea di costa ed un prolungamento dei corsi d'acqua cui fece seguito un aumento della capacità erosiva e quindi un approfondimento delle valli. Le rocce calcaree, arealmente più estese, subiscono peraltro una forte degradazione crioclastica per azione del gelo e disgelo, producendo ingenti quantità di detrito accumulatisi alla base dei versanti e nei fondovalle principali.

Prima della glaciazione di 18.000 anni, circa 39.000 anni dal presente, violente eruzioni ignimbriche nell'area flegrea hanno prodotto densi flussi piroclastici su gran parte del territorio campano e sul versante settentrionale della Penisola Sorrentina, mettendo in posto depositi potenti circa 50 m, conosciuti come “*Tufo Grigio Campano*”. Probabilmente la linea di riva, al momento della deposizione del tufo, era ubicata in corrispondenza dell'attuale batimetria dei 30-40 m; i flussi scorrendo al suolo vennero ostacolati dalla dorsale calcarea del Picco S. Angelo (fig. 12) che consentì la deposizione dei prodotti solo nella depressione morfostrutturale (*graben*) tra Meta e Capo di Sorrento e non sul versante meridionale della penisola.

La successiva glaciazione determinò quindi un approfondimento delle incisioni torrentizie che solcavano i versanti meridionali e settentrionali della Penisola; in particolare, si accentuò il sezionamento del complesso *ignimbrico* con l'escavazione di *valloni* profondi fino a 50/60 m, dall'attuale piano campagna, in prossimità della costa, dove peraltro le valli si aprono con morfologie imbutiformi di varia ampiezza (fig. 13). Il successivo sollevamento del livello marino ha modellato le falesie (fig. 12), demolendo in particolar modo quella tufacea meno resistente; il disegno costiero tra le marine di Meta e di Sorrento rientra visibilmente rispetto alle falesie intagliate sugli speroni calcarei ai lati (fig. 9). Il punto di foce dei valloni si sposta verso l'entroterra; si accorciano i sistemi fluviali, aumentano le pendenze degli alvei e, di conseguenza, la capacità di erosione delle acque incanalate.

La risalita del livello del mare dopo l'ultimo *Pleniglaciale*, con alterne fasi termina circa 6.000 anni dal presente raggiungendo la quota di circa +2 m (trasgressione Versiliana) durante la fase di Optimum climatico (7.900-4.600 a.C.); l'attività erosiva del mare in tale periodo sagoma lungo la fascia costiera le alte falesie di erosione oltre le paleofalesie ai margini della piana del Sarno ed a Marina di Vico. Negli ultimi 2.000 anni infine, dall'epoca romana ad oggi, l'innalzamento medio del livello marino nel Mediterraneo, in aree tettonicamente stabili o a comportamento neotettonico noto, è stimato in misura di poco inferiore al metro, con una tendenza all'innalzamento ad un ritmo di circa 1.3 mm all'anno.

A partire dall'Optimum climatico, la costa della Penisola assume un aspetto simile

all'attuale, caratterizzato da limitati e bassi ripiani allo sbocco dei valloni, da piccole spiagge ghiaioso-ciottolose, protette a tergo da rientranze litostrutturali delle successioni rocciose affioranti, e da falesie attive più o meno alte che orlano quasi tutta la costa sorrentina. Alla base delle falesie, e segnatamente di quelle tufacee, accumuli di materiali di crollo confermano la morfodinamica accelerata cui sono soggette. A questa si è cercato di porre rimedio con bonifiche e rinforzi delle superfici esposte attraverso cementazioni, sarciture, muri di sostegno, contrafforti e con opere di difesa a mare, nei tratti maggiormente soggetti all'erosione.

## 5-UNITÀ FISIOGRAFICHE

Dal punto di vista morfologico il settore costiero indagato, di pertinenza dell'A.d.B. del Sarno, rientra nell'unità geomorfica principale del Golfo di Napoli (figg. 1 e 8). Questa unità, a sua volta, è costituita da unità fisiografiche minori quali il Golfo di Pozzuoli, la Baia di Bagnoli, la Baia di Napoli, il Golfo di Castellammare di Stabia, la Baia di Sorrento. In esse la circolazione dei sedimenti marini, apportati dai corsi d'acqua o dall'erosione diretta delle falesie costiere per opera del moto ondoso, risulta più o meno confinata, con minima evacuazione di sedimenti verso le maggiori profondità attraverso *canyons* e valli sottomarine.

Queste unità fisiografiche presentano, inoltre, differenti caratteri morfologici e strutturali della piattaforma continentale e più in generale del margine continentale; gli assetti sono connessi sia alla loro storia geologica nell'ambito del quadro orogenico dell'Appennino meridionale, sia all'evoluzione morfodinamica quaternaria ed in particolare alle relazioni tra processi geomorfici, eventi tettonici, vulcano-tettonici e fluttuazioni glacioeustatiche plio-pleistoceniche ed oloceniche.

Lo studio di dettaglio del sistema costiero di pertinenza dell'AdB impone quindi un'ulteriore anche se forzata suddivisione in subunità fisiografiche minori. Pertanto, utilizzando i criteri di cui innanzi, tenendo presente i caratteri di cui al paragrafo dell'inquadramento geologico e geomorfologico, la fascia costiera di pertinenza dell'A.d.B. può essere complessivamente suddivisa, dal punto di vista geomorfologico, in tre unità geomorfiche con evoluzione geomorfologica differente (fig. 14). Il settore

settentrionale, con orientamento NW-SE, costituisce la terminazione costiera del *piedimonte* vulcanico vesuviano la cui evoluzione è strettamente legata all'accumulo di lave e di sedimenti *vulcanoclastici* legati alle attività esplosive ed effusive del Vesuvio negli ultimi 5.000 anni. Segue il settore intermedio, rientrante rispetto agli altri due, con orientamento NNW-SSE, che si estende lungo la fascia di pianura costiera, solcata dal fiume Sarno. L'evoluzione geomorfologica della depressione tettonica, con substrato carbonatico ubicato a circa 2.000 m di profondità, che accoglie la piana costiera è controllata da processi legati al vulcanismo, che hanno contribuito notevolmente alla produzione detritica, da processi marino-costieri ed alluvionali che presiedono alla costruzione e all'aggradazione della piana, e da processi vulcano-tettonici che hanno gestito lo sviluppo subsidente della piana. Si passa infine al settore più meridionale, la dorsale carbonatica dei monti Lattari-Penisola Sorrentina, un'unità morfostrutturale che costituisce una sorta di *horst* allungato da NE verso SW e che gradualmente si ribassa verso occidente sino a riemergere con l'isola di Capri. L'ossatura di questo rilievo è costituito da rocce carbonatiche di età mesozoica e subordinatamente da una copertura di tufo grigio tardo quaternario che occupa la porzione centrale e da una copertura terrigena miocenica che mantella la parte più peninsulare della dorsale.

In base a tali premesse, l'area costiera di pertinenza dell'A.d.B. del Sarno è stata a sua volta suddivisa in 3 subunità fisiografiche cui si aggiunge la quarta corrispondente all'isola di Capri:

- 1<sup>a</sup>- da S.Giovanni a Torre Annunziata
- 2<sup>a</sup>- da Torre Annunziata a Castellammare di Stabia
- 3<sup>a</sup>- da Castellammare di Stabia a Punta Campanella
- 4<sup>a</sup>- isola di Capri.

Ogni subunità è stata ulteriormente suddivisa in subunità minori (fig. 14 e Tab. I in appresso) e ciascuna intesa come l'area marino-costiera, alimentata o meno da corsi d'acqua, delimitata ai margini da morfostrutture quali promontori, capi, o più in generale da strutture portuali, nell'ambito della quale la circolazione dei sedimenti

rimane confinata entro la “profondità di chiusura”, con modeste perdite verso i margini del sistema.

Numero	Nome Unità fisiografica	Da	a	. Km	Comuni interessati
.1	Portici NW	San Giovanni	Granatello	.52	Portici
.2	Portici SE	Granatello	Porto Torre del Greco	.19	Portici - Ercolano - T. Greco
.3	Litoranea	Porto di T. Greco	Porto T. Annunziata	0.84	T. Greco - T. Annunziata
.2	Golfo di C.mare di Stabia	Porto di T. Annunziata	Porto di C.mare di Stabia	2.68	T. Annunziata - C.mare di Stabia
.1	Vico Equense	Porto di C.mare di Stabia	Punta Scutolo	.31	C.mare di Stabia - Vico Equense
.2	Baia di Sorrento	Punta Scutolo	Punta del Capo	2.40	V. Equense-Meta, Piano, S. Agnello-Sorrento
.3	Marina di Puolo	Punta del Capo	Punta Capo di Massa	.39	Sorrento - Massa Lubrense
.4	Massa Lubrense	Punta Capo di Massa	Capo Corbo	.41	Massa Lubrense
.5	San Lorenzo	Capo Corbo	Punta di Vaccola	.79	Massa Lubrense
.6	Punta Campanella	Punta Vaccola	Punta Campanella	.05	Massa Lubrense
.1	Marina Grande	Punta del Capo (Capri)	Porto Marina Grande	.69	Capri
.2	Grotta Azzurra	Porto Marina Grande	Punta dell'Arcera	.49	Anacapri - Capri
.3	Cala del Rio	Punta dell'Arcera	Punta di Cala del Rio	.20	Anacapri
.4	Cala di Mezzo	Punta di Cala del Rio	Punta del Pino	.13	Anacapri
.5	Cala del Limmo	Punta del Pino	Punta Carena	.34	Anacapri
.6	Grotta Verde	Punta Carena	Punta Ventroso	.10	Anacapri
.7	Marina Piccola	Punta Ventroso	Punta di Tragara	.78	Anacapri - Capri
.8	Arco Naturale	Punta di Tragara	Punta del Monaco	.01	Capri
.9	Salto di Tiberio	Punta del Monaco	Punta del Capo (Capri)	.02	Capri

TAB. I – Elenco delle subunità fisiografiche costiere individuate.

## 6 – CARTOGRAFIA DEL SISTEMA COSTIERO E DELLE AREE DI DIRETTA INFLUENZA.

Ai fini di un’analisi delle modificazioni antropiche del territorio è stata eseguita sia l’analisi dello sviluppo lungo la costa delle strutture ed infrastrutture industriali, portuali, turistiche e residenziali, che la verifica della presenza di cave lungo le aree litoranee e lungo gli alvei nelle aree prossime alla costa. E’ stata altresì verificata sia l’esistenza ed il relativo impatto delle opere di regimazione idraulico-forestale nelle

aree prospicienti la costa che la verifica della presenza di opere di difesa litoranea e del loro impatto sulla costa oltre la verifica dello stato dei cordoni dunari. Un imponente grado di manomissione ha completamente sottratto all'ambiente costiero i cordoni dunari, potenti serbatoi naturali di sedimenti sabbiosi; la loro presenza era da attendersi solo nella fascia costiera del Golfo di Castellammare (fig. 14).

L'analisi ha consentito di rappresentare su carta gli elementi sia emersi che sommersi presenti lungo la costa e nelle aree prospicienti quali: porti, pennelli, moli, pontili, scogliere emerse, scogliere soffolte, cave, muri di qualsiasi genere, manufatti di ogni tipo, canali artificiali.

La rappresentazione in cartografia degli elementi emersi e sommersi ha imposto l'utilizzo della batimetria di base; quest'ultima viene restituita anche da sola in una *carta batimetrica* in scala 1:10.000, allegato n.4. I dettagli relativi a questo elaborato sono riportati nel paragrafo n.8; la scala di restituzione e la necessità di includere tutto il territorio costiero di pertinenza dell'AdB del Sarno hanno imposto la suddivisione in elementi individuati da numeri progressivi afferenti sempre all'allegato n.4 ed individuabili nel quadro di unione. La numerazione parte da S. Giovanni e gradualmente scorre in senso orario fino a Punta Campanella per poi includere l'isola di Capri.

Tutti i dati raccolti di cui in precedenza sono stati riportati in una carta tematica, su piattaforma ArcView in files formato .shp., denominata "*Morfodinamica e stato di antropizzazione della fascia costiera*" in scala 1:10.000 nell'allegato n.5; la scala di restituzione e la necessità di includere tutto il territorio costiero di pertinenza dell'AdB del Sarno hanno imposto la suddivisione in elementi, individuabili nel quadro di unione. La numerazione parte da S.Giovanni e gradualmente scorre in senso orario fino a Punta Campanella; per l'isola di Capri i dati sono riportati nella carta geomorfologica.

Le informazioni riportate e la legenda sono in accordo con quelle presenti nell'Atlante delle Spiagge Italiane, edito dal CNR (1985). Con il colore verde sono state indicate le opere umane; con il colore rosso i tipi naturali, mentre la dinamica idrologica e sedimentaria con il colore blu. Le informazioni riguardano:

- lo stato di antropizzazione della fascia costiera, con particolare attenzione alle

opere che hanno un rapporto con il regime meteomarinico e con la dinamica e l'evoluzione della linea di riva. Si è ritenuto opportuno non campire con il colore verde verso terra le aree costiere urbanizzate sia perché il perimetro di tali aree alla scala di restituzione è ancora ben distinguibile e sia perché la fascia costiera interna sarebbe risultata quasi ovunque di colore verde, atteso l'elevato grado di urbanizzazione delle aree di interesse;

- l'evoluzione della spiaggia emersa e le caratteristiche morfologiche essenziali della costa;

- la dinamica idrologica e sedimentaria del sistema costiero in relazione all'apporto di materiali detritici da parte dei corsi di acqua ed alle correnti prodotte dal moto ondoso.

E' stata inoltre redatta una *carta geomorfologica del sistema costiero* in scala 1:10.000, su piattaforma ArcView in files formato .shp., riportata nell'allegato n. 6, anch'essa suddivisa in elementi individuabili nel quadro di unione. La numerazione parte da S.Giovanni e gradualmente scorre in senso orario fino a Punta Campanella per poi includere l'isola di Capri.

La carta geomorfologica permette di evidenziare le forme del paesaggio emerso e sommerso; la loro analisi permette di ricostruire i processi morfogenetici che hanno modellato l'area. E' stata realizzata secondo le norme della *Guida al Rilevamento Carta Geomorfologica d'Italia (Servizio Geologico Nazionale, 1994)* ed è stata costruita sulla base topografica (fornita dall'AdB) e batimetrica (realizzata nell'ambito della presente convenzione), ambedue in scala 1:5.000. Gli aspetti del paesaggio fisico sono stati individuati attraverso un rilevamento *in situ*, in scala 1:5.000, integrato dallo studio di foto aeree, oltre che dal rilevamento batimetrico.

Sulla stessa sono stati preliminarmente riportati i principali litotipi affioranti presenti lungo le falesie; allo scopo le coperture recenti sono state cartografate solo quando significative ai fini del presente studio. I litotipi sono stati accorpati per litologie con comportamento geomeccanico e con grado di erodibilità simili; sono stati altresì riportati i principali elementi dell'assetto giaciturale e tettonico. Di seguito vengono riportati i colori utilizzati per i vari litotipi rilevati; questi vengono comunque ascritti

alla formazione di appartenenza come dalla *Cartografia Geologica 1:10.000* (AdB Sarno).

Giallo chiaro:

depositi incoerenti, depositi di spiaggia, e depositi vulcanoclastici, alluvionali, detritici, paleosuoli di riempimento della Piana del Sarno.

Giallo forte con puntini arancioni

vulcanoclastiti della microfalesia nel settore costiero vesuviano  
vulcanoclastiti rielaborate costituite da tufi e cineriti nella zona di Marina di Vico Equense (PTM).

Giallo con sovrasegno:

*debris flow* del settore costiero vesuviano;

Grigio chiaro:

*Tufo Grigio Campano* nella zona di Marina di Vico Equense, nel graben di Sorrento ed a Marina di Puolo (IGC);

Celeste:

arenarie, siltiti e marne mioceniche (ADD) tra Conca Azzurra e Marina della Lobra (graben di Massa Lubrense);  
arenarie, siltiti e peliti mioceniche (ADM) ad Est di Marina di Puolo.

Ocra:

conglomerati debolmente cementati nella zona di Castellammare (dove sono incise le paleofalesie) ed a Sud del lido Bikini (CSZ);

conglomerati debolmente cementati a SE del lido Bikini ed a Marina di Vico Equense (CVE);

brecce e conglomerati a matrice sostenuta di natura sabbiosa più o meno cementati con inclusi siltosi di età miocenica (BPC); si rinvencono tra Punta del Capo e Conca Azzurra (falesie inattive al retro dei terrazzi di abrasione marina e promontorio di Capo di Massa) e tra Marina della Lobra e Marciano (falesie inattive al retro dei terrazzi di abrasione marina).

Marrone:

calcarei cretaci (CMN, CMT);

brecce nella zona di Castellammare (BPl<sub>2</sub>);

olistolite calcareo a NE di Conca Azzurra (Ol);

calcareniti mioceniche a SW di Conca Azzurra, a Punta Lagno, a Nord ed a Sud di Cala di Mitigliano (CDR).

Arancione e giallo a tratto:

colore arancione: rocce ignee effusive (corpi lavici) in ambiente emerso e sommerso del settore costiero vesuviano; ove il forte spessore dei depositi di copertura in ambiente sommerso determina la restituzione di forme blande, i corpi lavici vengono rappresentati con il colore giallo a tratto.



Gli aspetti del paesaggio fisico sono stati classificati in funzione del principale agente responsabile della loro genesi e dell'agente responsabile della loro rielaborazione e quindi cartografati con opportuni simboli aventi un colore distintivo. Pertanto, ad esempio, le forme ed i processi relativi all'ambiente sommerso sono rappresentate con il colore azzurro, quelli fluviali con il colore verde. I conoidi alluvionali rappresentati quindi in ambiente emerso sono rappresentati dal colore relativo alle forme fluviali (verde); quando si prolungano in ambiente sommerso vengono indicati con il colore azzurro. Per le forme del rilievo viene fornita, oltre che un'interpretazione genetica, anche un'interpretazione sullo stato di attività, attraverso l'uso di tonalità differenti dello stesso colore. Vengono definite attive quelle forme che ancora oggi evolvono ad opera degli stessi agenti che le hanno originate, mentre si definiscono inattive quelle forme la cui evoluzione dipende attualmente da agenti differenti da quelli responsabili della loro genesi primaria. Ad esempio, una falda detritica attiva viene rappresentata con il colore rosso, inattiva con il colore rosso chiaro; similmente una falesia attiva con l'azzurro, quella inattiva con l'azzurro chiaro. A questo proposito è bene precisare che molte falesie attive sono state definite *inattive* grazie alla presenza di opere di difesa al piede; nel caso in cui le opere vengano asportate per un qualsiasi motivo andrà riconfermata l'attività.

Inoltre, se per alcune forme la genesi appare legata a più processi concomitanti, il cui ruolo è di difficile definizione, esse vengono classificate come forme poligeniche.

Nelle carte tematiche si è preferito separare i tematismi affrontati e non compendiarli in un'unica carta onde evitare un aggravio di simbologia, a scapito dell'agevole comprensione della stessa carta.

## **7- ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE DELLE PRATERIE DI FANEROGAME MARINE**

Un contributo alla dissipazione di energia del moto ondoso, oltre che da particolari morfologie del fondo, viene fornito da vegetazione che colonizza l'area sommersa, quali le praterie di *Posidonia oceanica*; dal punto di vista fisico esse contribuiscono anche a stabilizzare i fondali marini incoerenti agendo da trappola per i

sedimenti.

La *Posidonia oceanica* è una delle 5 fanerogame marine, insieme a *Cymodocea nodosa*, *Zoostera noltii*, *Zostera marina* e *Halophyla stipulacela*, tipiche del Mar Mediterraneo; è la più diffusa, coprendo una superficie di fondale pari a circa il 2% dell'intero bacino. La presenza di tale pianta, tuttavia, è limitata da una serie di condizioni chimico-fisiche dell'ambiente. Un primo fattore è la quantità di luce radiante necessaria per la funzione di fotosintesi; il limite batimetrico di distribuzione di *Posidonia* è dunque fortemente condizionato da cambiamenti di torbidità delle acque. In particolari condizioni, le praterie di *Posidonia* possono presentare sino a 700 ciuffi per metro quadro, con un numero variabile da 6 a 15 foglie per ciuffo. Le foglie, larghe circa un centimetro, possono raggiungere e superare la lunghezza di 1 metro. *Posidonia oceanica* si accresce principalmente per propagazione vegetativa, parallelamente al substrato, colonizzando ampie porzioni di substrato. L'azione di smorzamento svolta dalle foglie sull'idrodinamismo tuttavia, pur essendo molto importante per il mantenimento dei regimi sedimentari costieri, porta progressivamente ad un infossamento dei rizomi. Questo viene contrastato da una crescita, oltre che plagiotropa (parallela al substrato) da una crescita ortotropa (perpendicolare al substrato). La crescita ortotropa dei rizomi determina un innalzamento del fondale che si caratterizza da un intreccio di sedimento, rizomi e radici morte; tale struttura prende il nome di "*matte*". Un incremento di sedimentazione che venga controbilanciato da una crescita ortotropa determina una regressione e una progressiva sparizione della pianta. L'aumento del particellato fine, inoltre, si ripercuote sullo spessore del substrato ossidato, influenzando negativamente sull'assunzione dei nutrienti da parte delle radici.

In particolare, i fondali del tratto di costa antistante i comuni di Portici, Ercolano, Torre del Greco, Torre Annunziata fino alla foce del fiume Sarno, risultano essere caratterizzati dall'assenza delle praterie di *Posidonia oceanica* (Terlizzi A\*, comun. pers.). Questo è probabilmente da mettere in relazione all'intorbidamento delle acque e soprattutto alla modificazione del regime sedimentario costiero; quest'ultimo relazionabile prevalentemente agli interventi antropici e di urbanizzazione costiera ed alla presenza di scarichi di acque reflue avvenute negli ultimi 30 anni. La presenza, in

passato, della pianta lungo il tratto costiero è testimoniata da tracce di radici e rizomi morti all'interno della *matte*.

Lungo la costiera sorrentina *Posidonia* non forma vaste praterie a causa della scarsa estensione di fondali incoerenti entro la batimetrica dei 30 m (ove la pianta preferibilmente cresce) oltre che della loro elevata pendenza; è presente invece solo in alcune baie caratterizzate da moderati valori di pendenza e dalla presenza di conoidi costituiti da depositi incoerenti.

In particolare, da Castellammare a Punta del Capo sono state segnalate praterie a *Posidonia* poco sviluppate e con distribuzione discontinua. Il rilievo è avvenuto solo con sporadiche indagini dirette a mezzo ispezioni subacquee (Russo G.\*\*, comun. pers.); allo stato non esistono studi di dettaglio che abbiano consentito una cartografazione ed una zonazione accurata.

Studi di maggior dettaglio hanno consentito invece di censire e cartografare i sistemi nel tratto compreso tra Punta del Capo e Punta Campanella. Le praterie presentano densità dei ciuffi elevata, con copertura superiore al 50% (prateria densa), o bassa con copertura inferiore al 50% (semiprateria); si estendono dalla profondità di -5 m alla profondità di -20 m. I sistemi rilevati sono stati riportati nella carta geomorfologia in allegato.

Le praterie dense sono presenti nell'area tra Punta del Capo e Capo di Massa; si estendono dalla batimetria dei 5 m fino a quella dei 20m. Un altro sistema di prateria densa è stato rilevato tra Capo di Massa e Capo Corbo; essa è presente ad una profondità compresa tra i -10 m ed i -20 m e passa verso terra, sino alla profondità di -5 a semipraterie; in questo caso, attesa la profondità dei sistemi densi, si ritiene che essi non offrano un grosso contributo alla dissipazione di energia del moto ondoso. Anche tra Punta S.Lorenzo e Punta di Vaccola la prateria densa è presente a, relativamente, elevata profondità, tra i -10m e di -20m, e con un sottile lembo di semiprateria verso terra sempre entro la batimetria dei 10 m..

I sistemi più radi sono presenti tra Punta Lagno e Punta S.Lorenzo e nella cala di Mitigliano, ambedue ad una profondità compresa tra i -10m ed i -20m.

Lo studio ha peraltro consentito di rilevare l'influenza dei principali fattori fisici

sulla distribuzione delle praterie, quali la pendenza dei fondali contenuta entro valori del 20% circa e valori di irradianza maggiori del 19% della *Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR)* media annua presente in superficie.

\* Dr. Terlizzi Antonio, Ricercatore Conf., Di.S.Te.BA., Laboratorio di Biologia Marina, Università di Lecce

\*\* Prof. Russo Giovanni Fulvio, Biologo Marino, Università Parthenope, Napoli.

## 8- ACQUISIZIONE DATI NELLO SPAZIO SOMMERSO

L'analisi delle caratteristiche morfodinamiche ed idrodinamiche di un sistema costiero deve essere supportato dalla conoscenza della morfologia del fondo marino, delle caratteristiche meteomarine del paraggio, delle caratteristiche e della distribuzione dei sedimenti nonché del transito sedimentario. In base a tali premesse, sono state condotte campagne di rilievi batimetrici e di prelievo campioni di battigia e di fondo marino a profondità significative ed in corrispondenza di morfologie caratterizzanti.

I rilievi batimetrici, eseguiti tra la fine del 2003 e la prima metà del 2004, sono stati effettuati mediante GPS Differenziale con stazione di correzione satellitare (Sky Station) ed un Ecografo a registrazione continua Hydrotrac. Quest'ultimo è uno strumento progettato per l'esecuzione di rilievi batimetrici *in continuo* da natanti leggeri in aree costiere, zone sotto sponda ed in acque interne. E' compatto ed a tenuta stagna in assetto operativo; possiede dimensioni contenute e monta una stampante termica digitale per la gestione dei tracciati ad alta risoluzione.

### Specifiche tecniche

sensibilità di misura: 1 cm  
frequenza acustica: 200 kHz  
potenza: 500 Watt  
alimentazione: 11-28 VDC  
interfacce: 2 porte RS232  
stampante grafica termica da 8.5"  
display LCD altezza 1"  
tastierino ermetico  
comando di fix-mark manuale e remoto  
funzione di scala automatica  
ingresso per GPS (Global Positioning System)  
ingresso per compensatore d'onda  
annotazioni alfanumeriche sul tracciato carta

regolazione automatica di durata dell'impulso, AGC e TVG  
uscite: NMEA, Echotrac, Deso 20, ecc.  
chassis a tenuta stagna  
dimensioni: altezza 356 x larghezza 425 x profondità 203 mm  
peso contenuto: 14.5 kg

Per ciascun punto di rilievo batimetrico e di campionamento, ai fini di un posizionamento di precisione, sono state registrate le coordinate geografiche mediante DGPS (Differential Global Positioning System) collegato a LandStar, un servizio satellitare di trasmissione di correzioni differenziali GPS. LandStar diffonde le correzioni DGPS mediante satelliti in banda L; il sistema funziona secondo uno standard a livello mondiale, consentendo a tutti i ricevitori compatibili di operare nelle varie zone coperte dal servizio. Le correzioni differenziali sono calcolate e trasmesse con una rete, tanto da assicurare posizionamenti in tempo reale con una precisione migliore di un metro.

Specifiche tecniche:

a prova di intemperie  
basso assorbimento: 4 W  
antenna singola GPS/LandStar  
funzionamento completamente automatico, nessuna necessità d'interfaccia esterna  
compatibili con tutte le reti mondiali DGPS LandStar  
precisione in tempo reale migliore di 1 m  
dimensioni: 185 x 105 x 60 mm  
temperatura di lavoro: da -35°C a +85°C  
alimentazione 9-36 VDC (33mA - 12 V)  
urti e vibrazioni: RTCA DO-160C categoria N + vibrazioni casuali  
tenuta: IP66  
uscita RTCM: SC104 versione 2.0; RS232, 9600, 8, n, 1 (riprogrammabile)  
uscita NMEA: messaggi standard GGA, GLL, VTG; RS232, 9600, 8, n.1 (riprogrammabile)

Il GPS e l'Ecografo erano collegati in *real time* ad una stazione di registrazione mediante software di acquisizione-navigazione con capacità di acquisizione delle coordinate (Sistema UTM WGS84) e delle profondità di 15 punti al secondo.

I rilievi sono stati effettuati lungo transetti ortogonali alla costa di pertinenza dell'Autorità di Bacino del Sarno ad interasse compreso tra 150 e 300 m. I profili batimetrici registrati sono stati finalizzati al controllo morfologico ad alta definizione dei fondali. Oltre i rilievi lungo transetti, sono stati eseguiti rilievi batimetrici paralleli e

subparalleli alla linea di riva, entro breve distanza, lungo tutto il perimetro costiero di pertinenza dell'AdB a partire dalla profondità di 0.5m; sono stati altresì eseguiti rilievi batimetrici intorno a tutte le opere di difesa distaccate dalla costa. Ogni rilievo ha previsto la taratura del segnale ecografico mediante calcolo automatizzato della profondità, dell'unità di impulso sonoro rispetto alla superficie del mare e della velocità del suono in funzione delle caratteristiche dell'acqua (salinità, densità, temperatura).

I dati acquisiti, circa un milione, sono stati poi sottoposti ad un controllo di qualità mediante un modulo del software di acquisizione-navigazione, al fine di eliminare i punti che risultassero poco corretti rispetto alla continuità del rilievo; i dati risultati attendibili, per una corretta elaborazione, sono stati in seguito filtrati per l'acquisizione automatica di un dato ogni 30 cm di distanza dall'altro. Per l'elaborazione della carta batimetria (allegato n. 4) i dati utilizzati sono stati, dopo le differenti analisi, circa 287.000. La batimetria è stata elaborata mediante un software dedicato e georeferenziata mediante *GIS* secondo il Sistema UTM WGS 84. La batimetria, fino alla profondità di -20 m, viene restituita, secondo gli accordi prefigurati, in scala 1:10.000, su piattaforma ArcView in files formato .shp.

Le campagne di acquisizione dati sono state eseguite in tempi differenti strettamente connessi alle condizioni del mare. L'acquisizione dei dati nella fascia più prossima alla costa è terminata nella prima decade del giugno 2004; in questa maniera è stato possibile registrare i dati che includono le modificazioni costiere fino al 10 giugno circa. Solo nell'area a Nord del porto del Granatello erano ancora in corso lavori di ingegneria costiera.

Durante le campagne sono stati altresì prelevati campioni di sedimento di battigia e di fondo marino mobile in siti significativi ai fini della definizione degli aspetti morfologici e sedimentologici dell'area in studio; non sono quindi prelevati nelle aree portuali, in quelle fortemente manomesse oltre che lungo le spiagge ciottolose. I prelievi sono stati eseguiti da due subacquei specializzati, un geologo ed un naturalista, che curavano anche un controllo morfologico del fondo; nei siti inquinati i campioni sono stati prelevati a mezzo di benna calata dal natante. I campioni sono stati prelevati sia dal fondo marino mobile che dalla battigia entro la fascia più superficiale delle successioni

sedimentarie, pari a circa 5 cm. Sono stati pertanto prelevati n. 227 campioni di sedimento di cui n. 205 di fondo marino mobile a profondità comprese tra -0.5 m e -20 m e n. 22 di battigia; questi ultimi sono rappresentativi delle condizioni di massima energia nel profilo di una spiaggia. I campioni sono stati raccolti in sacchetti poi ermeticamente chiusi; per ognuno è stato registrato il numero della stazione di prelievo e la profondità, sia sulla busta che in apposita scheda.

## **9 - ASPETTI SEDIMENTOLOGICI**

### **9.1-STUDIO DEI CAMPIONI**

I campioni di sedimento prelevati con le modalità di cui al paragrafo *acquisizione dati nello spazio sommerso* sono stati sottoposti ad analisi granulometriche e tessiturali.

In particolare, dopo accurata preparazione e lavaggio dei campioni con acqua distillata e acqua ossigenata a 20 volumi con l'ausilio di una pompa a vuoto, si è proceduto alla loro asciugatura per 24h in forno a 110° e alla successiva setacciatura a secco fino al setaccio 45  $\mu$  con scuotitore meccanico per 15'. Per ogni singolo campione sono state costruiti, mediante un software appositamente predisposto, gli istogrammi e le curve cumulative.

Con i dati ricavati dalle analisi granulometriche si è poi proceduto alle analisi tessiturali; i risultati sono riportati in schede raccolte nel fascicolo in *allegato n.2*. Ogni scheda raccoglie i dati relativi a ciascun campione, la cui stazione di prelievo è ubicata nell'apposita carta. Sono stati in pratica ricavati graficamente dalle curve probabilistico-cumulative, tracciate su diagrammi logaritmo-probabilistici, i parametri statistici di FOLK & WARD (1957), quali:

Mz: Valore medio della distribuzione di frequenza;

$\sigma_1$ : Grado di selezione della distribuzione;

Sk<sub>1</sub>: Coefficiente di asimmetria;

K<sub>G</sub>: Coefficiente di appuntamento

I sedimenti sono stati infine classificati adottando la classificazione di FOLK (1968). Tutti i dati più significativi sono compendati nella TAB. II riportata nell'allegato n.2.

## 9.2-ANALISI DEI DATI ED INTERPRETAZIONE

L'ubicazione del prelievo di tutti i sedimenti è stata riportata sulla *Carta con l'ubicazione delle stazioni di campionatura dei sedimenti*, costruita sulla carta batimetrica georeferenziata con coordinate geografiche secondo il Sistema UTM WGS84; in tal modo è stato anche possibile cartografare i dati ottenuti dalle varie analisi. Tutti i dati ricavati e l'analisi dei dati di cui al presente paragrafo sono peraltro strettamente connessi a quelli riportati nel paragrafo *Effetti dei processi costieri e geomorfologia*, oltre che nelle due carte geotematiche realizzate: *Carta geomorfologica del sistema costiero* e *Carta della morfodinamica e stato di antropizzazione delle fascia costiera*. Solo per rendere una maggiore chiarezza nell'esposizione le analisi dei dati sedimentologici e di quelli geomorfologici sono separate per argomenti, atteso che la morfologia costiera e sottomarina assume un ruolo di controllo sui processi sedimentari che agiscono nel sistema costiero. Anche nelle carte tematiche si è preferito separare i tematismi affrontati e non compendiarli in un'unica carta onde evitare un aggravio di simbologia, a scapito dell'agevole comprensione della stessa carta.

Sono state realizzate varie carte, quali:

*Ubicazione delle stazioni di campionatura* (allegato n.7),

*Zonazione del Valore medio della distribuzione di frequenza-Mz*, ottenuta sia dai dati tessiturali dei sedimenti analizzati che da osservazioni dirette (allegato n.8a ); la carta è stata realizzata per il settore costiero del piedimonte vesuviano e per il settore costiero del Golfo di Castellammare di Stabia. Per i tratti costieri interessati da sedimentazione sabbiosa della penisola Sorrentina, per i quali era significativa l'analisi sedimentologica, è stata realizzata la carta con la *distribuzione areale del Valore medio della distribuzione di frequenza-Mz* (allegato n.8b);

*Distribuzione areale del Grado di selezione della distribuzione  $-\sigma_I$* , (allegato n.9),

*Distribuzione areale del Coefficiente di asimmetria- $Sk_I$*  (allegato n.10),

*Distribuzione areale delle frazione fine inferiore a  $4\phi$*  (allegato n.11).

Per ciascuna subunità, oltre che per quei pochi tratti costieri caratterizzati da spiagge emerse e sommerse sabbiose, sono state altresì costruiti tabelle e diagrammi che hanno messo in relazione il *Valore medio della distribuzione di frequenza-Mz* con la



*profondità di prelievo dei sedimenti, il Valore medio della distribuzione di frequenza-Mz con il Grado di selezione della distribuzione  $-\sigma_t$ ; il Grado di selezione della distribuzione  $-\sigma_t$ , con la profondità di prelievo dei sedimenti ed infine il Valore medio della distribuzione di frequenza-Mz con il Coefficiente di asimmetria -  $Sk_L$ .*

### ***Subunità tra San Giovanni a Teduccio e Granatello.***

I 13 campioni di sedimento prelevati in questa subunità, unitamente ai rilievi subacquei eseguiti, hanno consentito di definire che l'area è caratterizzata da una sedimentazione sabbiosa (fig.15 a, b, c, d; carte n° 7, 8a, 9, 10 e 11). Il tenore in sabbia varia da un minimo del 66.04% ad un massimo del 100%; i sedimenti si dispongono complessivamente secondo normali gradienti costa-largo. Depositi caratterizzati da sabbia grossolana con diametro medio compreso tra 0 ed 1  $\phi$ , nel settore settentrionale e da sabbia media in quello centro-meridionale, passano gradualmente a sabbia fine e poi a sabbie molto fine; quest'ultima caratterizzata da un tenore in frazione fine dal 22 al 34%. La classazione dei sedimenti è nel complesso discreta ( $<1.0$ ) mentre il grado di asimmetria spostato verso la frazione fine sta ad indicare un eccesso di frazione sottile non ripulito dai processi idrodinamici ( $>0,1$ ) relazionabile alla presenza sia di sedimenti relitti presenti sul fondo che ad una dinamica sedimentaria dominata da processi massivi e da modesti livelli energetici di questo tratto di costa.

### ***Subunità tra il Granatello ed il porto di Torre del Greco.***

I campioni prelevati in questa subunità sono 24, di cui tre di battigia; i risultati sono riportati in fig. 16 a, b, c, d, oltre che nelle carte n° 7, 8a, 9, 10 e 11.

I valori della distribuzione media di frequenza dei sedimenti raccolti sono nel loro complesso eterogenei; più tipi di sedimento sabbioso caratterizzano la subunità costiera in studio. La loro zonazione consente invece di stressare quattro aree complessivamente parallele alla costa che per grandi linee ben si adattano ai principali settori morfodinamici del sistema costiero, soprattutto nella porzione centro-meridionale della subunità. Il primo gruppo che associa sabbie molto grossolane passa verso il largo a sabbie grossolane, poi gradualmente più sottili; la percentuale di frazione fine è

contenuta generalmente entro il 10%. Depositi localizzati di sabbie fini sono interposti tra le sabbie medie a sud della struttura portuale del Granatello, ad indicare l'influenza delle opere di difesa sulla sedimentazione. Nel complesso i sedimenti sono mediocrementemente o discretamente classati e con distribuzioni granulometriche asimmetriche positive, con tendenza quindi ad una asimmetria verso la frazione fine.

I sedimenti di battigia del lido Comunale a Portici sono costituiti da sabbie medie, discretamente classate e con asimmetria delle curve verso la frazione fine; tali caratteri consentono di ricavare che i livelli energetici in questa modesta spiaggia sono localmente contenuti dalla presenza di opere antropiche a difesa della stessa.

Il tombolo a tergo delle scogliere parallele è caratterizzato da sabbie medie (c.223) con ottimo grado di selezione e con curve di distribuzione di frequenza prossime alla curva gaussiana. Nella sua porzione apicale (c. 222) la sabbia diviene grossolana ben selezionata, con eccesso di frazione grossolana, ad indicare condizioni più energetiche nei pressi del varco fra le scogliere.

Sabbie molto grossolane sono presenti nella fascia costiera meno profonda, fino a profondità intermedie, nella baia di Calastro, sedimentate sopraflutto alla struttura portuale di Torre del Greco. Tali sedimenti, in prosecuzione di quelli di battigia caratterizzano prevalentemente la spiaggia sommersa del settore interessato dalle scogliere in massi. La spiaggia sommersa, prospiciente le *pocket beaches* ciottolose, è nel tratto poco profondo caratterizzato da depositi ciottolosi (meglio individuabile nella carta n°5) e da ampi scogli a sviluppo tabulare di natura lavica.

### ***Subunità tra il porto di Torre del Greco ed il porto di Torre Annunziata***

I 73 campioni raccolti in questa subunità (fig. 17 a, b, c, d; carte n° 7, 8a, 9, 10 e 11), di cui 5 di battigia, hanno consentito una zonazione dei sedimenti di fondo e di battigia abbastanza complessa. Essa è da correlare sia alla articolata morfologia del fondo, caratterizzata da frequenti corpi lavici che si elevano dal fondo, e sia alla presenza delle strutture portuali e delle numerose opere di difesa che nell'insieme condizionano i processi sedimentari. I valori della distribuzione media di frequenza oscillano tra  $4,00\phi$  e  $-1,00\phi$ , corrispondenti rispettivamente alle classi di grandezza

sabbia molto fine e sabbia molto grossolana.

Nel settore settentrionale la sedimentazione è quanto mai varia; depositi di sabbia molto fine sono presenti all'imboccatura del porto di Torre del Greco evidentemente legati a processi di diffrazione del moto ondoso indotti dalla presenza del molo foraneo del porto. Passano lateralmente a sedimenti sabbiosi molto grossolani, poi fini ed infine medi, per passare di nuovo a sabbie grossolane fino a Torre Bassano. Depositati di sabbia molto grossolana sono presenti tra l'isobata dei 13 e 20m; probabilmente depositi relitti adagiati sul fondo.

Dal traverso di Torre Bassano fino a località Filangieri la distribuzione areale dei sedimenti si adatta complessivamente meglio ai principali settori morfodinamici del complesso costiero. Depositati di sabbia molto grossolana passano verso la batimetrica dei 5m a sabbia grossolana, ma poi bruscamente a sabbia fine. Nel complesso i sedimenti sono mediocrementemente se non discretamente classati ma anche in questo caso caratterizzati da una asimmetria verso la frazione fine, entro il 10%, mostrata dalle curve di frequenza. Anche in questo caso si rilevano valori dei parametri granulometrici che consentono di individuare condizioni energetiche variabili, ma spesso controllate da processi massivi. I sedimenti che caratterizzano i tomboli a tergo delle opere di difesa parallele, utilizzate per scopi ricreativi nel comune di Torre del Greco, sono caratterizzati da sabbie molto grossolane di colore grigio scuro, ben selezionate e praticamente con asimmetria delle curve verso la frazione grossolana ad indicare condizioni energetiche forti soprattutto per i sedimenti prossimi ai varchi delle difese.

La spiaggia che accoglie lo stabilimento lido Azzurro a Torre Annunziata si è generata grazie all'ostacolo fornito dal molo foraneo del porto che ha determinato nel tempo l'accumulo di gran parte dei sedimenti provenienti da Nord-Ovest. La presenza del molo foraneo ha determinato l'accumulo nel tempo, in un periodo di almeno 160 anni, di gran parte dei sedimenti trasportati dal flusso sedimentario lungo costa verso SE che ha indotto una graduale progradazione del litorale per accrescimento frontale; la tendenza all'avanzamento della linea di riva è individuabile anche dai caratteri morfologici della spiaggia sommersa. La spiaggia emersa è caratterizzata da sabbia media grigio scuro (c.224 e c.225) nel tratto nord-occidentale, che gradualmente passa

verso SE a sabbia grossolana (c.226); sono sedimenti unimodali con moda principale compresa nell'intervallo  $1,5\phi$  e  $2,0\phi$ , ben classati, e con curve di distribuzione di frequenza prossime alla curva gaussiana. Depositi di sabbia grossolana caratterizzano la sabbia sommersa fino alla batimetrica dei 5 m; qui si riconoscono morfologie da accumulo sabbioso nella porzione centrale della spiaggia sommersa ad indicare processi di progradazione per accumuli frontali. Agli estremi invece si individuano canali incisi nel fondo che tendono ad evacuare i sedimenti verso maggiore profondità; il primo canale a NW determinato dalla morfologia costiera e dalla presenza delle opere di difesa, l'altro a SE legato all'influenza del molo di sopraflutto del porto. Dalla batimetrica dei 5m i depositi sabbiosi grossolani passano bruscamente a depositi sabbioso fini, senza termini intermedi, ad eccezione di una modesta e localizzata area tra i 6 ed i 9m di profondità allo sbocco di un modesto canale generato dall'azione di celle di circolazione secondaria legate alla presenza di opere di difesa; il canale convoglia in questo settore, e similmente in tutte le aree caratterizzate da canali, depositi sabbiosi debolmente più grossolani degli altri perché alimentati da depositi provenienti aree costiere. La presenza diffusa di depositi sabbioso fini, arricchiti di una frazione siltosa mai superiore al 10%, con asimmetria delle curve sempre verso la frazione fine è relazionabile all'azione di intercettazione determinata dal molo foraneo del porto di Torre Annunziata.

Lo studio delle caratteristiche sedimentologiche ha consentito di individuare condizioni di bassa energia per i sedimenti ubicati ad maggiori profondità o a tergo delle opere di difesa, e di forte energia per i sedimenti fra i varchi delle opere e nella fascia lato mare delle stesse.

### ***Subunità tra il porto di Torre Annunziata ed il porto di Castellammare di Stabia***

Sono stati analizzati 52 di cui 12 di battigia; i risultati delle analisi granulometriche e tessiturali sono riportati in fig. 18 a, b, c, d, e nelle carte n° 7, 8a, 9, 10 e 11.

Gli studi sedimentologici per quest'area hanno consentito di rilevare in generale condizioni di ridotta energia che hanno favorito processi di sedimentazione di depositi

fini, oltre che una forte influenza delle opere sulla sedimentazione. Segnatamente condizioni di bassa energia hanno consentito la sedimentazione di corpi sabbiosi medio e fini nelle aree ridossate dai moli di sopraflutto dei due porti posti ai margini del golfo, condizioni che hanno consentito importanti progradazioni delle spiagge, per accumuli frontali individuabili anche nella spiaggia sommersa grazie all'andamento delle batimetriche.

Queste aree sono caratterizzate da una sedimentazione costituita da sabbia fine, da mediocrementemente a ben classata, che interessa fondali dalla battigia fino alla batimetrica dei 20 m. Le curve di distribuzione di frequenza mostrano spesso un'asimmetria verso la frazione grossolana, ad indicare probabilmente la presenza di una frazione grossolana residuale. La riduzione nel tempo delle condizioni energetiche è rivelata dalle caratteristiche granulometriche e tessiturali di sedimenti prelevati a - 20 cm (c. 101) in un piccolo cavo geognostico eseguito per fini sedimentologici (fig. 19), sulla battigia della spiaggia ridossata dal molo di sopraflutto del porto di Castellammare di Stabia ed appoggiata al molo di sottoflutto del porto. Tali sedimenti sono più grossolani di quelli a tetto; si tratta infatti di sedimenti esclusivamente sabbiosi, ed in particolare di sabbia media unimodale, con moda principale pari a  $2\phi$  mediocrementemente classata, con curve di distribuzione di frequenza prossime alla curva gaussiana; caratteristiche queste che consentono di ricavare più forti condizioni idrodinamiche presenti all'atto della sedimentazione di tali depositi. In pratica, condizioni legate ad un molo foraneo più corto che non schermava questo tratto litoraneo; l'ultimo prolungamento del molo avvenuto una decina di anni or sono ha determinato la diffrazione del moto ondoso e quindi la rotazione dei fronti di onda per deformazione degli stessi, accentuando la componente lungo costa in direzione dei porti. Le condizioni attuali si riflettono invece nelle caratteristiche tessiturali che indicano una riduzione delle condizioni energetiche che consentono la sedimentazione di depositi (c.10, 11, 36) sempre unimodali ma con moda inferiore pari a  $2,5\phi$  che restituiscono sedimenti sabbioso fini ben selezionati e con curve di frequenza mesocurtiche. Le analisi hanno permesso in definitiva di rilevare una netta diminuzione della taglia dei sedimenti dal basso verso l'alto (fig.19); le caratteristiche granulometriche e tessiturali e l'organizzazione verticale *fining upward*

indicano una diminuzione dei livelli energetici del moto ondoso, determinata dal riparo offerto dal nuovo tratto di molo foraneo realizzato da una decina di anni.

Le caratteristiche sedimentologiche dei sedimenti più superficiali di battigia finora descritti permangono nel tratto sommerso interessato dalle scogliere soffolte, ubicate alla profondità di circa 4-5m, comprese tra questo ultimo porto ed il porto turistico “Marina di Stabia”. Il confronto tra le linee di riva del 1997 e del 2003 mostra una debole tendenza all’espansione del tratto di spiaggia difeso dalle scogliere soffolte pari a circa 10 m, con tasso di progradazione pari a circa 1.5 m/a. Pertanto la progradazione del tratto di litorale protetto dalle scogliere soffolte dovrebbe essere pari a circa 4-5 m in 3 anni, atteso che le scogliere sono state posate nel 2000. In realtà si ritiene che, in questo tratto con tendenza alla progradazione, sia le scogliere che il molo foraneo del porto concorrano congiuntamente alla mitigazione dell’energia del moto ondoso. Infatti, le caratteristiche tessiturali dei sedimenti di battigia del tratto di spiaggia non più ridossato dal molo foraneo del porto riflettono condizioni energetiche relativamente a maggiore dinamismo. La battigia è infatti caratterizzata da sabbia molto grossolana passante verso Nord a sabbia grossolana nell’area ridossata dalla scogliera parallela emersa a Sud dell’hotel Miramare; pertanto, la tendenza alla progradazione della spiaggia allo stato sembra terminare in questa area. Peraltro, sebbene presenti al largo le barriere soffolte, in corrispondenza del tratto che accoglie la struttura alberghiera, le condizioni energetiche elevate hanno determinato processi erosivi che hanno indotto un arretramento della linea di riva oltre che la riduzione delle quote dei profili di spiaggia. Tali processi hanno determinato nel tempo l’esumazione dei pali di fondazione della struttura.

In tutto il restante tratto di battigia, verso Nord, si registrano nei sedimenti di battigia condizioni energetiche complessivamente elevate; questo è caratterizzato da sedimenti sabbioso medi, con moda principale tra  $2.5\phi$  e  $3\phi$ , poco o discretamente classati, con asimmetria delle curve verso la frazione grossolana oppure senza alcuna coda nelle curve di distribuzione di frequenza. Passano verso Nord, fino al porto di Marina di Stabia, a sedimenti sabbioso grossolani unimodali ( $0,5\phi$ ), mediocrementemente classati con curve di frequenze platicurtiche ed asimmetria verso la frazione fine. In

questi ultimi due tratti si osserva peraltro la presenza discontinua di ciottoli a piastrella, verosimilmente relitti di una fase di deiezione dei torrenti qui confluenti.

Nel complesso appare che le barriere soffolte contribuiscono alla dissipazione dell'energia del moto ondoso solo nel tratto influenzato più o meno direttamente dall'azione schermante del molo di sopraflutto del porto di Castellammare. Anche i sedimenti di battigia presenti sul litorale a Nord della foce del fiume Sarno posseggono caratteristiche granulometriche e tessiturali che riflettono forti condizioni energetiche, ad eccezione di quelli presenti nel settore ridossato dallo scoglio di Rovigliano. Tale area è caratterizzata da progradazione per accumulo frontale evidente sia sulla spiaggia emersa che nelle caratteristiche morfologiche di quella sommersa. Gli altri sedimenti sabbiosi, come accennato, sono grossolani e moda pari ad  $1\phi$  e verso Nord molto grossolani, con istogrammi unimodali con moda  $0,5\phi$ ; le analisi tessiturali mostrano curve leptocurtiche quasi simmetriche in sedimenti ben selezionati. Interposta, una piccola area ridossata di sabbie medie sia nei pressi della piattaforma in massi a difesa dello sbocco del canale Conte di Sarno sia più a Nord in adiacenza al tratto di litorale interessato da pesanti manomissioni (a nord dell'area ex Deriver). Tali sedimenti si estendono fino alla batimetria dei 7m; questi ultimi posseggono caratteristiche tessiturali diversificate, probabilmente perché legate ai depositi relitti dell'antico complesso di foce del fiume Sarno, il cui paleoconoide in lembi è visibile nel fondo (cfr. carta geomorfologica).

Depositi sabbiosi molto fini caratterizzano infine una grossa area sommersa nell'intorno della foce del fiume Sarno e fino, ma verosimilmente anche oltre, la batimetria dei 20m. Sono sedimenti ricchi in residui organici che praticamente afferiscono all'attuale complesso di foce del fiume Sarno individuato sul fondo; sono caratterizzati dal più elevato tenore in frazione fine contenuto entro il 50% e da uno scarso, ma talvolta discreto, grado di selezione oltre che da curve di distribuzione di frequenza spesso platicurtiche, con asimmetria verso la frazione fine.

### ***Subunità tra Castellammare di Stabia e Punta Scutolo***

*Arenile Pennello* (fig.20 a, b, c, d; carte n° 7, 8b, 9, 10 e 11).

I sedimenti prelevati dal fondo della spiaggia sommersa dell'arenile Pennello si dispongono secondo normali gradienti costa-largo; sedimenti grossolani costituiti da ghiaie, sabbia molto grossolana e da sabbia grossolana presenti a minori profondità, entro la batimetrica dei 3 m, passano verso il largo a sabbie più sottili. Verso il largo infatti ricadono diffusamente nel campo della sabbia media e fine. Nel complesso risultano mediocrementemente se non ben classati e caratterizzati da curve della distribuzione di frequenza simmetriche o asimmetriche verso la frazione grossolana. La distribuzione areale della frazione fine inferiore a  $4\phi$  è praticamente sempre inferiore all'1%, con un picco pari al 2,43%.

L'analisi sedimentologica consente di rilevare anche per i sedimenti più sottili condizioni di forte energia ambientale per questo settore costiero poco ridossato e peraltro non interessato dalla presenza di depositi di conoide alluvionale. Anche l'analisi delle curve cumulative permette di stabilire che i sedimenti studiati hanno subito un trasporto prevalentemente per saltazione.

#### Bagni di Pozzano (fig.21 a, b, c, d; carte n° 7, 8b, 9, 10 e 11)

In questo tratto di costa i sedimenti si presentano disomogenei e ricadono principalmente nella classe della sabbia molto grossolana e grossolana sia sotto costa che ad otto metri di profondità, nella classe della sabbia media dalla profondità di 1.6 m a 5,5m ed infine nella classe della sabbia fine per profondità comprese tra i 5 e i 11,5 m ma anche ad 1,3 m. Le percentuali di frazione fine sono sempre contenute entro una media dell'1% con valori massimi pari a 2,99%; il grado di selezione è in generale scadente e l'andamento delle curve di frequenza migra con gradualità da asimmetrico verso la frazione grossolana, sia per i campioni sia sottili che grossolani, ma anche nell'intorno dello 0 ad indicare una distribuzione prossima alla curva gaussiana. Tale zonazione sembra risentire dell'influenza delle sedimentazione dei torrenti; lungo il fondo infatti l'analisi morfologica ha consentito di individuare la presenza di conoidi relazionabili a complessi di foce attuali.

#### Area sommersa fosso Sperlonga (Tab. II, allegato 2 e carte n° 7, 8b, 9, 10 e 11).



Depositi ghiaiosi sotto costa mediocrementemente classati e con asimmetria positiva passano verso il largo a sabbie medie con caratteri tessiturali simili; i risultati delle analisi sedimentologiche consentono di individuare condizioni di trasporto a bassa energia probabilmente relazionabile alle opere di difesa presenti. Verso il largo passano a sabbia grossolana verosimilmente relitta, mediocrementemente classata; caratteristiche che indicano gli effetti di un'attività massiva evidentemente legata al deposito del complesso di foce del corso d'acqua ospitato dal fosso Sperlonga.

*Marina di Aequa* (fig.22 a, b, c, d; carte n°7, 8b, 9, 10 e 11)

I sedimenti sono stati prelevati nell'area esterna al porto, verso NE, nell'area sottoflutto e fino alla spiaggia sommersa dello Sporting.

Sedimenti eterogenei caratterizzati da ghiaia e da sabbia da molto grossolana a grossolana entro la profondità di circa 7 m, da mediocrementemente a discretamente selezionati, sono presenti sottoflutto alla struttura portuale ad indicare condizioni di forte energia legate all'attività di celle di circolazione secondaria che hanno peraltro inciso modesti canali nel fondo. Condizioni di forte energia sicuramente attese in quest'area, come in tutte le altre sottoflutto in costiera Sorrentina, caratterizzata peraltro da una tendenza all'erosione nella sua linea di riva.

Verso il largo sedimenti passano a sedimenti sabbiosi da medi a fini che presertano caratteri granulometrici e tessiturali in accordo con il settore morfodinamico cui afferiscono.

***Subunità tra Punta Scutolo e Punta del Capo***

*Alimuri* (fig. 23 a,b,c,d ; carte n° 7, 8b, 9, 10 e 11)

La presenza del grosso molo foraneo del porto induce condizioni di bassa energia in buona parte della baia. Infatti i sedimenti prelevati a profondità comprese tra 1 m ed 8.1 m sono prevalentemente sabbioso fini con valori di  $M_z$  compresi tra 2.26 e 2.90 $\phi$  frazione fine entro 8.16%, asimmetria prossima allo zero e nel complesso ben classati.

Sedimenti costituiti da sabbia molto grossolana, unimodale, mediocrementemente

selezionata, con tenori in ghiaia pari ad 8.57 %, sono presenti nella fascia settentrionale della baia, non schermata più dal molo ed interessata dalla presenza di un canale inciso nel fondo legato verosimilmente a condizioni di elevata energia idrodinamica.

### **9.3-DERIVA DEI SEDIMENTI LUNGO COSTA**

Al fine della individuazione della deriva dei sedimenti lungo costa, rivelata dagli assi di transito sedimentario nell'area in studio, è stata infine condotta una analisi isomodale, utile per individuare le popolazioni sedimentarie interessate alla dinamica.

Mediante un software appositamente elaborato sono state analizzate le curve di frequenza di ciascun campione, sia di battigia che di fondo; per ognuno sono state riconosciute le formule modali espresse dal valore della moda e dalla percentuale della sua frequenza di apparizione. Dall'analisi delle formule modali dei singoli campioni e dalla loro frequenza di apparizione sono state riconosciute le subpopolazioni granulometriche che concorrono alla dinamica sedimentaria nell'area indagata.

E' stata, quindi, ricavata la formula modale media per gli unici due settori significativi, ovvero tra S.Giovanni ed il porto di Torre Annunziata e tra questo ed il porto di Castellammare di Stabia.

#### *Settore tra S.Giovanni ed il porto di Torre Annunziata*

Subpopolazione ghiaia:  
intervallo 3.08-3.08  
picco ?  
percentuale 5

Subpopolazione sabbia molto grossolana:  
intervallo 1.67-1.07  
picco ?  
percentuale 20

Subpopolazione sabbia grossolana:  
intervallo 0.89-0.56  
picco ?  
percentuale 25

Subpopolazione sabbia media:  
intervallo 0.35-0.35  
picco ?  
percentuale 5

Subpopolazione sabbia fine:  
 intervallo 0.24-0.14  
 picco 0.23  
 percentuale 45

La formula modale media risulta perciò:

$$(?) 5\% + (?) 20\% + (?) 25\% + (?) 5\% + (0.23) 45\%$$

Settore tra il porto di Torre Annunziata ed il porto di Castellammare di Stabia.

Subpopolazione ghiaia:  
 intervallo 6.93-2.98  
 picco 3.08  
 percentuale 7.35

Subpopolazione sabbia molto grossolana:  
 intervallo 1.67-1.07  
 picco 1.59  
 percentuale 10.29

Subpopolazione sabbia grossolana:  
 intervallo 0.9-0.51  
 picco 0.62  
 percentuale 23.53

Subpopolazione sabbia media:  
 intervallo 0.43-0.25  
 picco 0.39  
 percentuale 16.18

Subpopolazione sabbia fine:  
 intervallo 0.24-0.13  
 picco 0.21  
 percentuale 38.24

Subpopolazione sabbia molto fine:  
 intervallo 0.09-0.08  
 picco 0.08  
 percentuale 4.41

La formula modale media risulta perciò:

$$(3.08) 7.35\% + (1.59) 10.29\% + (0.62) 23.53\% + (0.39) 16.18\% + (0.21) 38.24\% \\ + (0.08) 4.41\%$$

Sia dalla tabella relativa alle subpopolazioni sia dalla formula modale media si evince che le popolazioni granulometriche che efficacemente concorrono alla dinamica

sedimentaria dell'area sono la sabbia grossolana, la sabbia media e la sabbia fine. Al fine di riconoscere le modalità di dispersione dei materiali sabbiosi lungo tutto il litorale sono state costruite le *carte dei vettori di transito sedimentario* (allegati n. 12 a-b-c) relative alle differenti subpopolazioni riconosciute.

La disposizione dei vettori di transito relativi alle sabbie grossolane nel tratto di costa tra il Granatello e Torre Annunziata consente di individuare il loro movimento (carta n. 12a) in aree prossime alla costa ed all'interno della batimetrica 10 m da Nord-Ovest verso Sud-Est per poi deviare, all'altezza di Torre Scassata, verso Est. Tale processo può essere verosimilmente legato alle ondate provenienti dal III quadrante (cfr. capitolo 12).

Similmente per le sabbie medie (carta n.12b), ad un movimento prevalentemente da Nord-Ovest verso Sud-Est, all'altezza del Granatello e nella baia a NW del porto di Torre Annunziata, si unisce una componente trasversale che tende a muovere ed evacuare i sedimenti verso il largo; la sabbia fine (carta n.12c) invece conferma per tutto il tratto ambedue le componenti. In tutti i casi, i depositi convergono tutti nell'area sopraflutto del porto di Torre Annunziata.

Nel tratto tra i porti di Torre Annunziata e Castellammare di Stabia la disposizione dei vettori di transito relativi alle sabbie grossolane consente di individuare il loro movimento (carta n. 12a ) in aree prossime alla costa ed all'interno della batimetrica 12 m da NW verso SE; tale processo può essere verosimilmente legata alle ondate provenienti dal III quadrante (cfr. capitolo 12) e all'orientamento della costa. Similmente per le sabbie medie (carta n.12b), ad un movimento prevalentemente da NW verso SE si unisce una componente trasversale che tende a muovere i sedimenti verso il largo.

La disposizione degli assi di transito relativi alle sabbie fini consente di individuare il loro movimento (carta n. 12c ) in aree prossime alla costa ed all'interno della batimetrica dei 12 m prevalentemente trasversale verso la costa da NW verso SE cui si unisce una componente longitudinale da NNW verso SSE; in pratica i due movimenti convergono per dirigersi lungo la direzione con orientamento NNW - SSE.

In definitiva, per il tratto compreso tra il Granatello e Torre Annunziata la

direzione ed il verso dell'andamento dei vettori di transito sono univocamente individuabili, ovvero da NW verso SE; questo dato è peraltro confermato dall'ubicazione di gran parte del recapito degli accumuli sedimentari a NW del porto di Torre Annunziata. Nel Golfo di Castellammare di Stabia gli accumuli osservati a SE del molo del porto di Torre Annunziata ed a NE del porto di Castellammare indicano, invece, un *drift litoraneo stagionale* diretto, rispettivamente, sia da SE verso NW e sia da NW verso SE (figg. 12 a, b ,c), in relazione ai venti ed alle ondate dominanti del periodo ed in relazione all'orientamento della costa. Un *drift* diretto nelle due direzioni può essere inoltre spiegato dalla presenza di ondate più frequenti con direzione ortogonale alla linea di riva (cfr. capitolo 12) che determinano la genesi di correnti lungo costa contemporanee e dirette nelle due direzioni prima citate. Tali correnti tendono ad addossare ai moli di sottoflutto dei due porti i sedimenti depositi all'imboccatura dei porti stessi grazie alla diffrazione del moto ondoso, proveniente dal III quadrante, sui moli di sopraflutto.

A testimonianza di tale variazione del regime litoraneo è il processo di insabbiamento dell'imboccatura del porto di Torre Annunziata a seguito della deposizione dei sedimenti sottratti alla normale dinamica dell'area. Inoltre, la presenza del porto di Torre Annunziata, costruito nel 1836 (cfr. paragrafo evoluzione) ha operato una modificazione del transito sedimentario, determinando l'avanzamento della spiaggia che ospita il Lido Azzurro a NW del molo di sopraflutto, e l'erosione generalizzata di tutto il litorale nell'intera unità fisiografica, a SE dello stesso. Il molo foraneo ha provocato l'intercettazione dei sedimenti trasportati dalle correnti lungo costa da NW e la mancata redistribuzione di questi lungo i tratti costieri posti a SE, in tutto il golfo di Castellammare.

## **10. MORFODINAMICA LITORANEA E VARIAZIONI RECENTI ED ATTUALI DELLA SPIAGGIA.**

L'esame ed il confronto della cartografia storica e recente per i tratti caratterizzati dalla presenza di spiagge di rilievo ha consentito di delineare l'evoluzione della linea di riva lungo la costa di pertinenza dell'AdB Sarno.

Il confronto è stato eseguito per tutte aree utilizzando sia le carte topografiche IGM in scala 1:25.000, con data pre-1836, 1870-76, 1906-07-09, 1913-20, 1936-41, 1954, 1966 (1:100.000), 1980, e sia le foto aeree con riprese del 1955 e 1975 (isola di Capri), 1974 (costa Sorrentina) e del 1984 (per tutta la costa di pertinenza dell'AdB) in scala 1:20.000 circa. E' stata altresì utilizzata la cartografia in scala 1:5.000 del 1974 con gli aggiornamenti del 1989 (Carta Tecnica della Regione Campania per la Penisola Sorrentina - Assessorato all'Urbanistica e all'Assetto Territoriale), oltre una parte di questa ultima del 1974 senza gli aggiornamenti, la cartografia in scala 1:5.000 del 1998 (Amministrazione Provinciale di Napoli) e la cartografia in scala 1:5.000 elaborata dal CED dell'AdB, su basi topografiche comprese tra il 1980 ed il 1997, aggiornata nella sua linea di costa grazie a riprese satellitari del febbraio/settembre 2003.

Attesa l'età delle carte storiche, le valutazioni inerenti le variazioni e l'evoluzione della linea di riva sono esclusivamente di tipo qualitativo. Solo per gli ultimi 10-20 anni vengono indicati nel prosieguo della relazione tassi di arretramento o espansione della spiaggia, resi possibili sia dalla scala a maggior dettaglio delle carte disponibili prima citate e sia dalle tecniche più avanzate per la redazione delle carte. Tuttavia anche per questi valori viene preso in considerazione il solo dato qualitativo, atteso il suo valido contributo nell'individuazione degli effetti dei processi evolutivi nel settore costiero finalizzati alla definizione dei fattori di pericolosità costiera.

Nel complesso l'analisi di tutti questi documenti ha consentito di definire la morfoevoluzione di alcuni litorali a partire dagli ultimi 170 anni circa (settore costiero centro settentrionale dell'AdB), con una maggiore accuratezza negli ultimi anni.

In particolare, è stata eseguita un'analisi articolata nel tratto compreso tra il Granatello e Torre Annunziata per il periodo compreso tra il 1870 (questo rilievo ha subito modifiche nel 1906) ed il 2003 e nel tratto tra i porti di Torre Annunziata e Castellammare di Stabia, nell'intervallo di tempo compreso tra un periodo precedente il 1836 (in questa carta ITM non compare il porto di Torre Annunziata la cui costruzione inizia nel 1836) ed il 2003.

Le variazioni storiche della linea di riva tra il Granatello e Castellammare, che hanno peraltro condotto all'attuale assetto costiero, sono state analizzate su varie carte;

ai fini di una semplificazione della lettura sono state disegnate solo le linee di riva che introducevano nuovi elementi significativi per lo studio dell'evoluzione. L'analisi ha consentito di confermare che l'evoluzione del settore costiero del Golfo di Castellammare è strettamente dipendente da quella settentrionale; è infatti molto verosimilmente legata alla costruzione del molo foraneo del porto di Torre Annunziata avvenuta nel 1836 (fig. 24), e poi alla costruzione del porto di Torre del Greco avvenuta verso la fine del 1800. I porti hanno impedito la naturale evoluzione morfodinamica dei litorali, intercettando con il molo di sopraflutto i sedimenti trasportati dal *drift* lungo costa con provenienza da NW e direzione verso SE e sottraendo una grossa aliquota di sedimenti al bilancio sedimentario del golfo di Castellammare. Il deficit di apporti sedimentari da NW ha contribuito significativamente, in aggiunta alle altre cause naturali e/o antropiche descritte nei vari paragrafi della relazione, all'erosione generalizzata della linea di riva nel Golfo oltre che nel tratto più a Nord, tra i porti di Torre del Greco e Torre Annunziata. Naturalmente anche gli altri porti costruiti ancora più a Nord-Ovest di Torre del Greco, anche nelle aree costiere non di pertinenza dell'AdB del Sarno, hanno contribuito alla modificazione del drift litoraneo di questi tratti.

In particolare, in una carta topo-batimetrica realizzata dall'Istituto Topografico Militare in scala 1:25.000, utilizzata come base topografica, che riporta già la sede ferroviaria (utilizzata per tutte le carte successive quale riferimento), il porto di Torre Annunziata ancora non era presente; la data della carta è pertanto riconducibile ad un periodo precedente il 1836, data di costruzione del molo foraneo del porto di Torre Annunziata (fig. 24). In questa carta è visibile un ampio litorale che si affaccia sul Golfo di Castellammare, La Chiaia, un ampio apparato di foce del f. Sarno (fig. 28), oltre un tracciato naturale del fiume con percorso a meandri. Il confronto con questa carta e quella successiva del 1870 mostra il suddetto porto radicato ad un modesto promontorio denominato La Storta costituito verosimilmente da depositi di *debris flow* (cfr. paragrafo geomorfologia). La nuova carta mostra altresì un modesto accumulo di sedimenti sabbiosi con sviluppo di una modestissima spiaggia (che nel tempo si è sviluppata fortemente e che allo stato ospita il Lido Azzurro) a Nord-Ovest del porto,

compresa tra la punta del promontorio La Storta ed il porto. Lo sviluppo graduale della spiaggia è già evidente nella carta del 1936, ed ancora maggiore nel 1954 e ancora di più fino al 2003. In pratica la progradazione della spiaggia avvenuta in circa 170 anni è pari a circa 170 m con un tasso medio pari a circa 1.00 m/anno; il confronto tra linee di riva a maggior dettaglio del 1980 e del 2003 sembra confermare questo dato, atteso un avanzamento pari a circa 20 m in 20 anni circa.

La carta del 1870 mostra altresì una linea di riva a Sud Est del porto, nell'intero golfo di Castellammare, in arretramento di alcune decine di metri, e in misura maggiore nel tratto a Sud della foce del Sarno, cui fanno seguito ulteriori arretramenti generalizzati e consistenti, dell'ordine di alcune decine di metri, entro il 1941. Nella zona a Sud della foce del fiume Sarno, l'arretramento della linea di riva in risposta alla costruzione del porto di Torre Annunziata è risultato nel 1870 molto più consistente che nel tratto settentrionale, per poi recuperare gradualmente qualche decina di metri fino al 1941, senza mai raggiungere l'antica linea di riva precedente il 1836; nel complesso la linea di riva in tale tratto è stata interessata fino al 2000 da arretramento superiore rispetto agli altri (fig. 24).

In particolare, nel tempo sono state realizzate opere di difesa lungo tutto il litorale, necessarie a causa dell'intensificarsi dell'erosione; l'evoluzione della linea di riva in risposta a tali interventi è riportata nella fig. 25. In particolare, nel tratto a Nord della foce del Sarno sono state realizzate opere di difesa che hanno contenuto localmente i fenomeni erosivi, quali n. 6 pennelli trasversali con la terminazione a martello e opere di difesa radenti allo stato destrutturate. I fenomeni erosivi sono stati localmente contenuti anche, verosimilmente nel periodo della II guerra mondiale, da immissioni di materiali di colmata di natura e genere indifferenziato i cui relitti sono ancora presenti su questo tratto di litorale nell'intorno del pontile ex Deriver. In particolare, il pontile già presente nella cartografia del 1909, era più lungo e si estendeva all'incirca sino alla batimetria dei 5 m. Tra il 1955 ed il 1968 sono state costruite n° 6 difese parallele in massi a protezione dell'area a Sud della foce del fiume Sarno (attualmente sostituite dal costruendo porto di Marina di Stabia) e due aderenti a difesa del lungomare Garibaldi. Queste opere si sono rese necessarie a causa dell'intensificarsi dell'erosione e



probabilmente anche a causa dell'ampliamento del porto e dei moli foraneo e di sottoflutto del porto di Castellammare tra il 1968 ed 1970, dopo una prima estensione del molo avvenuta nel 1863 per 50 m. Un ulteriore prolungamento del molo foraneo del porto di Castellammare nel 1990 circa, unitamente al prolungamento del molo foraneo di Torre Annunziata (evidente per la prima volta nelle aerofoto del 1984), hanno contribuito ulteriormente a sottrarre sedimenti alla dinamica del Golfo. L'estensione dei moli ha determinato processi di deformazione del moto ondoso e quindi fenomeni di diffrazione dello stesso. I fenomeni di diffrazione determinano la graduale espansione delle spiagge ai lati del golfo in adiacenza ad i moli di sottoflutto (fig. 25), anche con il contributo *longshore* del moto ondoso (cfr. paragrafo della deriva dei sedimenti lungo costa); le spiagge si sono formate grazie alla sedimentazione costante, tuttora attiva (fig. 26, foto 12 e 13), di depositi sabbioso fini nelle aree ridossate dai moli di sopraflutto. Nella fig. 26, realizzata in scala originaria 1:5.000 dal CED dell'AdB Sarno, sono messe a confronto due differenti linee di riva. La linea rossa del 2003 individua la variazione intervenuta nella linea di riva rispetto a quella del 1980 (la linea di riva è individuata da una sottile linea blu) per il territorio compreso nel Comune di Torre Annunziata e rispetto al 1997 (la linea di riva è individuata da una sottile linea blu) per il territorio incluso nel Comune di Castellammare di Stabia. L'analisi della figura consente di rilevare una tendenza all'avanzamento della linea di riva nei tratti a NW e a SE del Porto di Torre Annunziata e a NE del porto di Castellammare di Stabia; le misure eseguite sulla figura in scala 1:5.000 consentono di ricavare, che la spiaggia appoggiata al molo di sottoflutto del porto di Torre Annunziata è ampia circa 200m; si è accresciuta in circa 170 anni con un tasso pari a circa 1.10 m/anno. Il tasso più recente, valutato attraverso il confronto delle linee di riva del 1980 e del 2003, risulta molto più elevato ovvero pari a circa 5.00 m/anno per 120 m di progradazione; è da correlare all'estensione del molo di sopraflutto del porto che ha sottratto altri sedimenti alla dinamica costiera. Più regolare risulta l'accrescimento della spiaggia appoggiata al molo di sottoflutto del porto di Castellammare di Stabia, allo stato ampia fino ad 130 m, con una tendenza alla progradazione pari a circa 1.5 m/anno negli ultimi sei anni. Il prolungamento dei moli di sopraflutto dei porti ha inoltre determinato una ulteriore

intercettazione dei sedimenti sia a Nord-Ovest del porto di Torre Annunziata (progradazione della spiaggia che accoglie il Lido Azzurro) che a Sud-Ovest di quello di Castellammare (arenile Pennello). A ridosso di quest'ultimo nel tempo si sono accumulati sedimenti sabbiosi per un *drift* proveniente da Sud-Ovest. Tali sedimenti trasportati da correnti lungo costa con senso prevalente del trasporto verso NE hanno contribuito all'espansione della spiaggia presente grazie ai depositi dei conoidi alluvionali del rivo Foiano; allo stato pesanti interventi antropici ne hanno ridotto l'ampiezza.

Infine, intorno al 2000, nel settore meridionale del golfo sono state realizzate opere di difesa parallele e soffolte a difesa del lungomare Garibaldi e del tratto più a Nord della foce del rivo Gragnano soggetti a fenomeni erosivi; questi allo stato sembrano essere contenuti attesa un'inversione della tendenza all'erosione, almeno nel tratto più meridionale, fino all'Hotel Miramare, rivelata da un'espansione della spiaggia pari a circa 10 metri in sei anni (confronto fra la cartografia 1997 CED dell'AdB e rilievo satellitare del 2003). Poco più a Nord, le scogliere parallele sono state sostituite dal Porto turistico Marina di Stabia; la realizzazione del molo foraneo è stata conclusa alla fine del 2003.

In definitiva, nel complesso si registra una tendenza generale all'arretramento con una tipica accentuazione generalizzata della concavità del litorale, debolmente più marcata nella porzione meridionale ed una forte progradazione delle spiagge, con morfologia subtriangolare, agli estremi della falcatura (fig. 26, foto 13).

Nel tratto di costa a NW del porto di Torre Annunziata fino a S.Giovanni, il confronto tra le linee di costa del 1876, del 1907, del 1936 e del 2000 ha consentito di rilevare generalizzati arretramenti delle spiagge sabbiose presenti invece diffusamente nelle carte del 1870 e del 1876 (fig. 27) e segnatamente a Portici- Granatello, in località Calastro, tra Torre del Greco e Torre Bassano, tra questa e la Casina Rossa, in località Filangieri ed altri limitati settori; solo in alcuni tratti allo stato sono presenti lembi di spiaggia, sostanzialmente perchè protetti da opere di difesa. La loro "evoluzione" è sostanzialmente controllata dalle opere di difesa prevalentemente costituite da scogliere in massi parallele ed emerse (cfr. paragrafo della geomorfologia), condizionata talvolta

da interventi di colmata.

In definitiva, l'assetto fisiografico della costa del Golfo di Castellammare è condizionato dagli interventi antropici esterni alla subunità fisiografica; risulta ulteriormente modificato dai porti, dai moli guardiani della foce del Sarno. In particolare, il porto di Castellammare di Stabia è stato realizzato su parte dei conoidi alluvionali, che con i loro sedimenti alimentano le spiagge, dei rivi qui confluenti; la loro porzione sommersa è stata per alcuni completamente obliterata per altri occupata dalle opere di difesa soffolte. Anche le opere di difesa litoranea radenti e parallele alla linea di riva, i canali di drenaggio, i muri di contenimento e l'intensa urbanizzazione hanno modificato la fisiografia costiera. Il molo guardiano in destra foce ha procurato severe erosioni nel tratto di spiaggia adiacente, imponendo opere di difesa radenti in massi; anche la recente costruzione del molo guardiano in sinistra ha imposto massicce opere di difesa radenti in massi.

Gli interventi antropici hanno contribuito a trasformare in alcune zone anche la morfologia della spiaggia sommersa, innescando locali processi di accumulo o di erosione dei sedimenti di fondo mobile soprattutto nei primi dieci metri di profondità.

Anche l'intenso uso del territorio, a causa della spinta urbanizzazione, delle attività agricole ed industriali, ha comportato nell'ultimo secolo interventi sul tracciato fluviale e sul sistema di foce con ricadute dirette o indirette sia sul reticolo idrografico della bassa valle del F. Sarno che sull'andamento della prospiciente linea di riva. Infatti il percorso naturale del fiume Sarno era molto diverso da quello attuale; l'alveo descriveva curve più o meno regolari segnatamente nella bassa valle; tale morfologia è ben evidente, anche se con scarsa definizione, dalla carta topografica di K. Baedeker del 1880 (fig. 8). Nella carta ITM pre-1836, oltre al percorso meandriforme del fiume, si osserva una grossa barra di foce sabbiosa in destra foce, allo stato sostituita da opere di difesa radenti (fig. 28) realizzate per contrastare i forti processi erosivi attivati dalla costruzione del molo guardiano in destra foce. Quindi, la deviazione del tracciato, la regimazione forzata delle acque, l'irrigidimento artificiale delle sponde fluviali, la tombatura dei tributari nelle limitrofe aree urbane, il prelievo di inerti in alveo, la subsidenza dei depositi recenti di riempimento della piana e la differente destinazione

d'uso di zone un tempo ad alta naturalità hanno contribuito all'accelerazione di fenomeni d'erosione del litorale sotteso alla piana alluvionale.

## 11- EFFETTI DEI PROCESSI COSTIERI E GEOMORFOLOGIA

Nei paragrafi che seguono sono descritti tutti i settori costieri suddivisi per subunità fisiografiche di cui alla TAB. I, fig. 14. Per ciascuna sono state elaborate differenti carte tematiche, con modalità specificate nel paragrafo n.6, alle quali si fa sempre implicito riferimento.

### 11.1-SETTORE COSTIERO COMPRESO TRA S. GIOVANNI ED IL PORTO DI TORRE ANNUNZIATA.

Il settore costiero vesuviano tra S. Giovanni e Torre Annunziata si sviluppa per circa 17.5 Km; la sua morfologia risente dei depositi presenti. Il disegno costiero è caratterizzato da protendimenti determinati da duri corpi lavici che si estendono anche in ambiente sommerso (foto n°1) sino alla batimetrica dei 20 m (verosimilmente anche oltre), e falcature più o meno accentuate spesso tendenti ad un andamento più regolare in corrispondenza dei depositi vulcanoclastici ad accentuata erodibilità. I litotipi presenti sono stati accorpati, indipendentemente dall'età di messa in posto, per litologie e grado di erodibilità simili. Pertanto i duri corpi lavici sono rappresentati con il colore arancio, le vulcanoclastiti con il colore giallo forte ed i *debris flow* con un giallo con sovrasegno (cfr.legenda).

La costa è altresì caratterizzata dalla presenza di una microfalesia con altezza contenuta nei 10 m circa (foto n°1), con qualche eccezione se intagliata in corpi lavici, cui si intercala in senso longitudinale una microfalesia con altezza generalmente nell'intorno dei 4 m circa, se intagliata nei depositi vulcanoclastici. Fa eccezione in questo caso la falesia più alta modellata nelle litologie da *debris flow* a NW del porto di Torre Annunziata e a Torre Bassano (fig. 6) (*debris flow* coperti da lave). Nel complesso lo stato di attività delle falesie è stato ridotto se non annullato per le frequenti opere di difesa realizzate a sua difesa.

In corrispondenza delle litologie vulcanoclastiche la microfalesia non è quasi mai evidente perché coperta da alte e massicce strutture e/o scogliere radenti costituite da

grossi massi lavici scuri (foto n°2), che peraltro, molto verosimilmente, coprono lembi di spiagge sabbiose ancora presenti nel 1954 (IGM) anche se non tanto sviluppate come nella carta del 1870-1906. La genesi delle falesie è da collegare all'azione erosiva del moto ondoso che ha interrotto la naturale graduale prosecuzione verso mare del piedimonte vulcanico, intagliando al piede una scarpata subverticale (la falesia), spesso di modesta altezza, e determinando un locale incremento della pendenza. Nel complesso le falesie sono rese inattive dalla presenza diffusa di opere di difesa radenti con l'eccezione di alcuni tratti molto limitati.

L'azione morfoselettiva del moto ondoso ha procurato inoltre alcuni casi di faraglionamento, con genesi di scogli, anche grossi, in corrispondenza di corpi lavici molto fratturati; fratturazione legata alla rapida contrazione subita nel raffreddamento al contatto con l'acqua del mare.

I corpi lavici afferiscono complessivamente ad un'unica formazione denominata Lave di Villa Inglese, costituita da lave grigio scuro (foto n°2) con paragenesi *tefritico-fonolitica* da *afirica* a *porfirica* con piccoli cristalli di *pirosseno* e *leucite*. E' composta da varie colate che spesso si sovrappongono, con età compresa tra il 512 d.C. ed il 1631 d.C.; talvolta esse risultano separate da depositi di scorie sempre di natura lavica. Subordinatamente, solo in un modesto tratto costiero, dopo il porto di Torre del Greco, sono presenti lave riferibili all'eruzione del 1794.

I depositi vulcanoclastici sia in giacitura primaria che secondaria afferiscono a differenti attività del Vesuvio susseguitesi nel tempo; a partire da quella più antica, i depositi presenti lungo il litorale in oggetto sono da ascrivere alle:

- piroclastiti di Avellino, messe in posto durante una eruzione avvenuta 3.700 anni dal presente; le isopache si allungano prevalentemente verso Est. Nell'area di interesse sono costituite solo da depositi di flusso legati alla fase freatomagmatica dell'eruzione;

- piroclastiti di Pompei: sono costituite da depositi sia di caduta che di flusso messe in posto durante l'eruzione del Vesuvio dell'agosto del 79 d.C.; le isopache si allungano verso SE. I primi depositi sono costituiti da banchi di lapilli da bianchi a grigi verso l'alto, porfirici a sanidino, pirosseno e biotite, inversamente gradati. I depositi da flusso piroclastico sono sia quelli intercalati nella fase pliniana dell'eruzione costituiti

da cineriti e pomici senza gradazione, e sia quelli legati alla fase freato-magmatica costituiti da cineriti con stratificazione incrociata;

-piroclastiti del 1631 costituite da depositi di caduta e di flusso. I primi sono costituiti da scorie di colore grigio, porfiriche a leucite, sanidino e biotite. I depositi di colata sono costituiti da cineriti frammiste a blocchi lavici e lapilli pomicei con la stessa paragenesi dei precedenti;

-piroclastiti eiettate durante l'eruzione del 1872;

-depositi da *debris flow* e flussi iperconcentrati a matrice sostenuta, costituiti da depositi cineritici e pomicei con frammisti litici prevalentemente lavici anche in forma di blocchi; si sono originati dai versanti del Vesuvio successivamente all'eruzione del 1631 d.C..

Nel 1563 durante la dominazione spagnola il vicerè Parafan de Ribera decise la costruzione di torri costiere atte a difendere le coste dai predoni musulmani; delle 136 torri a base quadrata costruite lungo la costa campana, tre sono presenti lungo il litorale torrese: Torre di Bassano (fig. 6), Torre Scassata e Torre di Rovigliano. L'ultimazione della costruzione delle torri avvenuta nel 1570 ha consentito sia di ascrivere ad un'attività medioevale le lave vesuviane sulle quali sono costruite le prime due torri che di eseguire correlazioni significative con altri depositi vesuviani. Anche lo studio dei depositi lavici e vulcanoclastici evidenti nei vari fronti di cava presenti in località Villa Inglese a Torre del Greco ha consentito lo studio delle successioni vulcaniche legate ai differenti episodi di attività eruttiva del Vesuvio in epoca storica.

L'individuazione della pericolosità vulcanica dell'area del Somma-Vesuvio è nel complesso difficile perché legata ad una ricostruzione circostanziata della storia eruttiva peraltro caratterizzata da differenti tipologie eruttive; ne consegue un modello previsionale poco attendibile. Tuttavia, la morfologia e lo studio della distribuzione attuale dei soli effetti diretti delle eruzioni vesuviane negli ultimi 2.000 anni (prodotti vulcanoclastici sia in giacitura primaria che rielaborati, colate di lava, bocche eccentriche, ecc.) ha consentito di approfondire questo aspetto e di definire, quindi, che il settore costiero in studio è caratterizzato da un forte grado di pericolosità vulcanica. Infatti, tale settore, unitamente a quello meridionale, è stato interessato da tutti i flussi

lavici emessi a partire dall'eruzione pliniana del 79 d.C. e fino al 1944; il relitto del recinto calderico del Somma, ubicato a Nord e ad Est del cono del Vesuvio, ha rappresentato un ostacolo morfologico ai flussi diretti in quelle direzioni, indirizzando quindi i flussi verso Sud e verso Ovest (fig. 3). L'area con pericolosità ancora più elevata è ubicata a monte dell'isoipsa dei 300 m, sia perché repentinamente passibile di invasione da parte delle lave sia perché caratterizzata da varie bocche eruttive secondarie. L'area costiera di cui al presente studio, a valle di tale isoipsa, è stata invasa dai flussi lavici afferenti alla formazione delle lave di Villa Inglese e del 1794 (che hanno determinato modificazioni al disegno costiero e sottomarino) oltre che i flussi piroclastici ed i *lahars* dell'eruzione pliniana del 79 d.C. E' caratterizzata inoltre da bocche eccentriche di età protostorica nel territorio comunale di Torre del Greco (ad es. i Camaldoli della Torre), sul fondale marino (Bocca dei Pescatori) e lungo il litorale a NE di Torre Bassano (con età precedente il 79 d.C.).

L'analisi delle carte batimetriche di dettaglio elaborate nell'ambito della presente convenzione ha consentito di ricavare le caratteristiche morfologiche del fondo; queste risultano nel complesso ereditate dai fenomeni vulcanici e vulcano-tettonici che hanno interessato in differenti epoche l'area del Vesuvio. Le isobate mostrano un andamento articolato, anche sino a 500 m dalla costa, legato ad una paleomorfologia derivata dai fenomeni vulcanici che hanno interessato l'area; la morfologia è riconducibile alla presenza di colate laviche che si elevano dal fondo (foto n°1), spesso ammantate da depositi di sedimenti di fondo. Lo spessore dei depositi di copertura condiziona quindi le forme; vengono restituite forme più energiche (rappresentate nella carta geomorfologia dal solo colore arancio) per spessori sottili, forme più blande (rappresentate dal colore giallo a tratto) per spessori più consistenti. Nei tratti di fondo con spessori di sedimento elevato, le isobate fino alla profondità di 20 m, registrata a circa 600 m di distanza dalla riva, mostrano un andamento meno articolato; sono praticamente più regolari e parallele alla linea di riva, soprattutto nella fascia compresa tra le batimetriche dei 5-20 m. La fascia 0-5 m risulta invece più articolata sia per la presenza del substrato lavico che per la frequente presenza di opere di difesa costituite da scogliere sia radenti che parallele. Queste ultime molto spesso a protezione di lembi

residui di spiagge sabbiose che nelle carte storiche e fino al 1954 risultavano essere ben più ampie. La morfologia del fondo mobile è influenzata dalla presenza di queste strutture, che ha determinato, fra gli altri, la riflessione del moto ondoso, con incentivazione dei processi erosivi ed approfondimento dei fondali. Il loro scarso allineamento determina poi ulteriori fenomeni di diffrazione che, generando processi erosivi secondari, inficiano anche la stabilità delle stesse opere. Tra le scogliere, inoltre, sono spesso visibili canali incisi nel fondo marino mobile disposti trasversalmente alla riva, prodotti dal deflusso delle correnti di compensazione; questi contribuiscono all'allontanamento dei sedimenti dalla riva. Fra i tanti processi attivati dalle scogliere frangiflutto parallele è molto evidente la formazione di tomboli sabbiosi nella zona retrostante, che a meno di modesti spostamenti, nel complesso risultano stabili negli ultimi 13 anni (Torre del Greco) e 6 anni (Ercolano e Portici). Talvolta, a tergo delle scogliere sono state realizzate anche colmate artificiali, soprattutto in corrispondenza delle litologie più erodibili quali le vulcanoclastiti; tali interventi sono stati eseguiti ad ulteriore protezione della sede ferroviaria che svolge il suo percorso, nell'area in studio, prevalentemente lungo la costa.

In pratica, i moli foranei riflettenti dei porti presenti lungo il piedimonte vulcanico hanno determinato lo spostamento del flusso detritico su fondali maggiori, contribuendo all'arretramento generalizzato della linea di riva. In particolare, poi, i grossi depositi sabbiosi attesi a NW del porto di Torre del Greco nell'area di sopraflutto in effetti sono molto ridotti; le spiagge sabbiose presenti sono esigue e protette da opere di difesa. Anche le difese radenti e parallele, anch'esse opere riflettenti, costruite per dissipare l'energia del moto ondoso nei tratti in forte erosione, hanno contribuito nell'insieme a procurare erosione di tratti di linea di riva; solo una parte dei sedimenti trasportati dal flusso riesce a ritornare sulla spiaggia.

Un altro fattore di pericolosità che caratterizza l'area in studio è legato all'assetto idrologico del bacino. I versanti esterni del complesso vulcanico sono caratterizzati da differente densità di drenaggio; il versante del M. Somma è solcato da numerose valli con sezioni approfondite in corrispondenza delle piroclastiti o con sezioni a fondo piatto se impostate su colate, e in quanto tali più resistenti all'erosione. Il versante del Vesuvio



è più giovane ed è ricoperto in varia misura dai prodotti delle eruzioni vulcaniche che si sono succedute negli ultimi 2.000 anni; pertanto le linee di drenaggio della porzione sommitale venivano frequentemente cancellate e sostituite da nuove in differente posizione. Lungo il piedimonte costiero invece alcune incisioni sono più marcate, atteso che negli ultimi 400 anni pochi prodotti vi sono giunti (solo la colata del 1794 a Torre del Greco); per la brevità del percorso e per la forte pendenza il loro recapito è quasi sempre a mare e si raccorda ad un livello di base posto verso il largo nell'intorno dell'isobata dei 10 m. Interventi antropici hanno determinato modificazioni nell'assetto morfologico ed idrologico descritto quali la tombatura dei tratti terminali dei corsi di acqua, i restringimenti d'alveo; in corrispondenza di questi ultimi si determinano i processi di esondazione. Talvolta sono stati eseguiti restringimenti degli sbocchi vallivi indotti dagli stretti e radi fornici nel rilevato della ferrovia che svolge il suo percorso lungo la fascia costiera. Peraltro, le opere realizzate a protezione della stessa lungo il percorso costiero hanno comportato lo sbarramento di qualche linea di drenaggio come nel Comune di Torre del Greco nel tratto compreso tra il porto ed il cimitero. In questo tratto la costa è costituita da vulcanoclastiti, seppure differenti per età di deposizione, ma nel complesso incoerenti, che hanno imposto pesanti interventi a sostegno della sede ferroviaria (foto n°3). Si è pertanto configurata nel complesso una pericolosità da esondazione soprattutto per alcuni tratti a monte della linea ferroviaria e per altri in posizione più arretrata, segnatamente in corrispondenza dei restringimenti d'alveo e delle tombature.

Tale assetto ha peraltro determinato una ulteriore riduzione dell'apporto di sedimenti dai versanti a mare che va a sommarsi alla riduzione derivante dalla regimazione degli alvei o dalla trasformazione degli stessi in alvei-strada. La riduzione degli apporti a mare determina a sua volta l'arretramento della linea di riva e la necessità quindi di nuovi interventi a difesa della costa.

Tra i fattori di pericolosità va inserito anche quello da colata rapida; vanno infatti citati anche eventi di colate rapide di piroclastiti sciolte successive all'eruzione del 1906, del 1921 che travolsero gli abitati di S.Giovanni a Teduccio, Portici, Ercolano, Torre del Greco e quelli del 1969, del 1979, 1980, 1985 che interessarono parte

dell'abitato di Torre del Greco.

I profili batimetrici, le osservazioni geomorfologiche della costa emersa e le immersioni subacquee puntuali eseguiti nel tratto costiero da S. Giovanni e Torre Annunziata hanno consentito di delineare i principali caratteri morfologici della spiaggia sommersa fino ad una profondità di circa -20 m. Le ricerche condotte hanno messo in evidenza che l'andamento generale delle isobate riflette in sostanza la morfologia delle pendici dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio nel settore settentrionale. La costa rocciosa emersa di natura vulcanica si raccorda alla parte sommersa talora con brusche variazioni di pendenza, laddove sono presenti i litotipi coerenti, talora con deboli pendenze, in quelle zone caratterizzate dal litorale sabbioso-ciottoloso. Non sempre la morfologia della spiaggia emersa rispecchia le caratteristiche del fondo marino antistante: infatti, la spiaggia sommersa si presenta estremamente variabile a causa non solo delle differenze litologiche e morfotipiche costiere, ma anche per i fenomeni erosivo-deposizionali e vulcano-tettonici recenti che l'hanno interessata. Il motivo morfosedimentario dominante è rappresentato da una coltre sabbiosa, di spessore variabile, che modella il paesaggio sottomarino livellando il substrato originario, costituito verosimilmente da rocce vulcaniche.

L'assetto fisiografico della costa risulta modificato dalla presenza di porti (Granatello, Torre del Greco e Torre Annunziata), da opere di difesa parallele alla linea di riva, da canali di drenaggio, da sbancamenti e da muri di contenimento a protezione della linea ferroviaria, che nel tratto lungo il piedimonte vulcanico corre a luoghi parallelamente alla costa. Ciò ha contribuito a trasformare in alcune zone anche la morfologia della spiaggia sommersa, innescando locali processi di accumulo (tra i più importanti quelli presenti presso il Lido Azzurro a Torre Annunziata) o di erosione dei sedimenti di fondo mobile soprattutto nei primi dieci metri di profondità.

Pertanto, tutto ciò premesso:

### ***Subunità tra San Giovanni a Teduccio e Granatello.***

A San Giovanni a Teduccio, il tratto di costa rettilineo compreso tra le morfologie

che si protendono verso mare che accolgono il depuratore a NW e la struttura museale di Pietrarsa a SE è caratterizzato da una costa bassa caratterizzata da piroclastiti. E' protetto da una lunga scogliera frangiflutti emersa in massi lavici, parallela alla costa; a tergo è presente una spiaggia sabbiosa attuale con morfologia cuspidata; la sabbia è di colore grigio scuro e nerastra se bagnata. La porzione più interna della spiaggia, degradata e polverulenta, allo stato è interessata da un progetto di riqualificazione ambientale; la relazione con l'abitato avviene tramite uno stretto fornace sotto il rilevato ferroviario. Verso NW la porzione di spiaggia non protetta da opere di difesa mostra un'evidente morfologia concava legata a processi erosivi in atto; l'unica barriera presente è in posizione distale e a parziale protezione del depuratore.

Verso SE, a partire dall'area che accoglie l'intera struttura museale di Pietrarsa e fino al porto di Granatello, il settore costiero è caratterizzato da una falesia alta circa 4 m modellata nelle vulcanoclastiti messe in posto durante l'eruzione del 1870. Tutta la costa è protetta da massicce scogliere radenti e, nel tratto tra Pietrarsa e Granatello, da tre scogliere frangiflutti emerse parallele alla costa; a tergo delle prime due sono presenti depositi indifferenziati molto grossolani. Processi di deposizione per mari provenienti prevalentemente da W avevano determinato la genesi di un tombolo sabbioso a ridosso della terza scogliera (lido Aurora), posta immediatamente a Nord del porto del Granatello.

Gli ultimi rilievi batimetrici e morfologici eseguiti nella prima decade del giugno 2004 hanno consentito di verificare che lavori in corso stanno alterando profondamente anche questa fisiografia costiera attraverso opere di colmata a tergo delle tre scogliere parallele. La cartografia tematica prodotta a corredo del presente studio riporta la precedente fisiografia, ricavata dal rilievo della linea di riva eseguito verso la fine del 2003, con la batimetria rilevata alla prima decade di giugno del 2004.

La morfologia del fondo in questo settore è nel complesso convessa fino all'isobata dei 6 m, poi concava fino ai 15 m di profondità e poi di nuovo convessa.

### ***Subunità tra il Granatello ed il porto di Torre del Greco.***

Un molo parallelo alla costa in località Granatello e con orientamento NW-SE ha

consentito l'accumulo a tergo di una piccola spiaggia sabbiosa grigio scuro, allo stato utilizzata per scopi ricreativi. E' profonda a SW circa 50 m e a NE circa 30 m; la falcatura della spiaggia con orientamento NE-SW ha subito una modesta rotazione in senso orario negli ultimi 10 anni, con erosione di un settore ed accrescimento dell'altro pari a circa 10 m. In realtà in questa spiaggia, così come in tutte le altre poste all'interno di piccole insenature, anche se artificiali, la linea di riva ruota a seguito della variazione della direzione del flusso della sabbia in relazione all'alternarsi delle stagioni ed in relazione a singole mareggiate.

Tra il Granatello ed il porto di Torre del Greco, incluso, la costa è caratterizzata dalla presenza di una microfalesia attiva con altezza media pari a 4 m, sia se intagliata in corpi lavici che se intagliata in depositi vulcanoclastici che si intercalano ai precedenti in senso longitudinale; fa eccezione la falesia in località Quattro Venti e quella nel tratto che precede il porto. In località Quattro Venti l'altezza della falesia, intagliata nei corpi lavici afferenti ai depositi di Villa Inglese, raggiunge i 7 m circa; il versante settentrionale di Punta Quattro Venti è protetto da scogliere radenti che limitano verso mare una piccola spiaggia sabbiosa artificiale. Nel versante meridionale la falesia intagliata nei corpi lavici gradualmente diviene più bassa sino a raggiungere l'altezza di un metro nella porzione centrale della baia, dove lascia il posto a depositi vulcanoclastici. In tale versante, al passaggio fra colate laviche contigue, sono presenti in successione tre minuscole *pocket beaches*, spiagge di fondo cala comprese tra due promontori (foto n°4).

Queste spiagge sono ciottolose, con massi frammisti; sono ampie dai 5 ai 10 m e limitate verso terra da una falesia alta circa 5 m. Sono poi caratterizzate sia in ambiente emerso che sommerso da elevati gradienti di pendenza; la spiaggia sommersa è anche interessata dalla presenza di ampi corpi lavici tabulari, che verso il largo emergono negli scogli della Scala. Nella carta del 1870 questi erano organizzati in tre gruppi legati alla costa e ad essa trasversali. Nel fondo sono presenti anche alcuni canali incisi nel fondo, che si spingono sino alla batimetrica dei 5 m, che favoriscono l'allontanamento dei depositi dal sistema costiero determinando una tendenza all'arretramento della linea di riva.

Il passaggio alle successive litologie francamente piroclastiche determina un cambiamento nella fisiografia costiera; si susseguono infatti, nelle porzioni centrali della baia in località Calastro (localmente denominata La Scala), due esigue spiagge sabbiose. Sono costituite da sabbia grigia scura e caratterizzate dalla presenza sporadica di grossi massi, a testimonianza di morfologie legate a litologie di transizione. Le spiagge, utilizzate per scopi ricreativi, accolgono stabilimenti non fissi; sono protette verso mare da due moli paralleli e da una lunga scogliera parallela in massi. La spiaggia protetta da quest'ultima intorno al 1990 aveva un'ampiezza di circa 25 m; allo stato è invece caratterizzata da un tombolo che si è debolmente accresciuto (di circa 20 m).

Nell'area prima del porto di Torre del Greco (località Calastro) la falesia, sempre intagliata nei corpi lavici, si eleva fino agli 8 m. E' protetta al piede da massicce scogliere radenti con depositi da colmata interposti; è preceduta verso NW da una spiaggia ciottolosa in arretramento, fortemente degradata, con frammisti blocchi con taglia compresa tra i 30 ed i 50 cm. Anche in questo caso la spiaggia sommersa è interessata da canali incisi nel fondo che si estendono sino alla batimetrica dei 5 m.

Il disegno costiero è in definitiva caratterizzato da protendimenti determinati da corpi lavici nelle aree del Granatello, della Favorita, di Punta Quattro Venti e del porto di Torre del Greco. Alla base delle falesie attive intagliate nei corpi lavici, talvolta, al passaggio fra colate laviche contigue, sono presenti le piccole spiagge ciottolose di fondo cala o *pocket beaches*, di cui in precedenza. Le colate si estendono anche in ambiente sommerso, sino alla batimetrica dei 10-15 m nell'area costiera al confine con il Comune di Ercolano, nell'area in località la Favorita e davanti al molo foraneo di Torre del Greco, e fino alla batimetrica dei 20 m nell'area prospiciente il molo foraneo del porto del Granatello e in corrispondenza della Punta Quattro Venti. I corpi lavici afferiscono alla formazione delle lave di Villa Inglese; gli scogli della Favorita e gli scogli della Scala (scoglio Francese e scoglio Lungo; il terzo non è più in emersione) rappresentano l'espressione morfologica positiva di questi corpi lavici sommersi. In particolare, gli scogli della Favorita sembrerebbero suddivisi in due gruppi; il primo parallelo alla costa (visibile nella tavoletta IGM, rilievo 1954) è stato rifuorito da massi lavici, che li maschera completamente, a formare una scogliera peraltro nuovamente

rifiorita ed allungata negli ultimi mesi. L'altro gruppo formato da piccoli e sparuti scogli lavici, arrotondati, levigati, semisommersi e nell'insieme perpendicolari alla costa.

In più tratti si riconoscono ancora paleomorfologie più blande legate sempre a corpi vulcanici, probabilmente più antichi di quelli presenti in affioramento sulla costa, ma seppelliti da limitati spessori di sedimenti. Si distribuiscono complessivamente in due fasce incluse tra le batimetriche dei 7-10 m e 15-20 m.

I tratti di costa con disegno più regolare, oltre il settore centrale della baia in località Calastro, sono caratterizzati da depositi vulcanoclastici sciolti messi in posto nel corso delle eruzioni di Pompei del 79 d.C e di quella medioevale del 1631, a tetto di colate laviche più antiche presenti nel fondo. La morfologia del fondo è praticamente concava entro la batimetrica compresa tra 0 e 10 m e convessa entro la batimetrica dei 10-20 m ed è caratterizzata da numerosi canali incisi nel fondo sino alla batimetrica dei 15-18 m. Il fondo è costituito complessivamente da sedimenti sabbiosi da grossolano a sottili di colore grigio scuro. Verosimilmente le incisioni nel fondo contribuiscono all'allontanamento dei sedimenti dalla fascia costiera più prossimale, e quindi al loro smistamento verso maggiori profondità.

In tutto il settore la costa è protetta quasi interamente da massicce scogliere radenti e talvolta da scogliere frangiflutti emerse parallele alla costa; fa eccezione qualche piccolo tratto non difeso, e non tutti, perché caratterizzato dai corpi lavici. In generale si osservano rapidi approfondimenti delle batimetriche nei tratti antistanti le scogliere, per erosione dei fondali legata, fra gli altri, ai processi di riflessione da parte delle strutture; tra le scogliere parallele sono quasi sempre presenti canali incisi nel fondo. Processi di deposizione, per mari provenienti prevalentemente dal III quadrante e per un orientamento della costa NW-SE, hanno determinato negli ultimi 10 anni circa la genesi di un tombolo di sabbia grigio scuro lungo circa 70 m (in parte occupato dal Lido Arturo) a ridosso della prima scogliera frangiflutti immediatamente prima del confine con Ercolano, e di un altro, lungo 30 m circa, a ridosso della scogliera parallela nella porzione centrale della baia in località Calastro. In generale i deboli protendimenti riconosciuti, similmente a quelli individuati anche negli altri tratti, sono nel complesso

poco significativi e comunque da ascrivere all'effetto di protezione operato dalle barriere parallele, allo stato ancora efficace.

In località Favorita i piccoli scogli che si allungano trasversalmente alla linea di riva hanno probabilmente favorito la costruzione di un piccolo molo che suddivide il modestissimo arenile, in arretramento, costituito da sabbia grigio scuro e ciottoli in due parti, comunque utilizzate per attività ricreative. La tendenza all'arretramento dell'arenile è confermato dalla presenza di due canali incisi nel fondo (con orientamento W-E e NE-SW) che prendono origine dalla profondità di un metro circa. Una più avanzata a NW (lido Alle Ondine) ed una più arretrata protetta da una piccola banchina a SE (lido Antico Bagno alla Favorita). Una barriera frangiflutti più prossima alla riva (a protezione del primo lido) è oramai in via di destrutturazione e semisommersa; l'altra a protezione del molo e di una nuova struttura in costruzione è stata, come prima detto, da poco rifiorita ed allungata. Quest'ultima sembra non assolvere al compito di protezione della spiaggia di cui innanzi probabilmente perché corta e troppo distante dalla riva.

### ***Subunità tra i porti di Torre del Greco e Torre Annunziata***

L'altezza della falesia in questo settore è contenuta complessivamente entro i 10 m, con l'eccezione di quella presso Torre Bassano (fig. 6) e di quella presso il Lido Azzurro di Torre Annunziata; è modellata in rocce vulcaniche ed in depositi vulcanoclastici con differente età.

Dal porto di Torre del Greco la falesia, alta circa 5 m, si sviluppa ancora per circa 300 m verso SE; è modellata in un corpo lavico messo in posto durante l'eruzione del 1794 che distrusse la città di Torre del Greco riversandosi in mare verso SW e verso Sud, fino all'attuale batimetria degli 9 m. Il porto è insediato su tale corpo, ricoperto da un sottile livello di sabbie; il suo molo foraneo è stato allungato intorno al 2000. A largo dell'abitato di Torre del Greco, a circa un miglio a sud-ovest del molo e ad una profondità di 40 m, è presente la Bocca dei Pescatori, un modesto cratere eccentrico del Vesuvio; la depressione a forma di ellisse con l'asse maggiore di 170 m e l'asse minore di 100 m possiede una profondità di circa 12-15 m.

Fa seguito fino a Torre Bassano una costa caratterizzata da una microfalesia con un'altezza media pari a 10 m intagliata in depositi vulcanoclastici messi in posto durante le eruzioni del 79 d.C. e del 1631 d.C..

In particolare, tra il porto di Torre del Greco ed un tratto oltre il cimitero di Torre del Greco, la falesia modellata nelle litologie piroclastiche è protetta da un massiccio muro di sostegno realizzato a difesa della linea ferroviaria litoranea (foto n°3) che in questo tratto, come in tanti altri, svolge il suo percorso lungo la costa. Oltre questo tratto, ed anche dopo il porto, la falesia è difesa da potenti scogliere radenti in massi naturali fino a Torre Bassano. Il forte irrigidimento della costa è completato da scogliere parallele emerse in massi naturali; le prime tre, verso Nord, allineate, le altre sei non allineate. Due di queste sono state posate in opera dopo il 1990; la linea di riva protetta non sembra aver subito apprezzabili variazioni negli ultimi dieci anni. A tergo delle scogliere parallele sono stati eseguiti interventi di colmata ad integrazione dei lembi di spiaggia residui (foto n°3). I litosomi sabbiosi prevalgono nel tratto a NW di Torre Bassano e sono caratterizzati da morfologie cuspidate e da tomboli, che nel complesso si sono mantenuti stabili negli ultimi dieci anni, grazie alla presenza delle opere di difesa parallele che hanno consentito di raggiungere allo stato un equilibrio seppur artificioso. Anche in questo caso, si osservano rapidi approfondimenti del tratto di mare antistante le scogliere, per erosione dei fondali legata al paramento riflettente delle strutture; tra le scogliere parallele sono quasi sempre presenti canali incisi nel fondo che contribuiscono all'allontanamento dei sedimenti dalle aree meno profonde.

Poco prima di Torre Bassano le vulcanoclastiti passano lateralmente a depositi da *debris flow* giallastri, stratificati, con altezza pari a circa 10 m, sormontati da lave ascrivibili ad un'eruzione precedente il 1570 ed ascrivibile al complesso delle lave medioevali di Villa Inglese (fig.6). Nel complesso la falesia in questo tratto assume un'altezza pari a circa 20 m. Tra la torre e la riva è interposto un grosso edificio di 6 piani fuori terra da ultimare (albergo Bassano). Tutto il promontorio che accoglie le due costruzioni è protetto verso mare da potenti scogliere radenti in massi naturali.

L'area sommersa di fronte Torre Bassano è caratterizzata da corpi lavici che si protendono verso mare fino alla batimetrica dei 9 m, che a guisa di un'ampia fascia si



estendono verso NW. A breve distanza, nell'area antistante i ruderi romani presenti in prossimità dell'attuale spiaggia a ridosso della rete ferroviaria, alla profondità di 4,30 m è stata rilevata la presenza di una spiaggia ascrivibile alla linea di riva del 79 d.C.. La spiaggia sommersa è costituita da ciottoli lavici arrotondati con taglia compresa nell'intervallo 5-20 cm. La lava che costituisce i ciottoli è riferibile ad eruzioni precedenti quella del 79 d.C.; i ciottoli costituiscono una *beachrock* in cui si rinvenivano anche frammenti di materiale fittile ed anfore di epoca romana.

La fascia costiera sommersa prospiciente l'intero tratto di costa emersa finora descritto, assume complessivamente un profilo dapprima concavo e poi convesso; è frequentemente incisa da canali fino alla batimetrica dei 10 m circa. La sedimentazione è prevalentemente sabbiosa costituita da sabbia grossolana grigio scura sotto costa e gradualmente più sottile verso il largo.

Verso SE, poco oltre Torre Bassano e fino a circa 200 metri prima del Ristorante la Casina Rossa la costa diviene bassa; è caratterizzata da spiagge sabbiose costituite da sabbia grigio scuro (foto n°5), difese verso mare da scogliere in massi parallele, talvolta arcuate, non allineate. Le spiagge a ridosso delle scogliere sono caratterizzate da morfologie cuspidate o da tomboli, con ampiezza fino a 50 m; l'espansione di alcuni tratti, avvenuta negli ultimi 13 anni, raggiunge i 25 m. Allo stato queste spiagge sono utilizzate intensamente per attività ricreative e sono interessate da una lunga serie di stabilimenti balneari non fissi, ad eccezione dello stabilimento Miramare, peraltro in stato di abbandono.

Anche in questo tratto si rilevano rapidi approfondimenti delle batimetriche nei tratti antistanti le scogliere, per erosione dei fondali legata alla riflessione delle strutture; tra le scogliere parallele sono quasi sempre presenti canali incisi nel fondo.

Nel tratto successivo, fino a Torre Scassata, è presente una falesia incisa nei corpi lavici afferenti alla formazione delle lave di Villa Inglese. La falesia ha un'altezza inizialmente contenuta entro i 4 m; gradualmente risale fino ai 9 m circa. E' protetta quasi ovunque da scogliere in massi naturali radenti ad eccezione di grosse scogliere parallele a protezione di spiagge sabbiose in arretramento ubicate al piede della microfalesia. La prima ai due lati del Ristorante in stato di abbandono La Casa Rossa

mostra evidenti fenomeni erosivi in atto sia nel tratto protetto, con debole riesumazione delle fondazioni, che a tergo della scogliera parallela; gli effetti dei processi erosivi sono confermati anche dalla morfologia del fondo (foto n°6). Le altre due spiagge protette, ai lati di Torre Scassata, non mostrano apprezzabili variazioni negli ultimi dieci anni.

La presenza di modestissimi lembi di spiagge ciottolose (sotto Casa Mazza) (foto n°7) e di frequenti casi di faraglionamento, che hanno peraltro consentito la genesi di grossi scogli, conferisce a questo tratto un'accentuata articolazione; su di uno scoglio lavico, sul quale è modellata una falesia di circa 10 m di altezza, si eleva il rudere di Torre Scassata (foto n°8). Il fronte delle colate laviche è molto avanzato verso mare fino alla batimetrica dei 20 m (area prospiciente il ristorante Casina Rossa) e fino a 18 m (area prospiciente S. Maria La Bruna); fra i due fronti il corpo lavico arretra fino alla batimetrica dei 4 m. L'arretramento del fronte lavico nella fascia costiera tra queste due località determina una falcatura nel disegno costiero, nonostante la fascia emersa sia caratterizzata da corpi lavici. Nell'area sommersa nei pressi di Torre Scassata si individua una depressione valliva interposta tra due differenti corpi lavici colmata da depositi ciottoloso-sabbiosi.

La differente morfoselezione legata all'alternanza di corpi lavici e di depositi vulcanoclastici nel restante tratto costiero, fino al porto di Torre Annunziata, continua a conferire al disegno dello spazio emerso e sommerso marcati protendimenti in corrispondenza delle dure litologie laviche, resistenti all'erosione marina grazie alle ottime caratteristiche fisico-meccaniche che li caratterizza, ed arretramenti in corrispondenza dei sedimenti vulcanoclastici poco resistenti all'erosione perché caratterizzati da proprietà fisico-meccaniche scadenti.

Da Torre Scassata, e per circa 500 m verso Est, la costa è caratterizzata da depositi vulcanoclastici riferibili all'eruzione del 1631. Proseguendo verso SE, fino alla piccola baia in Località Filangieri, prospiciente Villa Tiberiade, la costa è interessata nuovamente da rocce afferenti al complesso delle lave medioevali di Villa Inglese (512 d.C. ed il 1631 d.C.)- (foto n°2); in esse è modellata una bassa falesia con altezza contenuta entro l'intervallo di 3-5 m (foto n°9). I corpi lavici si protendono in mare

(affiorano negli scogli di Prota) sino alla profondità di 4 m circa (foto n°1). Il fronte lavico in alcuni tratti termina bruscamente con una scarpata subverticale, determinata dal brusco raffreddamento della massa calda a contatto con l'acqua del mare; alla base della scarpata sono presenti depositi sabbiosi con rari ciottoli.

Dopo la baia di Villa Tiberiade è presente una falesia modellata in una successione di depositi da *debris flow* (foto n°10), complessivamente giallastri e stratificati (foto n°11). Processi di degradazione hanno alterato le rocce esposte, determinando degradazione ed erosione differenziata dei vari strati. La falesia, alta circa 20 m, è attiva ed è allo stato interessata da localizzati fenomeni franosi; accumuli detritici (foto n°10) sono presenti alla base della falesia in corrispondenza delle aree di distacco in prossimità dall'ampia spiaggia sabbiosa che accoglie, fra gli altri, lo stabilimento balneare Lido Azzurro. La falesia piega fortemente verso l'entroterra (verso Est) ed arretra, divenendo inattiva perchè protetta dall'ampia spiaggia del Lido Azzurro, ampia sino a 150 m, che si appoggia al molo di sopraflutto del porto di Torre Annunziata (foto n°12a). La spiaggia si è formata per accumuli di sabbia, a ridosso del molo di sopraflutto del porto di Torre Annunziata, determinati da un drift litoraneo da NW verso SE (foto n°12b). Essa ha subito una graduale progradazione in risposta all'ampliamento di quest'ultimo avvenuto in un periodo successivo al 1954; l'espansione della spiaggia emersa negli ultimi venti anni è pari a circa 10 m (circa 0.5 m/anno) (fig. 26).

Anche in questo caso l'area sommersa dell'intero settore fino alla batimetrica dei 10 m ha una pendenza debolmente superiore, oltre che una morfologia concava rispetto alla fascia compresa tra i 10 m ed i 20 m, debolmente convessa. Nell'area sommersa di fronte la spiaggia del Lido Azzurro tra le due superfici a differente inclinazione è presente una superficie terrazzata modellata dal mare con livello più basso dell'attuale durante precedenti movimenti eustatici pleistocenici e sicuramente rimodellata durante la risalita del mare post-wurmiano. La morfologia del sistema costiero sommerso è, anche per questo tratto, probabilmente da ricondurre alla presenza di un fronte lavico molto più antico.

## 11.2-SUBUNITÀ TRA I PORTI DI TORRE ANNUNZIATA E DI CASTELLAMMARE DI STABIA

### *Subsidenza della piana del Sarno*

Il tratto di costa compreso tra il porto di Torre Annunziata ed il porto di Castellammare di Stabia è sotteso dalla piana del fiume Sarno (foto n°13). L'evoluzione geomorfologica della piana ha determinato i caratteri salienti della fisiografia della costa; su questi si sono sovrapposti gli effetti degli interventi antropici alterativi del sistema.

La piana del Sarno, strutturata e poi colmata così come al paragrafo dell'inquadramento geologico e geomorfologico (figg. 4 e 5), è stata interessata nel corso del Pleistocene superiore-Olocene da fenomeni trasgressivi e regressivi controllati da variazioni glacioeustatiche e dall'interazione tra subsidenza ed aggradazione sedimentaria. L'età del più recente potente fenomeno ingressivo nell'*alta* piana del Sarno è avvenuta durante il massimo trasgressivo dell'ultimo Interglaciale datato circa 125.000 anni dal presente (fig. 1) e testimoniato dalla presenza di specie *Sylvestra seminis*. Tra la fine del Pleistocene superiore e l'inizio dell'Olocene (circa 10.000 anni dal presente) i conoidi alluvionali depositi dai corsi d'acqua subiscono una fase di erosione. La successiva *trasgressione versiliana* (innalzamento del l.m. avvenuto circa 5.000 anni dal presente) modella una paleofalesia (fig. 7 e carta geomorfologica) che tronca i conoidi alluvionali del Pleistocene sup. Il sollevamento del l.m. determina peraltro una fase di deiezione generalizzata di tutti i corsi di acqua confluenti nell'intera area costiera di pertinenza dell'AdB; i ciottoli presenti sulle spiagge sono stati depositi in tale periodo (foto n° 14). Dopo la *trasgressione versiliana* la linea di riva prograda per circa 3 km fino ad arrivare all'incirca alla posizione attuale, grazie all'attività deposizionale storica e protostorica dei torrenti qui confluenti che hanno costruito i conoidi di III generazione, oltre al contributo vulcanoclastico delle eruzioni vesuviane. I prodotti vulcanoclastici hanno peraltro ammantato i versanti dei rilievi carbonatici per spessori intorno al metro, condizionando peraltro l'evoluzione geomorfologica di questi e delle aree pedemontane (cfr. colate rapide).

In definitiva, dopo l'ultima trasgressione, stabilitosi il l.m. intorno alle quote

attuali, ha prevalso l'aggradazione data da materiali vulcanoclastici che hanno attivato una progradazione polifasica della piana con uno spostamento graduale della linea di riva verso mare fino ai tempi storici (fig. 7). Solo in due momenti si sarebbe verificata una forte ma breve ingressione marina; la prima dopo l'eruzione pliniana del 79 d.C. per lo sprofondamento vulcano-tettonico della piana valutato in 3 m circa e l'altra nell'alto Medioevo. Studi ed interpretazioni di stratigrafie di sondaggio individuano altresì sia sedimenti palustri che sedimenti riferibili alla paleospiaggia di epoca romana (al momento dell'eruzione del 79 d.C.) alla profondità di circa 4 m rispetto al livello del mare attuale. Tuttavia, la posizione del livello del mare all'epoca avrebbe dovuto essere al massimo più bassa di un metro; pertanto l'area deve aver subito una subsidenza di almeno tre metri di tipo vulcano-tettonico, compensata poi da una graduale aggradazione per l'apporto di nuovi sedimenti vulcanoclastici e da processi di rifornimento legati alla morfodinamica costiera. L'entità complessiva della progradazione dal 79 d.C. ad oggi è stata di circa 1.3 Km (fig. 7), mentre l'aggradazione ha raggiunto localmente i 10 m.

L'apporto solido del fiume Sarno è sempre stato relativamente modesto, ad eccezione dei periodi di disponibilità dei sedimenti successivi alle eruzioni; dopo tali periodi il tracciato fluviale si riorganizzava assumendo un percorso a tratti meandriforme, con genesi di meandri abbandonati e rapido seppellimento del cordone dunare d'epoca romana.

Un contributo all'apporto di sedimenti alla piana è stato fornito dal trasporto solido dei rivi a regime torrentizio, rivi Piazza Grande, Cagnuolo, S. Pietro, Calcarella e Gragnano (o San Marco), che scendendo dai Monti Lattari confluiscono nella piana. Il settore pedemontano interessato dalla presenza di questi rivi è interessato peraltro da condizioni di pericolosità geomorfologica legata a processi alluvionali in bacini torrentizi. La ricostruzione storica degli eventi e l'analisi delle modificazioni antropiche che hanno interessato i rivi nel Comune di Castellammare hanno consentito di rilevare che l'abitato è stato più volte interessato da eventi di tipo alluvionale, con trasporto accumulo di natura detritico-fangosa verificatisi in corrispondenza di eventi piovosi intensi che hanno provocato danni e perdite di vite umane. Le caratteristiche geologiche

e geomorfologiche del bacino, i gradienti di pendenza media elevati, l'elevata energia del rilievo, i bassi tempi di corrivazione (valutati in un'ora circa) sono fattori predisponenti. Questi elementi evidenziano la rapidità degli eventi che incide sulle condizioni di pericolosità. A questi vanno aggiunte le modificazioni antropiche di tipo idraulico subite dai rivi, quali superfici rese impermeabili da cementificazione cui corrisponde un aumento del ruscellamento superficiale, la tombatura degli alvei, i restringimenti d'alveo; in corrispondenza di questi ultimi si determinano i processi di esondazione.

L'aggradazione e la progradazione della piana si è probabilmente verificata all'incirca fino alla metà del 1800; da tale data si rileva un generale e diffuso arretramento del litorale protrattosi fino al presente che ha accentuato la falcatura concava della spiaggia, soprattutto nel tratto a Sud del F. Sarno.

E' evidente quindi che i sedimenti che hanno gradualmente colmato la depressione della Piana del Sarno (rappresentati nella *carta geomorfologia* con il colore giallo chiaro) a partire dalla sua genesi (ultimi due milioni di anni) sono complessivamente recenti ed in quanto tali sono sottoposti a subsidenza sia per il lento costipamento legato al peso dei materiali sovrastanti sia per il disseccamento delle argille e delle torbe. Un contributo alla subsidenza lo forniscono anche sedimenti che hanno colmato le più recenti aree lagunari, parallele all'attuale costa, generatesi a partire dal periodo romano, quali ad es. la Salera, antiche saline romane impostate su di un'area lagunare o l'area denominata Stagnone. A questi vanno aggiunti i movimenti profondi della crosta terrestre che hanno presieduto alla genesi della depressione costiera; elementi questi che determinano la subsidenza di carattere regionale. Non va infine trascurato il contributo alla subsidenza indotto da attività antropiche.

La subsidenza complessiva determina quindi un sollevamento *relativo* del livello del mare; l'evoluzione di questa pianura costiera è inoltre regolata dalle variazioni del livello del mare, allo stato valutato in un innalzamento medio del livello di poco inferiore al metro negli ultimi duemila anni, con una tendenza all'innalzamento ad un ritmo di circa 1.3-1.5 mm/anno. Ad un sollevamento del l.m., sia esso relativo e/o effettivo, corrisponde una ingressione del mare sulla terra emersa cui corrisponde un

generalizzato arretramento della linea di riva, un aumento dell'energia del moto ondoso e la penetrazione di acqua marina nelle falde acquifere. Le aree più sensibili risultano essere le spiagge sabbiose strette e piatte, con morfologia concava, con dune assenti e con quote inferiori ai tre metri.

A titolo di esempio, da due livellazioni di precisione effettuate sul litorale nel 1984 e nel 1987 è emerso che tutti i 130 km della regione Emilia-Romagna sono interessati dal fenomeno della subsidenza con valore di abbassamento del suolo che variano da 5 a 50 mm/anno. L'innalzamento relativo del l.m. provoca un'erosione delle spiagge molto più spinta rispetto a quella dovuta ad una semplice ingressione geometrica; anche modesti tassi di risalita del l.m. indurranno il profilo di spiaggia a migrare verso terra. In mancanza di apporti sedimentari da parte dei fiumi, i sedimenti mancanti vengono sottratti alla parte più interna del profilo della spiaggia emersa e sommersa. Da studi eseguiti si sarebbe stimato che per un innalzamento del l.m. di 1.5 mm/anno (per una pendenza del fondo pari a 1% ed una profondità di chiusura pari a 10 m) si determinerebbe una sottrazione di sedimenti dalla spiaggia pari a 1500mc/anno per 1Km di costa.

### ***Morfodinamica e sedimentologia***

Questa unità fisiografica include l'intero sistema costiero, caratterizzato da spiaggia prevalentemente sabbiosa, compreso tra i porti di Torre Annunziata e Castellammare di Stabia; essi la delimitano rispettivamente a Nord ed a Sud (foto 13). I moli di sopraflutto dei due porti sono orientati all'incirca parallelamente alla costa, rispettivamente NW-SE e NE-SW. Ampie spiagge sono evidenti a ridosso sia a Nord (spiaggia che accoglie il Lido Azzurro, foto n°12) che a Sud delle opere portuali (arenile Pennello).

Similmente agli effetti dei processi morfodinamici rilevati in altre unità fisiografiche italiane caratterizzate da opere portuali ubicate ai limiti delle unità (ad es. porto di Cala Galera sul litorale del tombolo di Feniglia - Toscana; porto di Marina di Campo nel Golfo di Campo - isola d'Elba) si osserva una diversa distribuzione dell'energia del moto ondoso, con avanzamenti della linea di riva grazie ad accumuli

sabbiosi nelle aree a ridosso dei moli di sottoflutto dei porti (fig. 26) e graduale erosione della linea di riva nelle aree contigue. Gli ampi arenili appoggiati ai moli di sottoflutto, questi ultimi perpendicolari alla costa, si sono accumulati per effetto della presenza dei moli di sopraflutto dei porti che hanno deformato il moto ondoso producendo fenomeni di diffrazione del moto ondoso. I sedimenti così accumulati sono poi sospinti verso i moli di sottoflutto (cfr. paragrafo 9.3) dalla componente *longshore* proveniente da SW (spiaggia di Torre Annunziata) o da NW (spiaggia di Castellammare di Stabia). Queste spiagge verso l'interno versano in uno stato di degrado ambientale per la presenza di erba oltre che di immondizie (spiaggia a Torre Annunziata)- (foto n° 14 e 15). La forte ampiezza delle spiagge non consente il loro periodico lavaggio ad opera delle onde del mare; si accumula così polvere che determina la crescita di erba. In particolare, alla costruzione della spiaggia appoggiata al molo di sottoflutto del porto di Castellammare di Stabia (foto n° 13 e 16) hanno contribuito come prima impostazione i depositi del complesso del rivo S. Pietro che ha la sua foce tra la banchina a NE del porto ed il molo di sottoflutto (carta geomorfologia); nella spiaggia sommersa è visibile ancora il suo conoide parzialmente smantellato per la costruzione dei moli e della barriera soffolta.

In posizione quasi baricentrica è presente la foce del fiume Sarno, fortemente irrigidita ai lati da due moli guardiani e da massicce scogliere radenti destinate a proteggere dall'erosione, indotta dai moli, i tratti di spiaggia limitrofi alla foce. Di fronte in mare, debolmente spostato verso Nord, è presente lo scoglio di Rovigliano (fig. 5), struttura carbonatica positiva, ubicato tra le batimetriche dei 5 e 10 m.

La spiaggia che caratterizza questa unità fisiografica presenta una falcatura con orientamento NW-SE; è complessivamente sabbiosa, con localizzati e superficiali accumuli di ciottoli appiattiti a *piastrella*, (foto n°17), relitti della fase di deiezione versiliana dei corsi d'acqua, poi rielaborati dall'azione del mare. Ad eccezione dei due tratti di spiaggia in avanzamento, prima descritti, posti alle estremità, allo stato la spiaggia è complessivamente in erosione; presenta ampiezze variabili dai 15 ai 30 m (foto n°18). La sabbia verso Nord è prevalentemente di origine vulcanica e di colore grigio scuro (foto n° 14); gradualmente, a partire dal tratto intermedio diviene di natura carbonatica assumendo verso S tonalità sempre più chiare del grigio (foto n° 13 e 18).



Tra il porto di Torre Annunziata e la foce del fiume Sarno sono presenti sei pennelli trasversali in massi (foto n°19), oramai poco radicati alla spiaggia. La scarsa efficacia dei pennelli, attesa la modesta dinamica longitudinale di quest'area e la carenza di sedimenti, deve aver indotto nel passato ad una modificazione al progetto originario, fornendo le terminazioni dei pennelli di scogliere in massi parallele alla spiaggia sabbiosa, allo stato in via di destrutturazione (foto n° 20). I pennelli sono limitati, immediatamente verso Sud, da una grossa piattaforma in massi lavici (foto n° 21) a protezione dello scarico a mare del canale Conte di Sarno. Un largo tratto di spiaggia emersa e sommersa a Nord dei pennelli è costituita da depositi ciottolosi (foto n°22); i ciottoli arrotondati sono caratterizzati da un diametro medio nell'intorno dei 10 cm e da un'origine prevalentemente vulcanica. I ciottoli sono verosimilmente legati ad una fase di deiezione medio-olocenica del Sarno, quando il livello del mare si è sollevato durante la trasgressione versiliana di +2 m rispetto al livello attuale; in quel periodo il fiume aveva la sua foce in tale area, individuabile sia a terra (cfr. ubicazione del paleoalveo nella *carta geomorfologica*) che nel fondo marino ove si riconoscono lembi di un complesso di foce relitto (cfr. *carta geomorfologia*).

Poco più a Nord, è evidente un pontile a giorno in calcestruzzo, semidisfatto (foto n°23), già presente nella cartografia del 1909; nel suo intorno, per un'ampia fascia emersa e sommersa, si riconoscono residui di pesanti manomissioni legate all'attività industriale della ex Deriver, in forma di depositi da colmata costituiti da ciottoli e sabbia, da grossi blocchi di natura indifferenziata, lembi di piattaforme di calcestruzzo, residui di scogliere radenti in massi, ecc, (foto n°24).

Poco più a Sud dei sei pennelli, il tratto di spiaggia a ridosso dello scoglio di Rovigliano è caratterizzato da una morfologia cuspidata che prosegue con basse pendenze verso il largo fino alla batimetrica dei 6 m; in pratica mostra un avanzamento che si attua per accrescimento frontale.

L'irrigidimento della foce del fiume Sarno ha determinato l'arretramento della spiaggia nei tratti limitrofi; in particolare a Nord della foce la linea di riva arretrò di circa 30 m nel periodo 1968-89 a causa della costruzione del pennello in destra foce (figg. 25 e 28). L'analisi della morfologia di fondo consente di rilevare depositi,

ascrivibili al complesso di foce attuale, che si estendono in mare fino alla profondità di circa 15m.

A Sud della foce del fiume Sarno è presente il nuovo porto turistico Marina di Stabia in via di ultimazione (foto n°25), ubicato in corrispondenza dell'area già interessata da sei scogliere parallele in massi costruite prima del 1956 quando i fenomeni erosivi generalizzati si stavano affermando (foto n°26). A Nord del molo foraneo, con orientazione sub-parallela alla linea di riva (in questo tratto N-S), è ancora presente una delle sei scogliere non impegnate dalla realizzazione del porto.

Nel tratto più meridionale, dopo un primo settore di spiaggia non protetto, in evidente arretramento testimoniato peraltro da elevate pendenze nel fondo, è presente una serie di barriere soffolte allineate e parallele alla costa, collocate ad una profondità di circa 4-5 m. Sono state collocate intorno al 2000 a protezione del lungomare Garibaldi di Castellammare di Stabia e di fabbricati più a Nord di questo. Il breve periodo trascorso dalla fine della sua collocazione non consente di rilevare grossi effetti; nel complesso si rileva una debolissima espansione della spiaggia protetta (confronto tra linee di riva 1997-CED e 2003) da correlare anche agli effetti dei processi prima descritti indotti dal molo foraneo del porto. Di contro, celle di circolazione secondaria stanno determinando la genesi di canali incisi nel fondo marino mobile alle terminazioni settentrionali e meridionali della lunga barriera; canali che contribuiranno all'allontanamento dei sedimenti dalla spiaggia verso il largo nei tratti non protetti.

Interposta tra la barriera soffolta e la spiaggia emersa è presente da decenni, qualche decina di metri più a Sud dell'Hotel Miramare, una scogliera parallela emersa in massi che ridossa una porzione di spiaggia con morfologia cuspidata (foto n° 13 e 17). Gli effetti positivi procurati dalla barriera emersa sono stati sostituiti nel tempo da effetti negativi nelle aree contigue non protetti; forti processi erosivi, che hanno come effetto anche l'abbassamento della quota del profilo di spiaggia, hanno determinato l'esumazione di parte delle fondazioni su pali della struttura abbandonata in c.a. dell'Hotel Miramare costruito sulla spiaggia e la destrutturazione delle opere di difesa dello scarico fognario a Sud di questo (fig. 28 a-b).

Infine il molo foraneo del porto di Castellammare di Stabia allungato tra il 1936

ed il 1941 ha esercitato nel tempo un richiamo di sedimenti, per deformazione del moto ondoso, che si sono addossati al molo di sottoflutto, ambedue estesi nel 1970, formando l'ampia spiaggia davanti alla Villa Comunale (foto n° 13). Negli ultimi 10 anni è stato esteso ulteriormente il molo di sopraflutto per oltre 100 m, che ha contribuito ad un'ulteriore progradazione di questa spiaggia, portandola nel suo tratto più profondo ad un'ampiezza di circa 130 m. La stratigrafia rilevata in un piccolo cavo geognostico eseguito per fini sedimentologici, in prossimità della battigia, ha permesso di rilevare una netta diminuzione della taglia dei sedimenti dal basso verso l'alto (fig. 19); i sedimenti passano infatti da sabbie medie, mediocrementemente classate, a sabbie fini, ben classate. L'analisi sedimentologica, ivi compresa il rilievo dell'organizzazione verticale *fining upward*, riflette senza dubbio alcuno una diminuzione dei livelli energetici del moto ondoso, determinata appunto dal riparo offerto dal nuovo tratto di molo foraneo.

In definitiva, la costa ha allo stato assunto una disposizione quasi frontale nei confronti dei mari dominanti provenienti dal III quadrante (foto 13); i processi di accumulo o di erosione attuatisi negli ultimi 50 anni hanno indotto la spiaggia a disporsi parallelamente alle onde dominanti. L'ostacolo fornito dai moli foranei dei porti di Torre Annunziata e Castellammare di Stabia ha determinato l'accumulo di gran parte dei sedimenti per mari provenienti dal III quadrante, con genesi di ampie spiagge che si appoggiano ai moli di sottoflutto dei porti di Torre Annunziata (ampia fino a 200 m circa) e di Castellammare di Stabia (ampia fino a 130 m circa).

I fabbricati, i muri, i manufatti e le recinzioni a tergo delle spiagge limitano fortemente la naturale espansione della spiaggia verso l'entroterra conferendo peraltro alla spiaggia un anomalo profilo con elevati gradienti (foto 29 e 30); a ridosso dei manufatti sono presenti cumuli di sabbia innaturalmente addossati agli stessi (foto n°18). I processi di deflazione che spostano i sedimenti dal mare verso terra e che presiedono ad una naturale evoluzione dell'ambiente di spiaggia sabbiosa, in questo caso, sono ostacolati dai manufatti a tergo. Le dune poi sono completamente assenti e sono state completamente manomesse ed antropizzate con la costruzione di complessi industriali nel settore a Nord del Sarno (foto n°31) (comune di Torre Annunziata), e complessi industriali ed abitazioni a Sud dello stesso (foto n°29 e 30) (comune di

Castellammare di Stabia). Le dune avrebbero assunto un ruolo importante nella protezione delle coste dall'erosione perché in grado di dissipare l'energia delle onde di tempesta e dei venti e di rifornire la spiaggia emersa e sommersa di sedimenti. La preservazione del sistema dunare costiero rappresenta quindi una componente importante della protezione e gestione costiera.

I sedimenti prelevati dalla battigia lungo tutto l'arenile riflettono differenti livelli energetici in atto del moto ondoso; in pratica nelle aree ridossate a tergo dei moli di sopraflutto dei due porti o a tergo della scogliera in massi parallela a protezione del lungomare Garibaldi di Castellammare i sedimenti sono sabbiosi ma con taglia più fine rispetto agli altri che caratterizzano i tratti di litorale più esposti. Anche la realizzazione delle barriere soffolte a tergo, ha iniziato ad influenzare la sedimentazione sabbiosa della spiaggia rendendola nel complesso più sottile rispetto a quella che caratterizza i tratti di spiaggia non protetti. La presenza di sedimenti grossolani, in forma di ciottoli piatti diffusi sulla spiaggia sabbiosa con disposizione embriciata, può essere relazionata all'antica posizione della foce del fiume Sarno che in epoche passate era ubicata più a Nord. Altri ciottoli a piastrella, depositi dai rivi Gragnano (o S. Marco) e dal rio Cacarella, poi rielaborati dall'azione del mare, sono adagiati nel tratto di spiaggia rispettivamente a Nord dell'Hotel Miramare fino al costruendo porto turistico "Marina di Stabia" ed a Sud della stesso. Anche in questo caso sedimenti grossolani relitti, della fase di deiezione versiliana dei torrenti, ad indicare forti processi di erosione. Nel tratto di mare antistante il rio Calcarella è presente un lembo del complesso di foce in via di modificazione per la presenza della barriera soffolta e di quella emersa parallela.

Le caratteristiche granulometriche dei sedimenti di spiaggia emersa e sommersa consentono di identificare vettori di trasporto *on/off* e *longshore* e l'influenza delle opere sul flusso sedimentario. Da esse si può ricavare che gli apporti sedimentari dei fiumi sono limitati e che le sorgenti di sedimento dei tratti in avanzamento sono in realtà le spiagge in erosione. La spiaggia sommersa mostra caratteri che consente di ricostruire un processo erosivo in atto; il profilo è caratterizzato dall'assenza di ordini di barre e truogoli, ad indicare uno stato morfodinamico non più dissipativo.

L'area compresa tra i porti di Torre Annunziata e di Castellammare di Stabia

presenta caratteri geomorfologici del fondo mobile, caratterizzati da pendenze basse e sedimenti in prevalenza sabbioso-siltosi con un normale gradiente costa-largo. Le ricerche condotte hanno messo in evidenza che l'andamento generale della spiaggia emersa e delle isobate nel settore meridionale riflette la morfologia dei conoidi alluvionali deposti dai rivi a carattere torrentizio che scendono dai versanti carbonatici.

All'interno dell'unità fisiografica gli accumuli osservati a Sud del molo del porto di Torre Annunziata e a Nord del porto di Castellammare indicherebbero un *drift* litoraneo stagionale diretto sia da NW verso SE che da SE verso NW, in relazione ai venti ed alle ondatazioni dominanti del periodo. Un *drift* diretto nelle due direzioni potrebbe essere inoltre spiegato dalla presenza di ondatazioni più frequenti ortogonali alla linea di riva che determinerebbero la formazione di correnti lungo costa contemporanee e dirette nelle due direzioni prima citate. A testimonianza di tale variazione del regime litoraneo è il processo di insabbiamento dell'imboccatura del porto di Torre Annunziata a seguito della deposizione dei sedimenti sottratti alla normale dinamica dell'area. Inoltre, la presenza del porto di Torre Annunziata ha operato una modificazione della dinamica costiera, determinando l'avanzamento della spiaggia che ospita il Lido Azzurro a Nord-Ovest del molo di sopraflutto, e l'erosione generalizzata del litorale a Sud-Est dello stesso. Il molo foraneo ha provocato l'intercettazione dei sedimenti trasportati dalle correnti lungo costa da NW e la mancata ridistribuzione di questi lungo i tratti costieri posti a Sud, in tutto il golfo di Castellammare.

### **11.3-SETTORE COSTIERO TRA CASTELLAMMARE DI STABIA E PUNTA CAMPANELLA.**

#### ***Fenomeni franosi ed evoluzione delle falesie***

##### **Fenomeni franosi**

I principali eventi che possono determinare situazioni di pericolosità geomorfologica lungo la fascia costiera in Penisola Sorrentina ed a Capri sono quelli da frana e da evoluzione delle falesie. La pericolosità è intesa come probabilità che un evento evolutivo, potenzialmente distruttivo, si verifichi in una certa area ed in un

determinato intervallo di tempo. Valutare la pericolosità implica la conoscenza del territorio per individuare sia il tipo che l'entità del pericolo cui è soggetta una determinata area oltre che le modalità e la frequenza con cui esso si manifesta.

La fascia costiera si caratterizza per la presenza, talvolta diffusa, di dissesti che interessa i complessi rocciosi lambiti o meno dal mare, segnatamente in quei tratti di versante ad elevata energia del rilievo in cui si combinano sfavorevoli condizioni litostratigrafiche e strutturali. Altri aspetti interni al sistema da non trascurare che consentono una corretta valutazione delle cause predisponenti di fenomeni franosi sono gli aspetti idrogeologici, i tipi di copertura e l'uso del suolo. Le cause che possono determinare i fenomeni franosi sono invece esterne al sistema; possono essere naturali, dipendendo dagli agenti della dinamica endogena ed esogena, ed artificiali se dipendenti direttamente o indirettamente da attività antropiche.

Fenomeni più diffusi sono costituiti da frane in roccia calcarea quali scivolamenti, crolli, ribaltamenti, caduta di blocchi detritici, da frane da distacco di blocchi nel Tufo Grigio lungo le coste ed ai margini dei *valloni* ed infine da frane nella copertura piroclastica quali scorrimenti traslativi-colate rapide detritico-piroclastiche.

La pericolosità da frana per scivolamento traslativo è più limitata ed è determinata oltre che da condizioni strutturali sfavorevoli quali giaciture a franapoggio, sistemi di fratture, anche dalla presenza di livelli a comportamento duttile intercalati nella successione calcarea.

La pericolosità da frana per crolli e distacchi di blocchi nei complessi carbonatici è indotta da assetti morfologici predisponenti, quali scarpate e pareti rocciose, e strutturali sfavorevoli; le condizioni di pericolosità aumentano lungo i fronti più alti ed estesi, soprattutto dove si addensano e si intersecano i diversi sistemi di fratturazione.

La pericolosità per fenomeni franosi rapidi a carattere catastrofico interessa i terreni piroclastici in giacitura primaria o secondaria che coprono i rilievi carbonatici con versanti energicamente modellati. Le acque superficiali e sotterranee attivano processi di denudazione con frane del tipo colata rapida con effetti spesso disastrosi. L'inclinazione dei versanti interessata da tali processi varia intorno ai 35-40°; questi valori, corrispondenti a condizione di equilibrio limite, combinati a fattori locali

sfavorevoli quali apporti meteorici intensi e concentrati, spesso associati a disturbi artificiali quali sovraccarichi e /o sottoescavazioni, innescano i fenomeni franosi.

Le frane nei terreni flyscioidi, che mantellano la porzione occidentale della Penisola, sono di tipo misto. I movimenti possono interessare aree molto vaste e spessori notevoli; a volte modeste masse in movimento rappresentano solo le zone a mobilitazione più accelerata di un fenomeno più vasto. Le successioni del complesso arenaceo sono state spesso modellate da lenti processi denudazionali che hanno contribuito a svasare le testate vallive: nelle aree con prevalenza di terreni argillosi rispetto a quelli arenaceo-marnosi i movimenti gravitativi sono del tipo *colamento*.

Nell'area in studio, si rilevano spesso gli effetti di fenomeni franosi costituiti da accumuli detritici alla base di pareti in corrispondenza delle aree di distacco. Talvolta si rinvencono falde detritiche relitte, legate a processi di erosione in massa che hanno energeticamente modellato i pendii durante la glaciazione wurmiana.

### Falesie

Le condizioni di predisposizione ai dissesti finora descritte vengono aggravate nei tratti prospicienti il mare dove l'azione erosiva del mare ha prodotto le falesie, forme costiere rappresentate da scarpate rocciose di qualsiasi altezza verticali o subverticali a contatto con il mare. Nell'area in studio esse sono spesso incise alla base di versanti energeticamente modellati da erosione subaerea. Si distinguono falesie attive, soggette direttamente all'erosione marina perché lambite dal mare, e falesie non attive quando separate dal mare da depositi litorali, colluviali o di altro genere. L'erosione si attua prevalentemente attraverso processi di demolizione ad opera del moto ondoso, cui consegue l'arretramento della falesia; si instaurano azioni di erosione, di abrasione e di cavitazione litorali, asporto di detriti oltre che processi di degradazione chimica (prevalentemente in corrispondenza dei calcari) attivati dalla presenza del mare e di bioerosione. L'evoluzione di una falesia è funzione delle caratteristiche litologico-strutturali e fisico-meccaniche del corpo roccioso su cui la falesia è modellata, dalla profondità del piede della falesia, dalla massima profondità di frangenza delle onde in quel paraggio, dall'ampiezza della marea, dall'esposizione al moto ondoso, dal disegno

costiero, dalla granulometria dei materiali trasportati, ecc.

La Penisola Sorrentina e l'isola di Capri sono bordate da ripide falesie, che spesso sono articolate in un alternarsi di promontori e baie, talora con spiagge ciottolose di fondo cala o a tasca (pocket beaches). In genere queste ultime sono impostate all'incrocio tra linee tettoniche bordiere e trasversali alla costa, oppure sono legate al crollo di ampie cavità tettono-carsiche presenti alla base o lungo le falesie. L'arretramento delle falesie costiere è per lo più avvenuto per fenomeni di scalzamento al piede in tempi lunghi; localmente l'elevato grado di tettonizzazione e cataclasis della roccia ha facilitato l'aggressione da parte del moto ondoso. Graduali processi di degradazione fisico-chimica dell'ammasso roccioso, riconducibili soprattutto a cicli crio- e termoclastici nonché a fenomeni chimico-dissolutivi, si sono invece manifestati nell'arco del Quaternario, durante le fasi climatiche freddo-umide e caldo-aride, alterando i litotipi e rendendoli meno resistenti all'erosione.

L'instabilità delle falesie è legata sia all'altezza e morfologia delle stesse, sia al grado di carsificazione ed all'insieme delle condizioni morfostrutturali, litostratigrafiche e giaciture dei corpi rocciosi in cui sono state modellate, ma soprattutto all'azione di scalzamento al piede operata dal moto ondoso in corrispondenza di fondali marini a bassa profondità, caratterizzati dalla presenza di depositi ciottoloso-sabbiosi. Questi ultimi, infatti, in occasione d'intensi eventi meteomarinari possono essere scagliati energicamente sulla porzione di parete rocciosa sommersa o posta al di sopra dell'attuale livello marino, oppure trascinati e sfregati sul fondo marino antistante la falesia costiera e lungo la sua base, specie in presenza di fondali marini bassi. A tal proposito si fa presente che lungo le falesie attive in condizioni limite, ovvero in presenza di onde al largo con una massima altezza di 5 m ed una relativa profondità di frangenza di circa 7.5 m, la pressione massima esercitata dai frangenti risulta pari a circa  $36 \text{ t/m}^2$ , con un valore medio di circa  $18 \text{ t/m}^2$  esercitato sul tratto di falesia esteso tra -2 e +2.4 m circa. Tale pressione, sebbene esplicata in un'area circoscritta della falesia ed in modo istantaneo, non ne pregiudica la stabilità complessiva; invece, nel caso in cui simili sollecitazioni siano frequenti o cicliche le resistenze al taglio della roccia decadono da valori di picco a residui e s'instaurano condizioni d'instabilità, con



il conseguente progressivo arretramento del piede della falesia e la sua verticalizzazione a seguito di crolli. Tuttavia, il detrito accumulatosi alla base, se voluminoso e non asportato dal moto ondoso e dalle correnti marine in quanto costituito da massi e blocchi, costituisce una naturale protezione del tratto di falesia dallo scalzamento al piede. Pertanto, proprio durante ripetute mareggiate ad elevato idrodinamismo ed alto impatto energetico sulla roccia – intese in termini di pressioni per metro quadro e nei pori – ed in presenza di processi, fenomeni e fattori mutuamente interagenti, quali le particolari condizioni giaciturali (strati a franapoggio meno inclinato del pendio) e morfostrutturali (elevato grado di cataclasizzazione) dei corpi rocciosi, le caratteristiche morfologico-sedimentologiche dei fondali marini antistanti (bassofondo con sedimenti mobili a granulometria medio-grossolana), nonché i fenomeni ipercarsici (corrosione, per mescolamento di acque marine e dulcicole provenienti da sorgenti subacquee), localmente possono essere accelerati e/o concentrati i fenomeni d'erosione (corrasione) dei solchi basali o di battente. Questi ultimi, ampliandosi ed approfondendosi in tempi lunghi, predispongono in tal modo tratti di falesia all'innescio di potenziali crolli di detrito e massi.

In particolare, nell'attività di escavazione marina che si attua sulle falesie carbonatiche della penisola Sorrentina e di Capri rientrano sia azioni di tipo fisico quali impatto da onde, abrasione ad opera dei materiali rimossi dal fondo ed in sospensione, esplosione dell'aria compressa dalle onde nelle piccole cavità che azioni di tipo biochimico che conducono a forme litorali di dissoluzione. Tali forme si sostanziano in una zona a licheni neri ubicata nella parte più alta, bagnata solo dalle onde di tempesta; sono presenti vasche di dissoluzione prodotte dall'aggressione biochimica delle acque marine arricchite in anidride carbonica prodotta dalle alghe cianoficee. A tale azione si aggiunge quella aloclastica legata alla cristallizzazione, cui corrisponde l'espansione, dei sali dall'acqua marina infiltratasi nelle fratture della roccia durante le mareggiate. La zona a licheni neri passa verso il basso a quella a licheni gialli, fascia sempre bagnata dalle onde e dagli spruzzi ove prevalgono i *lapiez*; spesso si rileva un solco di battente anche molto profondo che talvolta evolve in caverne marine in punti di forte debolezza (sistemi di fratture, faglie, ..). Si passa poi alla cornice organogena (*trottoir a*

*Tenarea*), sotto al solco di battente, costruzione organogena calcarea aggettante per circa 50 cm, costituita da alghe calcaree incrostanti genere *Lithophyllum* e *Lithothamnium*. In corrispondenza ed al di sotto della cornice organogena si disattivano tutti i processi di erosione, sia chimici che meccanici; pertanto le grotte sommerse, presenti a profondità diverse lungo la costiera sorrentina, non influenzano in alcuna maniera la stabilità delle falesie.

### Tipi di falesia

Nel sistema costiero in studio si riconoscono vari tipi di falesia:

-la falesia nei calcari presenta altezze variabili da pochi metri fino ad un centinaio di metri; quella intagliata nei calcari è prevalentemente verticale grazie alla presenza di fratture che hanno agevolato l'azione di escavazione marina. E' stata intagliata alla base di versanti energicamente modellati (dall'erosione subaerea durante la glaciazione *wurmiana*) nel corso della trasgressione *versiliana* (circa 6.000 anni fa) quando il livello del mare è risalito sino a +2 m s.l.m.. Nel corso della trasgressione l'attività di escavazione marina ha prodotto peraltro una serie di caverne marine laddove i giunti di stratificazione si intersecano con fratture e faglie. Lungo la costa sorrentina i fondali raggiungono rapidamente i 20 m di profondità entro 50/100 m di distanza dalla falesia subverticale.

-la falesia strutturale corrisponde ad uno specchio di faglia nei calcari; si presenta come una alta parete verticale e presenta solchi di battente versiliano (a +2m) e tirreniano (+8m) - (secondo alcuni Autori ambedue i solchi sono Tirreniani). Non ha subito arretramento dal tirreniano ad oggi, testimoniato dall'assenza di terrazzi di abrazione marina. Tale falesia non è molto frequente in penisola; si rileva in maniera evidente per un centinaio di metri di costa nel Comune di Massalubrense presso Pontone, a Punta Gradelle e a Punta del Capo.

-la falesia nel flysch è presente tra Punta del Capo e Marina di Puolo oltre che tra gli scogli di Pila e Capo Corbo; è meno inclinata di quelle precedentemente descritte e si apre alla base di versanti con inclinazione nell'intorno dei 25°. Le falesie riconosciute in questi tratti sono spesso sede di fenomeni di instabilità testimoniati da accumuli

detritici eterometrici al piede; tali fenomeni morfoevolutivi non preservano le forme legate a vecchi stazionamenti del livello del mare (solchi, terrazzi di abrasione, ..). Solo tra Capo di Sorrento e Marina di Puolo al piede della falesia modellata nel flysch affiora un terrazzo di abrasione marina a +2 m, scavato dal mare durante il sollevamento glacioeustatico del mare durante il versiliano; il mare ha intagliato la superficie di abrasione in corrispondenza delle litologie più erodibili.

-la falesia nel *Tufo grigio campano* si estende per circa 5 km tra Alimuri e Marina Grande di Sorrento; si presenta come una parete verticale che arretra in generale per la presenza delle fratture verticali dovute al rapido raffreddamento della massa vulcanoclastica. L'attività di escavazione marina, la principale tra le azioni predisponenti, si attua su di una roccia caratterizzata da fattori predisponenti quali la diffusa fratturazione e la degradazione per fattori attivi e passivi. Nei fattori attivi rientrano le azioni chimiche e fisiche degli agenti atmosferici e bioteriogeni; determinano degrado chimico, fisico e bioterioramento. Nei fattori passivi rientrano: la composizione mineralogica, la struttura e la tessitura, la configurazione della superficie, la forma, la collocazione, l'esposizione e la vicinanza di altri materiali. Il degrado cui è sottoposto il Tufo grigio è da ricondurre prevalentemente all'*alveolizzazione*, che determina il deterioramento differenziale grazie all'eterogeneità tessiturale, e alla *manca*za come effetto del distacco dei clasti scoriacei più grossolani.

Processi evolutivi per scalzamento al piede ad opera del moto ondoso interessano la falesia tufacea in studio, soggetta ad arretramento per crolli diffusi, sia nei tratti vivi che in quelli morti, sottratti all'azione diretta del mare da sottili spiagge sabbiose o dai detriti franati. La falesia tufacea è infatti spesso orlata alla base da esili spiagge e da talus detritici legati all'azione di smantellamento del mare. La falesia è sormontata da un ampio terrazzo profondo sino a 2 km che costituisce la naturale superficie giaciturale.

#### *Spiaggia sommersa ed emersa*

I profili batimetrici, le osservazioni geomorfologiche della costa emersa ed i controlli subacquei puntuali eseguiti nel tratto costiero di quest'unità hanno consentito di delineare i principali caratteri morfologici della spiaggia sommersa fino ad una

profondità di circa -20 m.

Le ricerche condotte hanno messo in evidenza che l'andamento generale delle isobate riflette in sostanza la morfologia delle pendici dei versanti carbonatici. La costa rocciosa emersa si raccorda alla parte sommersa talora con brusche variazioni di pendenza, laddove sono presenti i litotipi coerenti. I fondali sono caratterizzati dalla prosecuzione in ambiente sottomarino delle ripide falesie costiere che con andamento subverticale si spingono fin oltre -20m di profondità. In questo caso le pareti della falesia sono stabili perché determinano la riflessione del moto ondoso, a meno di fattori predisponenti alla morfoevoluzione intrinseci al versante cui va aggiunta l'azione di degradazione ad opera degli atmosferici. Talvolta la base delle falesie o alcune cale sono caratterizzate dalla presenza di massi franati e/o di detrito di falda; tali cumuli detritici esercitano un'azione di difesa dai processi di erosione attuati dal moto ondoso, impedendo in tal modo l'attivazione di processi di scalzamento al piede nei tratti di falesia ove sono presenti. Tuttavia, il materiale detritico può essere mobilizzato dalle onde ed utilizzato come abrasivo.

Talvolta la costa rocciosa emersa si raccorda alla parte sommersa tramite deboli pendenze in corrispondenza di quelle zone caratterizzate da conoidi alluvionali o da falde detritiche che si prolungano nello spazio sommerso e che hanno contribuito alla costruzione di litorali ciottolosi-sabbiosi.

La morfologia della spiaggia sommersa è articolata sia per le differenze litologiche e morfotipiche costiere e sia per i fenomeni erosivi e/o deposizionali recenti che l'hanno interessata. Si osservano zone di fondo roccioso, in corrispondenza delle falesie, fino a -10 m circa di profondità e zone invece abbastanza regolari laddove sono presenti fondi mobili, dalla battigia fino a circa -20 m (spiagge ciottoloso-sabbiose sommerse).

Infine, lo studio dell'evoluzione subita dalla costa sorrentina a partire dal 1872 consente di valutare l'influenza delle opere marittime sui tratti di costa adiacenti. Si è osservato nel complesso un'incentivazione dell'effetto pennello con espansione, spesso molto modesta, della spiaggia sopraflutto (verso Sud-Ovest) ed erosione di quella sottoflutto (verso Nord-Est). Al moto ondoso legato ai venti di Ponente, considerato

l'orientamento della costa, è imputabile il movimento di deriva complessivo da SW verso NE.

### ***Subunità da Castellammare di Stabia a Punta Scutolo***

Lungo la strada litoranea (Strada Statale Sorrentina 145) che da Castellammare di Stabia conduce a Vico Equense, e lungo la linea di riva a valle della strada, sono evidenti gli effetti di numerosi fenomeni franosi. I fenomeni franosi sono prevalentemente del tipo crollo associati a scivolamenti; gli scivolamenti hanno luogo in corrispondenza di livelli plastici, quali i livelli marnosi ad *Orbitolina*, che si intercalano alla successione calcarea; tali fenomeni sono prevalentemente localizzati lungo i numerosi fronti di cava abbandonata qui presenti (cfr. carta geomorfologia). I dissesti sono peraltro aggravati nella condizione di instabilità, di per sé precaria a causa del forte grado di scompaginazione che caratterizza il complesso roccioso, dalle elevate altezze e pendenze dei fronti di cava (cfr. foto in appresso). Frequenti sono gli accumuli detritici alla base di pareti subverticali, corrispondenti alle superfici di distacco, a testimonianza di fenomeni franosi avvenuti nel passato lungo la fascia costiera; depositi da frana costituiti da elementi a taglia differente che hanno superato la strada, raggiungendo diffusamente la linea di riva. Si citano ad esempio la frana di blocchi calcarei tra Pozzano e Vico Equense (21.2.67), la colata rapida in località Scrajo (il 23.11.66), la frana in località Bikini (21.2.67), la frana dei bagni di Pozzano (14.4.67), la frana da scivolamento degli strati calcarei con giacitura a *franapoggio* tra Castellammare e Vico Equense che hanno colmato il piazzale di cava (22.02.86) e la nota frana per colata rapida di depositi vulcanoclastiti su substrato carbonatico di Pozzano del 1997 (cfr. foto in appresso), in cui i depositi franati hanno superato la strada statale ed hanno invaso la riva.

### ***Castellammare di Stabia – Ex Stabilimento Calce e Cementi***

Il tratto relativo all'abitato di Castellammare di Stabia, in questo settore, occupa la porzione pedemontana dei Monti Lattari; è ubicato sia su conoidi alluvionali reincisi e terrazzati che su conoidi alluvionali attuali che si estendono anche in ambiente

sommerso fino alla profondità di circa 16-18 metri.

La fase di deiezione durante la trasgressione versiliana ha creato le condizioni per lo sviluppo di spiagge, quali quelle presenti alla foce del Rivo Foiano, foce del Vallone Scuroilillo, e Bagni di Pozzano. L'attività erosiva del mare in quel periodo ha peraltro modellato falesie che allo stato risultano in posizione arretrata rispetto alla linea di riva (cfr. carta morfologica), presenti lungo via Acton alle spalle dei cantieri navali. Tali paleofalesie modellate in rocce carbonatiche, nonostante la loro inattività, sono sottoposte a processi di degradazione meteorica che favoriscono dissesti prevalentemente rappresentati da crolli. Per stabilizzare le porzioni di versante particolarmente instabili sono stati effettuati localmente interventi di consolidamento con pali radice al fine di preservare la sede stradale sottostante, come ad es. in prossimità dell'incrocio tra via Acton e la S.S. 145.

Le spiagge con sviluppo maggiore sono rappresentate da quella sabbioso-ciottolosa situata in corrispondenza della foce del Rivo Foiano detta Arenile Pennello (foto n°32) e da quella sabbiosa di Bagni di Pozzano (foto n°33). Quest'ultima è la più estesa del tratto in oggetto raggiungendo uno sviluppo pari a circa 350 metri e un'ampiezza pari a 35-40 metri; localmente il prevalere di forti condizioni idrodinamiche determina una tendenza all'arretramento della linea di riva. Allo scopo di difendere i tratti di costa più esposti all'azione del mare sono state realizzate opere di difesa sia longitudinali che trasversali; esse hanno conferito una generale stabilità negli ultimi 13 anni, come si evince dal confronto tra la Carta Tecnica della Regione Campania del 1989 con la linea di riva del 2003 rilevata dall'Autorità di Bacino Regionale del Sarno.

La presenza diffusa di coperture detritico-piroclastiche sui versanti carbonatici energicamente modellati, che interessano il tratto di costa tra Castellammare di Stabia e l'ex Stabilimento di Calce e Cementi lungo la S.S. 145, predispone a frane del tipo colata rapida detritico-fangosa (*debris-mud flow*). Queste frane ad altissimo potere distruttivo hanno mobilitato nel tempo quantitativi di materiale che si sono incanalati nelle incisioni preesistenti fluendo ad elevata velocità; questi si sono depositati distribuendosi a ventaglio allo sbocco dei valloni fino a raggiungere la costa,

alimentando i conoidi alluvionali che in prossimità dell'ex Stabilimento di Calce e Cementi si prolungano anche in ambiente sommerso. Si estendono fino all'isobata degli 8-10 metri, profondità questa rilevata frequentemente lungo tutta la costa sorrentina, che segna il limite di accumulo nella zona sommersa; viene indicata in legenda come *orlo di scarpata sottomarina* oltre il quale le pendenze aumentano bruscamente.

In particolare, in seguito alla colata rapida detritico fangosa del gennaio 1997 (foto n°34) è stata realizzata a protezione della sede stradale una galleria paramassi in corrispondenza dello sbocco del vallone ad Est dello Stabilimento Calce e Cementi (foto n°35).

La realizzazione di opere di difesa sia trasversali che radenti la linea di riva ha consentito la preservazione di piccoli tratti di costa, favorendo di contro la genesi di incisioni nel fondo trasversali alla costa, fino alla profondità media di 3-4 metri, che contribuiscono ad allontanare i sedimenti dal sistema costiero.

#### Ex Stabilimento Calce e Cementi – Fosso Sperlonga

Il versante carbonatico biancastro prospiciente il tratto costiero compreso tra l'ex Stabilimento di Calce e Cementi e la foce del Fosso Sperlonga è caratterizzato da un assetto litostratigrafico-strutturale nonché morfologico fortemente predisposto al dissesto (foto n°36). Le giaciture delle discontinuità dell'ammasso roccioso con strati a franapoggio meno inclinati del pendio, attraversati da una fitta rete di fratture che li scompagina fortemente, determinano l'isolamento di blocchi più o meno grandi che franano per crolli e ribaltamenti frontali. Questi vanno ad alimentare falde e conii detritici ubicati ai piedi dei versanti, con sviluppo anche subacqueo fino all'isobata degli 8-10 metri; molto diffusi sono, infatti, i massi sbalzati e rotolati fino a superare la linea di riva. Nella zona di accumulo sommersa, che si estende con pendenze medie del 15% fino all'isobata degli 8-10 metri, sono frequenti modesti canali incisi nel fondo tra i vari cumuli di deposito.

La predisposizione al distacco di blocchi calcareo-dolomitici ha contribuito allo sfruttamento di queste porzioni di versante attraverso coltivazione prevalentemente a fronte unico di cave, allo stato in abbandono. Attualmente i fronti di cava si presentano

molto alti (fino a 130 metri) e pericolosamente instabili; pertanto, sono state posate in opera reti elastiche (foto n°37) e gallerie paramassi a protezione della SS 145 e di qualche esiguo tratto di costa adibito a lido (foto n°38). Localizzati consolidamenti di tratti molto instabili sono stati effettuati a monte della galleria paramassi nei pressi di Punta Orlando (foto n°39). Al fine di proteggere dall'erosione marina la S.S. 145, che in questo tratto si trova ad una quota prossima a quella del livello medio del mare, sono stati realizzati argini arretrati rispetto alla linea di riva fino a Punta Orlando e scogliere radenti (foto n°40) fino alla spiaggia che accoglie il lido Bikini in corrispondenza della foce del Fosso Sperlonga.

#### *Fosso Sperlonga (Lido Bikini) - Stabilimento dei Bagni minerali di Scrajo*

In corrispondenza della foce del Fosso Sperlonga si apre la spiaggia sabbiosa che accoglie il lido Bikini, parzialmente incassata e protetta ad Est da un modesto pennello in massi parzialmente destrutturato e ad Ovest da un modesto promontorio di natura carbonatica (foto n°41); è caratterizzata da una tendenza all'arretramento (pochi metri), come si evince dal confronto con la cartografia tecnica regionale della Campania del 1989. Ai depositi alluvionali recenti del Fosso Sperlonga si sovrappongono, in prossimità della linea di riva, quelli attuali che si sviluppano anche in mare fino alla profondità di 8-10 metri.

L'azione di erosione attuata dal moto ondoso nel passato, sul promontorio tra il lido Bikini e lo Sdraio, ha condotto al modellamento di una falesia carbonatica ed all'isolamento di faraglioni (Scoglio Tre Fratelli); la falesia risulta essere parzialmente protetta da scogliere radenti, mentre, laddove il moto ondoso è libero di agire alla sua base, l'evoluzione morfologica è segnata da scalzamenti al piede e frane di crollo che la rendono attiva. In ogni caso su tutto il tratto di falesia, sia esso attivo che non attivo, sono evidenti gli effetti di processi di degradazione meteorica.

Nel territorio comunale di Vico Equense tra lo Scoglio dei Tre Fratelli e lo Scrajo è presente una depressione che presenta in prossimità del mare una serie di cavità di origine carsica; da quella principale si diparte un sifone, dal quale fuoriesce acqua sulfurea (sorgente dello Scrajo), che si addentra nel versante per un centinaio di metri



circa. A monte lungo questo versante sono presenti doline ed alcuni *trenches* (depressioni morfostrutturali), localmente denominati spacchi; questi ultimi impostati su linee tettoniche probabilmente sono da correlare a movimenti gravitativi profondi legati a fenomeni di decompressione dell'intero versante.

In località Scrajo una esigua spiaggia sabbiosa è in parte difesa da scogliere in massi, longitudinali e distaccate che le hanno conferito stabilità negli ultimi 13 anni. A tergo è evidente una falesia inattiva sottoposta a degradazione meteorica causa di instabilità e dissesti localizzati (foto n°42). Un tratto di falesia dal quale prendono origine frequenti distacchi di massi è stato protetto dall'azione del mare attraverso argini arretrati rispetto alla linea di riva. La zona di accumulo sottomarina ha uno sviluppo fino all' isobata dei 15 metri con pendenze medie del 7%.

#### Stabilimento dei Bagni minerali di Scrajo – Marina di Aequa

Il tratto costiero in oggetto è caratterizzato da alte falesie attive e da piccole spiagge di fondo cala, *pocket beach*, con tendenza all'arretramento. Le falesie carbonatiche hanno un'altezza compresa tra 25 e 60 metri; risultano sottoposte ad erosione che si attua attraverso processi di lenta demolizione ad opera del moto ondoso, riconoscibili talvolta in vistosi sgrottamenti. A questi processi si combinano sfavorevoli condizioni stratigrafiche, morfologiche e strutturali; l'evoluzione delle falesie è legata a fenomeni di crollo di grossi blocchi e di detrito. I materiali franati si dispongono diffusamente sulle esigue spiagge di fondo cala oltre che nelle aree sommerse; gli effetti di tali processi risultano evidenti:

- sulla spiaggia nei pressi dello scoglio della Tartaruga ove le giaciture dei grossi strati a traversopoggio (verso SW) favoriscono i processi di crollo;

- sulla spiaggia immediatamente seguente, prima della marina di Vico, dove sono evidenti depositi detritici franati molto recentemente costituiti da coperture piroclastiche e blocchi carbonatici; l'area di innesco a monte è interessata da dissesti diffusi che prendono origine da una quota di circa 140m s.l.m.;

- in prossimità della spiaggia dei Preti (al di sotto dell'ex Convento dei Gesuiti – foto n°43); la spiaggia di dimensioni modestissime è per buona parte protetta da una

scogliera in massi parallela;

-spiaggia sotto l'Hotel Sporting (foto n°44-45) con uno sviluppo di circa 150 metri ed un'ampiezza pari a circa 20 m (foto n° 46) che, peraltro, allo stato mostra una tendenza all'arretramento. L'assetto morfologico predisponente, fronte alto ed esteso, è peraltro condizionato da condizioni stratigrafiche e strutturali sfavorevoli; queste ultime legate all'intersezione di sistemi di fratture diversamente orientate.

Su tutte le falesie agiscono anche processi di degradazione meteorica che contribuiscono a rendere ulteriormente instabili alcune porzioni di versante, quali l'orlo della falesia sul quale insiste parte dell'abitato di Vico Equense [ex Convento dei Gesuiti (foto n°47), Chiesa dell'Annunziata e Hotel Sporting (foto n°48)] e le falesie ad Est di Marina di Vico Equense (Scoglio della Fusarella e Scoglio della Tartaruga): ovunque sono frequenti i crolli in roccia (foto n° 49 e 50).

La spiaggia relativamente più estesa ma comunque in arretramento, risulta essere quella di Marina di Vico (foto n° 51); essa è parzialmente protetta ad Est da un modesto pennello ed a Nord da un molo di circa 200 metri di lunghezza. A tergo sono presenti paleofalesie inattive localmente dissestate, segnatamente nell'area a tergo del fabbricato rosso; sono modellate in depositi coevi ed analoghi per caratteri sedimentologici a quelli presenti a Marina d'Aequa.

La zona di accumulo sottomarina nel tratto in oggetto ha uno sviluppo medio fino all' isobata dei 5 metri.

#### Marina di Aequa – Punta Scutolo

La baia di Marina d'Aequa è caratterizzata dalla presenza della foce del Rio d'Arco e da una falesia che delimita il suo terrazzo alluvionale. In prossimità del lato orientale della spiaggia del Pozzolo delimitato da un promontorio calcareo, si rinvengono i resti di una villa romana costruita tra il 1° sec. A.C. ed il 1° sec. D.C.; queste preesistenze archeologiche hanno consentito anche di studiare la successione degli eventi sedimentari. Le scale di accesso alla villa sono parzialmente sepolte da prodotti dell'eruzione del 79 d.C. e da depositi di versante con a tetto una successione di depositi alluvionali. L'incisione del tratto medio-terminale del Rio d'Arco si è prodotta

in gran parte durante un abbassamento eustatico nel Wurmiano antico; risulta incassata in successioni calcaree e in potenti depositi alluvionali con intercalazioni di materiale piroclastico. I depositi alluvionali al momento della deposizione (avvenuta prima dell'arrivo dell'Ignimbrite) formavano il conoide che probabilmente si estende qualche centinaio di metri oltre la costa attuale. Esso costituisce il conoide alluvionale del tratto terminale del Rivo d'Arco, torrente che drena uno dei più ampi ed acclivi bacini del versante della dorsale dei monti Lattari. A tergo si apre un'ampia valle deposizionale incassata che ha re-inciso i depositi alluvionali caratterizzanti il terrazzo di Vico Equense e l'abitato di Seiano (foto n°52). Il conoide alluvionale del Rivo d'Arco risulta a sua volta re-inciso ed in prossimità della linea di riva se ne sviluppa uno attuale di dimensioni più modeste che prosegue nella zona sommersa fino all'isobata dei 6 metri. Tali re-incisioni sono conseguenti alla variazione del livello di base controllato prevalentemente dalla tettonica e dalle variazioni eustatiche. Gli effetti di tali variazioni sono evidenziati dall'incisione di una modesta falesia con altezza pari a 7 m nei terreni alluvionali del Rivo d'Arco, protetta da un'esile spiaggia con tendenza all'arretramento; la parte più prominente del suo conoide alluvionale/delta risulta troncato per smantellamento ad opera del moto ondoso durante la risalita del mare nel post-glaciale.

La porzione di falesia ad Est della foce risulta essere attiva mentre quella ad Ovest è resa inattiva dalla presenza di opere di difesa trasversali alla linea di costa, che di contro, hanno accentuato i processi erosivi nel lato sottoflutto cui corrisponde un arretramento della linea di riva.

Ad Ovest della foce del Rivo d'Arco il sollevamento strutturale della dorsale di Montechiaro, combinato all'erosione marina ed alle variazioni eustatiche, ha arretrato notevolmente la falesia rispetto alla spiaggia, non consentendo alle valli fluviali di raccordarsi con il livello di base, definendo così valli sospese. La coltivazione di cave, attualmente inattive, ha contribuito all'arretramento della falesia che risulta interessata da condizioni di instabilità diffusa con depositi da crollo più o meno estesi alla base dei fronti caratterizzati da altezze di circa 100 metri (Punta Scutolo). Frequenti sono i massi sbalzati e rotolati fino ed oltre la linea di riva (foto n° 53; foto n°54; foto 55); questa è caratterizzata peraltro da una debole tendenza all'arretramento negli ultimi 13 anni.

Nella zona sommersa di accumulo, che si estende con pendenze medie del 10% fino all'isobata dei 5 metri, sono frequenti modeste incisioni nel fondo ubicate fra i vari depositi franati.

### ***Da Punta Scutolo a Punta del Capo***

#### **Punta Scutolo – La Conca**

Le falesie in questo tratto di costa raggiungono forti altezze, comprese tra 100 e 170 metri s.l.m. (foto n°56). Esse sono modellate in rocce carbonatiche attraversate da frequenti sistemi di frattura; in corrispondenza di queste l'azione erosiva del mare ha contribuito a creare un'instabilità diffusa che si manifesta attraverso fenomeni di crollo, soprattutto in corrispondenza delle insenature quasi sempre di origine tettonica. La zona di accumulo ai piedi delle falesie risulta essere generalmente poco estesa, nel tratto compreso tra Punta Scutolo e Cava di Pietra, ove assume pendenze del 30%, mentre aumenta di estensione e diminuisce di pendenza in direzione della Conca. In quest'ultimo tratto, a circa 2-3 metri s.l.m., si rilevano limitate superfici sub-orizzontali corrispondenti a terrazzi di abrasione marina (probabilmente versiliani) localmente smantellati dall'erosione marina; alla base sono presenti i depositi organizzati in conoidi detritici sommersi che si estendono fino all'isobata dei 6 metri.

L'evoluzione morfologica dei versanti energicamente modellati ad Ovest di Montechiaro è segnata prevalentemente da frane di crollo; frequenti sono, infatti, i massi provenienti da tali settori che precipitano anche da quote considerevoli fino a raggiungere la costa. E' il caso del rudere industriale situato sul terrazzo di abrasione nei pressi della Conca investito da massi che ne hanno parzialmente distrutto la copertura (foto n°57).

#### **Terrazzo tufaceo**

Superata Punta Gradelle si entra nella depressione tettonica (*graben*) di Sorrento (fig. 12 e carta geomorfologia), struttura controllata dalla neotettonica pleistocenica colmata da depositi tufacei; sono evidenti le tracce di grandi faglie ad orientamento appenninico. In questo settore la costa sorrentina è rappresentata da una falesia

strutturale, impostata lungo la faglia, orientata all'incirca NW-SE, che passando per S. Antonio a Pontone, attraversa tutta la penisola fino a raggiungere il Golfo di Salerno (a SSW di Torca); la faglia limita ad occidente il graben di Meta-Sorrento. I terreni affioranti lungo la falesia sono costituiti da calcari a Rudiste del cretaceo superiore; gli strati immergono a Nord con un'inclinazione di una decina di gradi. Sui calcari poggiano piroclastiti da caduta ricollegabili all'attività eruttiva del Somma-Vesuvio.

In posizione diametralmente opposta, a Punta del Capo un'altra faglia subverticale (fig. 9), con direzione parallela alla precedente, delimita il promontorio su cui sono visibili i ruderi romani della Villa di Pollio. La faglia, ribassando di qualche decina di metri il blocco occidentale, porta all'incirca al l.m. la superficie di trasgressione (l'età della trasgressione è Langhiana) dei depositi miocenici al di sopra del substrato cretaceo. I terreni miocenici sono rappresentati da megabrecce a clasti di calcari cretacei e a matrice arenacea giallastra e/o calciruditica. I clasti possono raggiungere dimensioni di diverse decine di metri cubi; talora sono costituiti da interi pacchi di strati che hanno in qualche modo conservato il loro assetto originario. Nell'insenatura accanto alla villa di Pollio è anche visibile un conoide che raggiunge il mare ed una paleoincisione riempita da alcuni metri di piroclastiti da caduta, da giallognole a marrone attribuibili con ogni probabilità all'attività di un vulcano flegreo (42 ka).

Sul terrazzo tufaceo impostato nel *gaben* sorgono gli abitati di Meta, Piano, Sant'Agnello e Sorrento; la superficie del terrazzo corrisponde al top deposizionale di vulcanoclastiti che ricalcano il piano di deposizione dell'*ignimbrite* campana. Lo studio di sondaggi eseguiti nell'area di sedime dell'abitato di Sorrento, comunque significativi per l'intero terrazzo, ha consentito di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo dell'abitato costituita da una coltre superficiale, con spessore pari a qualche metro, costituita da depositi vulcanoclastici sciolti (sabbie, pomici, lapilli, cineriti, etc.) e depositi alluvionali, passante a tufo grigio ("*tufo grigio campano*" Auct.) con spessore medio pari a 40-50 metri. Il Tufo Grigio Campano costituisce la facies grigia dell'*Ignimbrite Campana*, prodotto di un'eruzione *fissurale* avvenuta 39.000 anni dal presente nel settore orientale dei Campi Flegrei; possiede una notevole diffusione areale pari a circa 30.000 kmq. E' costituito per oltre il 50% da una massa cineritica grigia, da scorie di

pomici colore grigio piombo ed in misura minore da frammenti di cristalli (sanidino, plagioclasio, augite verdastra e biotite) e brandelli di lava. L'unità è costituita, partendo dall'alto, da *cinerazzo*, *tufo*, *tufo pipernoide*, *piperno*; verso il basso aumenta il grado di saldatura, l'appiattimento delle scorie e la neoformazione di feldspato alcalino per ricristallizzazione della frazione vetrosa. Localmente l'unità può assumere un colore giallastro o giallo rossastro da correlare a processi di mineralizzazione secondaria (cristallizzazione di cabasite e phillipsite).

Il tufo grigio possiede, oltre che una sonorità alla percussione, una caratteristica struttura colonnare che gli consente una suddivisione in grossi prismoidi irregolari dovuta a fratture verticali da contrazione acquisite durante il raffreddamento dei costituenti messi in posto ad alta temperatura. La massa tufacea è spesso interessata da altri piani di discontinuità suborizzontali legati a lievi variazioni litologiche o granulometriche, cui corrisponde una diminuzione del grado di cementazione della massa

Alla base del Tufo grigio si rinviene frequentemente un livello di pomice bianche, con uno spessore di tre o più metri, cui segue una serie di tufi giallastri e giallo-rossastri, con livelli di pomice e lapilli e con intercalazioni argillose, sabbiose e conglomeratiche passanti infine al substrato calcareo talvolta con lembi residui di *flysch* arenaceo-argilloso.

Il terrazzo è solcato da strette e profonde incisioni lineari (fig. 13) che si sono prodotte sia in seguito alle modificazioni fisiografiche causate dall'accumulo del tufo sia a causa dell'abbassamento del livello di base conseguente alla regressione *wurmiana*. Le acque di deflusso superficiale hanno operato un'erosione intensa che ha interessato i depositi piroclastici di copertura ed il tufo sottostante. Si sono così formate strette forre, localmente *valloni*, che interrompono la continuità della superficie topografica della piana, segmentando il territorio lungo direttrici Nord Ovest-Sud Est. Sulle piatte aree di interfluvio tra un *vallone* e l'altro, i canali di erosione scavati dalle acque di ruscellamento lungo le linee di massima pendenza hanno contribuito a determinare una ulteriore frammentazione della superficie topografica, isolando altre porzioni di terreno. Le distanze fra i fianchi delle forre aumentano debolmente verso le

foci; queste sono più svasate per la combinazione dell'erosione fluviale e di quella marina.

Il moto ondoso ha progressivamente smantellato il banco tufaceo scalzandolo alla base erodendo i depositi su cui poggia (i materiali sciolti su cui poggia *il tufo grigio* sono spesso presenti sul fondo del mare) e determinando, per cedimento del substrato, il collasso dei prismoidi esterni più sconnessi che si vanno ad accumulare alla base. L'azione demolitrice del mare attuata per millenni ha portato all'attuale configurazione della costa della Piana di Sorrento: una alta falesia dalle pareti verticali, frastagliate interessate da numerose lesioni con prevalente andamento verticale che isolano blocchi o prismoidi di varia grandezza reciprocamente incastrati tra di loro.

La base della falesia è interessata da frequenti tracce artificiali quali cavità, pozzi e superfici di taglio da ricollegare ad attività estrattiva del passato. Le cavità hanno una forma quadrangolare con la volta squadrata o naturalmente curva; l'altezza varia da pochi metri fino a circa 10 m, mentre la larghezza rimane contenuta in pochi metri. Gli sfornellamenti delle volte delle cavità e l'azione erosiva del mare possono demolire porzioni della falesia con crolli prevalentemente lungo le fratture verticali da raffreddamento, determinando situazioni di pericolosità. I crolli e la degradazione hanno generato nicchie, piccole cavità ed anfratti prevalentemente nella fascia bassa della falesia; la sua porzione sommitale, costituita dalla facies meno coerente dell'*Ignimbrite*, è invece butterata per erosione di tipo alveolare da ricollegare alla disgregazione salina. In più punti, infine, sono visibili macchie di vegetazione di tipo ruderale con specie di tipo legnoso nella parte alta e poi di tipo erbaceo, che contribuiscono allo scardinamento delle lesioni e delle fratture.

L'orlo della falesia tufacea a Sorrento era interessato nel periodo imperiale romano dalla presenza di lussuose ville (probabilmente solo due enormi); la loro presenza lungo la costa è testimoniata dalla presenza di aperture ad arco delle calate a mare realizzate a mezzo di gallerie scavate nel tufo, di tortuose stradine di collegamento e da scale interne ed esterne intagliate nel tufo; l'interruzione delle rampe o l'eccessivo restringimento dei gradini indicano un arretramento per frana del tufo. Le antiche dimore occupavano gli stessi siti degli alberghi e delle ville attuali e allo stesso modo

bloccavano la città antica tanto da impedire la costruzione di una strada costiera; lo sfruttamento delle migliori visuali ha quindi condizionato lo sviluppo urbanistico Sorrentino. Similmente a S. Agnello, l'aspetto urbanistico è praticamente immutato rispetto a quello dell'età romana, con presenza di alberghi e ville lungo la costa, con esclusione di strade pubbliche.

Le pertinenze a mare di una villa collocata in alto sul ciglio della falesia a Sorrento, verosimilmente appartenuta ad *Agrippa Postumo* in età imperiale romana, e corrispondenti al tratto di costa a Marina Piccola (lato stabilimenti) sottoposto a Piazza Vittoria comprendono calate a mare, ninfei, piscine, peschiere, dighe e pontili (fig. 29). L'arretramento dei ninfei, la cui costruzione rispondeva a consueti schemi spaziali di vasti ambienti praticati nella roccia, consente di ricavare un arretramento della falesia per frana valutabile, negli ultimi 2.000 anni, dai 4 m ai 20 m. Dinanzi a questi ruderi sono presenti complesse strutture sommerse, costituite da blocchi parallelepipedi disposti in due gruppi; quello ad oriente avrebbe dato appoggio a soprastrutture leggere annesse alla villa, l'altro ad occidente avrebbe funzionato come pontile di accesso alla peschiera.

Anche la falesia a valle degli alberghi Europa e Royal a Marina Piccola di Sorrento ha subito un vistoso arretramento negli ultimi 2.000 anni testimoniata dalle rovine del calidario di una terma.

A Sant'Agnello, presso la Punta S. Francesco al ciglio della falesia nel Tufo Grigio è presente la Villa Paradisiello del 1923, nota come Villa Niccolini; alla base della falesia sono presenti i resti di una villa a mare tra cui una peschiera scavata nel tufo, allo stato quasi intatta. Nel settore occidentale, invece, residui di cavità e pozzi consentono di ricavare un arretramento della falesia negli ultimi 2.000 anni di circa una dozzina di metri. Sulla falesia sono inoltre visibili, come altrove, i segni naturali della degradazione e dell'erosione marina oltre che le tracce artificiali dell'attività antropica del passato.

In definitiva, l'arretramento subito dalla falesia tufacea negli ultimi 2.000 anni sembra avere un tasso massimo pari ad 1cm/anno; tale valore è variabile ed è strettamente connesso con l'esposizione della falesia alle ondatazioni, allo stato di



degrado e quindi alle caratteristiche tecniche della roccia, all'esposizione agli atmosferici, ecc. L'arretramento della falesia avviene per frane da crollo o di blocchi che hanno imposto interventi protettivi che risalgono talvolta, anche alla fine del secolo scorso e all'inizio del presente. Spesso sono visibili gli interventi di bonifica consistiti in cementazione delle fratture e muretti di sarcitura nelle cavità e negli anfratti della falesia.

### La Conca – Punta S.Francesco

I rilievi carbonatici di Monte S. Angelo ed il terrazzo tufaceo di Sorrento si raccordano a mezzo di falde detritiche, organizzate talvolta in coni (foto n°58), nel tratto compreso tra la Conca e Alimuri.

In località Marina di Alimuri la costa è caratterizzata da una lunga spiaggia sabbiosa larga mediamente 40 metri con una falesia tufacea in posizione arretrata che raggiunge altezze di circa 45 metri. La falesia è resa inattiva sia perché parzialmente protetta da opere di difesa trasversali e longitudinali, sia perché la piattaforma costiera qui presente è ampia e poco profonda tanto da contribuire alla dissipazione di energia del moto ondoso (pendenze medie del fondo pari a 2,5-3,5%). Tuttavia la linea di riva negli ultimi 13 anni ha mostrato una tendenza all'arretramento (foto n°59), segnatamente nei lati sottoflutto alle opere (verso Nord).

A Marina di Meta sono presenti i resti di un'antica borgata marinara presso il piccolo porto; già da alcuni decenni prima del 1955, nonostante le ampie volte a botte ancora intatte nel 1955, le mareggiate raggiungevano le vecchie mura e l'ampia spiaggia si andava assottigliando. I fenomeni erosivi che da tempo si attuavano devono aver imposto la costruzione di opere di difesa in un periodo compreso tra il 1974 (fig. 30) ed il 1989 (fig. 31). Infatti a Marina di Meta e a Marina di Cassano in tale periodo sono state posate in opera delle difese evidenti nella cartografia del 1989. Il confronto con la cartografia del 1974 (Carte Tecniche della Regione Campania) consente di rilevare una generale tendenza all'avanzamento della linea di riva come risposta immediata alla realizzazione delle opere di difese longitudinali e trasversali nonché al potenziamento di alcune di esse già esistenti; dal 1989 al 2003 si registra invece una

debole tendenza all'arretramento della linea di riva.

A Marina di Meta è altresì presente anche lo sbocco del vallone, inciso nel tufo, di Rio Lavinola, caratterizzato dal bacino idrografico più ampio presente sul margine occidentale della piana; è il Rio Lavinola il cui ampio ventaglio di testata si estende fino alle pendici occidentali di M.te Comune, dopo aver tagliato una profonda gola nelle successioni calcaree.

Dalla foce del Rio Lavinola fino a Punta S. Francesco, ad esclusione di Marina di Cassano, la falesia tufacea, interessata peraltro da una diffusa presenza di grotte di origine antropica (da ricollegare prevalentemente all'attività estrattiva del passato), è esposta direttamente all'azione del mare. In questo tratto, infatti, la piattaforma costiera pur conservando le stesse pendenze, risulta essere meno estesa rispetto a quella di Marina di Alimuri; l'azione di demolizione della falesia avviene grazie a processi franosi del tipo crollo, favoriti dalla fessurazione colonnare del tufo oltre che dagli altri elementi e processi di cui al paragrafo specifico oltre che nelle figure. Gli effetti di tali processi di erosione per arretramento risultano più evidenti in località Soprammare (foto n°60), a S.Agnello (foto n°61-62) e nella piccola insenatura sotto l'Hotel Corallo (foto n°63). Alla base della falesia sotto quest'ultimo, nell'insenatura, sono evidenti gli effetti di un modesto processo morfoevolutivo ancora in atto; in posizione più esterna, invece, è evidente un modesto paleosolco di battente ad una quota di circa +2m, ad indicare un'assenza di arretramento della falesia in questo tratto, da tempi molto lunghi. E' altresì presente a quote superiori un'ampia grotta legata ad attività antropiche, localmente oggetto di interventi di consolidamento (foto n°64-65-66). A Marina di Cassano gli apporti provenienti dal Vallone S. Giuseppe hanno costruito una spiaggia sabbiosa; in posizione arretrata è presente una falesia resa inattiva prevalentemente dalla presenza di opere di difesa longitudinali e trasversali.

L'evoluzione morfologica delle falesie, sia attive che inattive, è comunque agevolata anche dalla degradazione meteorica che rende instabili tali fronti rocciosi attraverso una fase preparatoria di degradazione fisica e alterazione chimica predisponente all'innescio di movimenti in massa. Tuttavia, frequenti sono le costruzioni presenti alla base delle falesie in località Marina di Alimuri, Marina di Meta (foto n°67)

e Marina di Cassano. Su alcuni tratti di falesia risultano interventi di consolidamento (Alimuri), su altri sono presenti antiche opere di difesa (Cappuccini – foto n°68).

### Punta S.Francesco – Marina Grande

L'abitato di Sorrento si estende fino al ciglio della falesia; alla sua base, sulla esigua fascia sabbiosa o direttamente sull'acqua sono presenti infrastrutture stabili o stagionali di supporto all'attività turistico-alberghiera. Al fine di preservare gli orli di scarpata delle falesie dalla degradazione meteorica sono stati eseguiti interventi di consolidamento segnatamente in corrispondenza dei tratti che accolgono le strutture alberghiere ed i belvedere.

In corrispondenza dell'Hotel Cocumella e fino a Marina Grande, la costa è caratterizzata da una falesia tufacea con altezza media pari a 50 metri; è interessata da condizioni di instabilità con diffusi fenomeni di crollo che coinvolgono anche le scarse ed esigue spiagge esistenti. La piattaforma costiera, infatti, in questo tratto risulta meno sviluppata che nel tratto precedente, consentendo al moto ondoso di erodere spiagge e falesie. A protezione della costa, pertanto, sono state realizzate opere di difesa, rappresentate da scogliere longitudinali distaccate o radenti, che hanno reso inattive gran parte delle falesie sottraendole all'azione del mare ad esclusione della falesia sotto Villa Siracusa, di una piccola porzione a Riviera Massa e di quella sotto Villa Astor. Tuttavia, la degradazione meteorica agisce su tutte le falesie cui fanno seguito fenomeni franosi per crolli; frequenti sono i coni detritici depositi al piede talvolta mascherati da vegetazione. Questi sono evidenti sulla spiaggia dell'Hotel Cocumella (foto n°69), alla Riviera di Massa (foto n°70-71-72), alla base della falesia su cui insiste il Belvedere ed il Museo Correale (foto n°73-74), l'Hotel Europa Palace (foto n°75-76), la Villa Comunale (foto n°77), l'Hotel Tramontano e la Villa Pompeiana (foto n°78-79). I coni detritici proseguono nella zona di accumulo sommersa fino all'isobata dei 5-7 metri. A Marina Piccola, la realizzazione del porto ha parzialmente coperto il conoide del vallone qui confluyente, favorendo la genesi di un'incisione nel fondo.

Oltre alle opere di difesa costiera, frequenti sono i pontili in legno paralleli e trasversali alla linea di costa utilizzati sia come stabilimenti balneari che come attracchi

(foto n°80); anche le scogliere parallele vengono spesso utilizzate a scopi turistico-ricreativi (foto n°78-79).

Dal 1974 al 1989, come si evince dal confronto tra le relative Carte Tecniche della Regione Campania, si registra una modesta espansione della spiaggia a Marina Piccola, lato stabilimenti, come effetto del riparo offerto dalle scogliere longitudinali a difesa della costa (figg. 32 e 33); a partire da 1989 e fino al 2003 si registra una debole tendenza all'arretramento della linea di riva.

A Marina Grande (foto n°81) la spiaggia sabbiosa ha una estensione longitudinale di circa 150 metri e larghezza media di 15-20 metri; a protezione della spiaggia e della falesia tufacea arretrata sono collocate una scogliera longitudinale ed un pennello che hanno garantito negli ultimi 13 anni una certa stabilità alla linea di riva. Anche in questo tratto, dal 1974 al 1989, si registra un generale avanzamento della linea di riva in risposta alla realizzazione di opera di difese trasversali nonché al potenziamento della scogliera longitudinale già esistente (figg. 32 e 33); l'unico tratto costiero di Marina Grande che è caratterizzato da una tendenza all'arretramento dal 1974 al 1989 è ubicato ad Est di S. Anna. Da tale periodo e fino al 2003 si registra una complessiva debole tendenza all'arretramento della linea di riva.

La posa in opera lungo gran parte del tratto in oggetto di scogliere parallele emerse a difesa delle falesie e delle piccole spiagge ha prodotto la genesi di incisioni nel fondo trasversali alla costa, prevalentemente tra i varchi delle scogliere.

#### Marina Grande – Punta del Capo

Questo tratto segna il passaggio dal terrazzo tufaceo di Sorrento ai rilievi carbonatici del Capo. La falesia tufacea modellata dal mare viene sostituita da quella carbonatica di origine strutturale con altezze comprese tra 20 e 40 metri; l'energica attività del moto ondoso si attua prevalentemente lungo le zone di debolezza (giunti, fatturazioni, ecc).

La presenza di esigui terrazzi di abrasione e di paleofalesie in questo tratto sono la testimonianza dell'attività erosiva del mare durante la trasgressione versiliana.

Il sollevamento tettonico del Capo, combinato all'erosione marina ed alle

variazioni eustatiche, ha sospeso alcune valli fluviali che non hanno avuto modo di raccordarsi con il nuovo livello di base.

L'instabilità costiera, derivante dall'azione combinata della degradazione meteorica e di quella marina, coinvolge insieme alla falesie strutturali anche gli orli dei terrazzi versiliani, che appaiono parzialmente smantellati (Villa di Pollio Felice). La zona di accumulo sommersa in questo tratto risulta essere abbastanza limitata con uno sviluppo fino all'isobata dei 5-8 metri e pendenze medie del 15-20%.

A Punta del Capo è presente un gruppo di ruderi di stanze a volta della villa a mare con un perfetto magistero di opera reticolare, probabilmente di età augustea. Il cosiddetto bagno della Regina Giovanna e la successiva insenatura distano solo una quarantina di metri, per cui la parte più sporgente del promontorio si presenta quasi come un'isola.

### ***Da Punta del Capo a Capo di Massa***

I complessi rocciosi messi in posto nel corso della trasgressione miocenica affiorano lungo l'intero tratto di costa tra Punta del Capo e Capo di Massa, mentre il tetto del substrato cretacico costituisce talvolta un terrazzo di abrasione marina. Nel vallone che sfocia a Marina di Puolo si è conservato un lembo di piroclastiti da flusso; tali depositi cronologicamente si pongono tra le piroclastiti legate all'attività di un vulcano flegreo presenti alla villa di Pollio con età di 42 ka e quelle legate all'attività del M. Somma-Vesuvio.

Tale unità fisiografica, limitata a Est dal promontorio del Capo e ad Ovest dalla dorsale di Villazzano, presenta generalmente morfologie moderatamente aspre con versanti localmente acclivi, segnatamente in corrispondenza di litologie prevalentemente calcareo-dolomitiche. Le minori pendenze in alcuni settori, invece, sono conferite dalla presenza di depositi detritici e vulcanoclastici con spessori variabili oltre che dalla presenza di terreni conglomeratico-arenaceo-siltosi. I settori sub-orizzontali che si sviluppano a più livelli in prossimità della costa (foto n°82) rappresentano terrazzi di abrasione marina di diversa età (località Scivano e La Solara).

La costa è caratterizzata prevalentemente da orli di terrazzi marini, modellati

verosimilmente durante la trasgressione versiliana (foto n°83); questi risultano essere parzialmente smantellati dall'erosione marina che con la sua intensa azione ha conferito alla linea di costa un'articolata fisiografia segnata da piccole e frequenti insenature. Lo smantellamento dei terrazzi di abrasione ha creato zone di accumulo sommerse poco estese, con pendenze medie del 12% in località La Solara e del 50% in prossimità del Capo di Massa. Le superfici terrazzate orlano paleofalesie modellate sia in terreni conglomeratico-arenaceo-siltosi (La Solara) che in rocce carbonatiche (Capo di Massa); entrambe risultano sottoposte a intensa degradazione meteorica che determina dissesti idrogeologici diffusi. La falesia inattiva situata nell'insenatura ad Ovest della Villa di Pollio Felice è caratterizzata da paleofrane e da dissesti recenti che interessano la porzione conglomeratico-arenaceo-siltosa (foto n°84). In località La Solara si rinviene una frana di crollo che, staccatasi dalla paleofalesia, ha invaso con il suo deposito il terrazzo sottostante.

La rete idrografica è rappresentata da corsi d'acqua impostati su lineamenti tettonici; le variazioni del livello del mare hanno sospeso alcune valli fluviali (a Sud di Scivano ed a Nord di Pantano) che attualmente stanno riequilibrandosi con il livello di base, come si evince dalle loro foci incassate in strette vallecicole con sezione a V.

A Marina di Puolo la costa è rappresentata in prevalenza da una spiaggia sabbioso-ciottolosa caratterizzata da una falesia arretrata, resa inattiva dalla presenza di un'ampia piattaforma di abrasione con pendenze medie del 3%. La spiaggia mostra una tendenza all'arretramento soprattutto nei tratti non difesi; allo stato è in parte difesa da pennelli e da scogliere longitudinali (foto n°85).

Ad Ovest della Marina di Puolo, lungo le falesie carbonatiche, si sviluppano due terrazzi di abrasione marina utilizzati come piani di coltivazione di cava. Anche in questo tratto le paleofalesie sono influenzate dall'azione della degradazione meteorica che determina instabilità con sviluppo di crolli, alcuni dei quali ubicati in prossimità dei fabbricati realizzati ai piedi delle falesie.

### ***Da Punta del Capo di Massa a Capo Corbo***

#### **Capo di Massa – Conca Azzurra**

Questo tratto di costa è caratterizzato da una falesia modellata in litotipi carbonatici con altezze di circa 10 m in prossimità del Capo di Massa, da orli di terrazzi di abrasione verosimilmente di età versiliana e da falesie carbonatiche sub-verticali alte circa 70 m nei pressi di Conca Azzurra. L'esiguo sviluppo della zona di accumulo sommersa, con pendenze medie del 7%, espone la costa direttamente all'azione del mare che si riflette in un'articolata fisiografia costiera caratterizzata da frequenti insenature e cavità. Le superfici terrazzate sono delimitate verso l'interno da paleofalesie incise prevalentemente in terreni conglomeratico-arenaceo-siltosi; i fronti sono sottoposti a intensa degradazione meteorica che agevola dissesti diffusi quali scoscendimenti delle coperture detritico-piroclastiche e frane di crollo. La falesia carbonatica nei pressi di Conca Azzurra risulta anch'essa interessata da processi di degradazione meteorica; frequenti sono i depositi detritici oltre che i massi.

Il blocco di Capo di Massa rappresenta un piccolo *horst* rialzato da faglie che hanno dislocato la superficie di trasgressione miocenica alla quota di oltre 100 m s.l.m.; più in basso, alla quota di circa 40 m s.l.m., è presente il lembo di un'antica superficie di abrasione marina.

#### Conca Azzurra – Capo Corbo

Conca Azzurra segna il passaggio tra i rilievi prevalentemente carbonatici di Monte Corbo e quelli per lo più arenacei di Massa Lubrense. Gli apporti provenienti dalla retrostante incisione fluviale hanno permesso al mare di originare una spiaggia ciottolosa parzialmente protetta da opere di difesa radenti; il relativo conoide alluvionale prosegue il suo sviluppo in ambiente subacqueo fino all'isobata dei 3 m. Tale vallone è impostato su di un lineamento tettonico, evidente anche nella zona sommersa, che ha ribassato il tratto compreso tra Conca Azzurra e Marina della Lobra rispetto alla dorsale di Monte Corbo, creando scarpate di faglia a luoghi di altezza considerevole. Una di queste è situata ad Est di Conca Azzurra, in terreni conglomeratico-arenaceo-siltosi; la sua evoluzione, connessa a frane di crollo e scoscendimenti delle coperture piroclastiche, alimenta l'estesa falda detritica presente alla sua base. Il terrazzo di abrasione marina posto alla base del promontorio di Punta

Pila, a Sud di Conca Azzurra, è stato successivamente utilizzato come piazzale di cava per lo sfruttamento della retrostante paleofalesia calcarea (foto n°86). Successivamente all'abbandono dell'attività estrattiva, l'intero tratto costiero di Conca Azzurra è stato oggetto di interventi di recupero architettonico che hanno restituito un buon esempio di archeologia industriale; la linea costa in questo breve tratto risulta protetta da argini radenti in cemento. Il fronte di scavo dell'ex cava rimane, comunque, in condizioni di instabilità in quanto è costituito da una parete sub-verticale calcarea sottoposta a processi di degradazione meteorica.

Tra Punta di Pila e Marina delle Lobra, ribassati da due faglie subparallele con direzione N120°, affiorano i termini più alti della successione miocenica, rappresentati da torbiditi arenaceo-pelitiche; in quest'area sono evidenti i fenomeni di instabilità legati a tali litologie.

Il tratto costiero compreso tra il promontorio di Punta Pila e l'incisione fluviale a Sud di esso (foto n°87) è caratterizzato da una spiaggia ciottolosa larga 6-7 m posta alla base di un versante conglomeratico-arenaceo. Tre scogliere longitudinali a protezione della costa hanno consentito negli ultimi 13 anni un lieve avanzamento della linea di riva in prossimità dell'incisione fluviale.

Fino a Marina della Lobra la costa è protetta da scogliere radenti per una lunghezza di circa 700 m (foto n°88). Tale tratto costiero è costituito da falesie incise in terreni arenacei e rese inattive dalle opere di difesa al piede. Nonostante siano state sottratte all'azione battente del moto ondoso, le falesie sono sottoposte ad una intensa degradazione meteorica; per questo motivo sono state realizzate opere di contenimento alla base dei tratti più dissestati.

Il tratto costiero in località Marina della Lobra è protetto da un pennello di circa 250 m di lunghezza che preserva la linea di riva dall'erosione marina (foto n°89). Alcuni esigui lembi di spiaggia sabbioso-ciottolosa, al confronto con la cartografia tecnica regionale del 1989, appaiono nel complesso stabili (foto n°90). Una porzione dell'abitato è situata alla sbocco di un'incisione fluviale sul relativo conoide alluvionale attivo che si estende anche nella zona sommersa fino alla profondità di 8 m.

Tra Marina delle Lobra e Capo Corbo la trasgressione miocenica è visibile senza



interruzione a qualche metro sopra la linea di costa attuale. La superficie di trasgressione è dislocata da numerose faglie con rigetti limitati ed è presente ad altezze variabili. Il substrato è costituito da calcari a rudiste del Cretacico superstite, mentre la successione miocenica mostra un progressivo incremento verso Sud dello spessore delle calcareniti; presso Punta di Pila le calcareniti sono al di sotto delle megabrecce a rudiste cretatiche.

Il settore compreso tra Marina della Lobra e Capo Corbo è costituito da una falesia inattiva incisa in terreni conglomeratico-arenaceo-siltosi ed una attiva (dal pennello fino a Capo Corbo) incisa invece in rocce carbonatiche: entrambe hanno altezze comprese tra 15 e 20 m.

La zona di accumulo sommersa si estende fino alla profondità di -5 m con pendenze del 6-7% nel tratto di Conca Azzurra-Punta Pila. Nello stesso tratto, ma a profondità maggiori, sono presenti conoidi alluvionali inattivi a testimonianza dalle recenti variazioni eustatiche. La zona di accumulo sommersa aumenta la sua estensione in direzione di Marina della Lobra; in questo settore la piattaforma di progradazione è estesa fino all'isobata dei 10 m, con pendenze medie del 3-4%. In prossimità di Capo Corbo la zona di accumulo è di nuovo poco estesa, con pendenze del 10%.

Le scogliere longitudinali a Sud di Punta Pila ed il pennello di Marina della Lobra hanno dato origine a nuove incisioni nel prospiciente fondo marino.

### ***Da Capo Corbo a Punta di Vaccola***

Tra Capo Corbo e Punta di Vaccola, a pochi metri sopra la linea di costa attuale, è visibile senza interruzione il rapporto trasgressivo miocenico. La superficie di trasgressione è dislocata da numerose faglie con rigetti limitati ed è presente ad altezze variabili. Il substrato è costituito da calcari a rudiste del Cretacico superiore; la successione miocenica a tetto, costituita da calcareniti, aumenta gradualmente nello spessore verso Sud.

Lo sviluppo costiero in questo tratto risulta estremamente articolato, con un alternarsi di insenature e promontori rocciosi di origine tettonica su cui ha agito l'erosione marina, incidendo falesie dall'altezza media di 15-20 m in rocce sia

carbonatiche, sia silico-clastiche.

Gli effetti della trasgressione versiliana sono evidenziati dalla presenza di terrazzi di abrasione marina situati a Sud di Capo Corbo, in prossimità di Punta Lagno, ad Ovest di Marciano ed a Punta di Vaccola. Le paleofalesie che delimitano tali superfici di erosione hanno uno sviluppo discontinuo rappresentato da forme relitte incise in terreni miocenici conglomeratico-arenaceo-siltosi; ciò deriva dall'assetto litostratigrafico-strutturale dei corpi rocciosi silico-clastici in cui si evidenzia una stratificazione molto scompaginata e sui quali agisce un'intensa attività di degradazione meteorica favorita dalla loro scarsa resistenza all'erosione. I terrazzi marini in questo settore si sviluppano su superfici di strato carbonatiche con immersioni generalmente verso mare, più specificamente verso i quadranti Ovest, con inclinazioni di 15°-30°. Lo smantellamento ad opera dell'erosione marina favorisce l'innescio di scivolamenti traslativi lungo tali superfici immergenti verso mare (foto n°91). Inoltre, i calcari risultano intensamente interessati anche da fenomeni carsici quali solchi e scannellature (foto n°92).

Il promontorio di San Lorenzo, con falesie attive di altezze comprese tra 15 e 25 m, rappresenta il tratto costiero maggiormente sottoposto all'erosione marina.

Altezze maggiori si riscontrano a NW di Marciano dove la falesia strutturale attiva si eleva per circa 50 m, ed a NE di Punta di Vaccola, con falesie attive di circa 30 m. Sulla falesia attiva situata a NW di Marciano (foto n°93) sono incisi paleosolchi di battente ad una quota pari a circa 4 m s.l.m.

La spiaggia sabbioso-ciottolosa situata nella piccola baia a Nord di Punta di Vaccola (foto n°94) risulta essere in condizioni di generale stabilità dal confronto con la cartografia tecnica regionale del 1989. A tergo è presente una paleofalesia strutturale caratterizzata da un'altezza pari a circa 60 m incisa in rocce carbonatiche; queste ultime sono sottoposte ad intensi processi di degradazione meteorica. Gli effetti determinati si concretizzano nella presenza diffusa di dissesti idrogeologici rappresentati da scoscendimenti delle coperture detritico-piroclastiche e frane di crollo.

Anche in questa unità fisiografica la rete idrografica è strettamente condizionata dalla tettonica; i corsi d'acqua, impostati su faglie con direzione NW-SE, risultano deviati da lineamenti strutturali lungo la direttrice NNE-SSW. Questi ultimi lineamenti,

attraverso dislocamenti trasversali più o meno importanti, hanno generato valli sospese sia a Nord ed a Sud di Marciano, sia a SW di località Le Caselle.

L'azione erosiva del moto ondoso ha prodotto zone di accumulo sommerse di estensione limitata nelle quali i depositi detritici ed alluvionali attuali sono spesso organizzati in conoidi che si estendono mediamente fino all'isobata dei 6 m, con pendenze medie dell'8% a Sud di Capo Corbo ed a Sud di Punta Lagno, fino a raggiungere il 30-40% a Punta San Lorenzo ed il 70% ad Ovest di Marciano. Le rotture di pendenza presenti alle profondità di 14-15 m e lo sviluppo di conoidi sottomarini inattivi consentono di individuare antichi livelli di base a Nord ed a Sud del promontorio di Punta S. Lorenzo.

### ***Da Punta di Vaccola a Punta Campanella***

L'unità fisiografica è delimitata a Nord dalla dorsale di Termini ed a SE dalla dorsale di Monte S. Michele, culminante a mare con il promontorio di Punta Campanella. Le morfologie generalmente aspre, con versanti acclivi, derivano dalla recente tettonica di dissezione che ha agito essenzialmente su litologie calcareo-dolomitiche stratificate. Le minori pendenze in alcune porzioni di versante conservano depositi di copertura di natura detritica e depositi vulcanoclastici con spessori variabili.

L'articolazione della linea di costa, caratterizzata dal susseguirsi di insenature e promontori rocciosi, deriva dalla tettonica recente e dalla simultanea azione erosiva del mare che ha inciso falesie con altezza media di 25 m in rocce calcaree, intensamente interessate anche da fenomeni carsici quali solchi e scannellature.

Il tratto costiero compreso tra Punta di Vaccola e Cala di Mitigliano è rappresentato da falesie attive che da altezze di 15 m gradualmente raggiungono i 50 m; frequenti sono le cavità che l'erosione marina continua ad ampliare. Nella cala è ubicata una grotta a -14 m di profondità; nella stessa area sono visibili paleosolchi di battente incisi nella falesia a 2-3 m s.l.m. (foto n°95).

Nella cala di Mitigliano l'assetto geologico, rappresentato nella carta geomorfologica, è nel complesso articolato. La cala è bordata da linee tettoniche con direttrici E-W; le scarpate strutturali presenti a Nord ed a Sud della cala mostrano

condizioni di instabilità che impegnano sia le rocce carbonatiche, sia quelle arenaceo-pelitiche. I diffusi dissesti, rappresentati da frane di crollo, hanno consentito il deposito di cumuli detritici e massi diffusi sia in prossimità della linea di riva e sia nella zona sommersa. In questo tratto la zona di accumulo sommersa presenta un esiguo sviluppo ed è formata da depositi detritici, organizzati talvolta in coni, che si estendono fino alla profondità di 5-6 m con pendenze del 4%. I detriti di falda e di frana coprono le arenarie mioceniche presenti sul versante nord-occidentale del rilievo tra Termini e Nerano.

Nel 1973 dal versante di M. S. Costanzo si mobilizzò una coltre di materiale piroclastico frammisto a detrito calcareo lungo il pendio prospiciente la Cala di Mitigliano; la frana, partendo dalla base di una ripa calcarea subverticale che delimita il pendio a monte, denudò l'intero versante con inclinazione di 28° lungo un tratto di 250 m circa. La larghezza del tratto a monte era di circa 5-6 m mentre il fronte a valle raggiunse i 70 m circa.

Dalla Cala di Mitigliano fino a Punta Campanella la costa riprende il suo sviluppo caratterizzato da falesie modellate in litologie calcaree interessate da insenature e cavità più o meno ampie che si alternano a modesti promontori. La limitata estensione della zona di accumulo sommersa consente al moto ondoso di smantellare la falesia, arretrandola ulteriormente, generando isolate valli sospese (località Namonte). Nel tratto più prossimo a Punta Campanella, l'elevata pendenza del fondo marino, legata all'assenza di accumuli detritici sommersi, determina la riflessione del moto ondoso sulla falesia; in questo limitato settore la falesia può essere considerata generalmente stabile.

In corrispondenza delle cavità e delle insenature, frequenti soprattutto nel tratto compreso tra Cala di Mitigliano e Punta Campanella, si sviluppano incisioni sottomarine almeno fino all'isobata dei 24 m.

#### **11.4-SETTORE COSTIERO DELL'ISOLA DI CAPRI**

L'istmo di Bocca Piccola (figg. 1 e 2), compreso tra la Penisola Sorrentina e l'Isola di Capri, è profondo entro gli 85 m di profondità. Durante il minimo glacioeustatico dell'ultimo glaciale avvenuto tra circa 18 e 23 ka dal presente, il livello del Mar Tirreno

si abbassò fino ad una quota corrispondente all'attuale isobata di circa 120 m; pertanto, il tratto di fondo marino di Bocca Piccola in quel periodo emerse, determinando una condizione di peninsularità di Capri che consentì anche la migrazione di vertebrati terrestri dalla Penisola Sorrentina.

La morfologia insulare, in corrispondenza dell'affioramento di sedimenti terrigeni miocenici, mostra il massimo assottigliamento legato all'erosione morfoselettiva (fig. 11 e carta geomorfologica); le alte falesie carbonatiche lasciano il posto ad un paesaggio costiero meno impervio, nel quale sono presenti i due maggiori approdi: quello principale turistico-commerciale di Marina di Caterola (Marina Grande), a N, e quello minore esclusivamente turistico di Marina Piccola, a Sud (fig. 14).

L'intero perimetro dell'isola è bordato da ripide falesie d'impostazione strutturale, spesso articolate in un alternarsi di promontori e cale, talvolta con esigue spiagge ciottolose (pocket beaches). Queste ultime, analogamente a quanto rilevato in Penisola Sorrentina, sono generalmente impostate all'incrocio tra faglie marginali e trasversali alla linea di costa, oppure sono connesse al crollo di cavità tettono-carsiche presenti sviluppatesi al piede o lungo le falesie. L'arretramento delle falesie è per lo più connesso a fenomeni di scalzamento al piede; infatti, localmente l'elevato grado di tettonizzazione e cataclasizzazione degli ammassi rocciosi ha favorito l'erosione meccanica da parte delle ondate. Graduali processi di degradazione fisico-chimica della roccia, quali i cicli crio- e termoclastici ed i fenomeni chimico-dissolutivi, si sono manifestati durante il Quaternario, nel corso di fasi climatiche freddo-umide e caldo-aride, predisponendo la roccia ai fenomeni erosivi. Numerose sono le incisioni torrentizie dissecate nel substrato carbonatico, spesso estese anche in ambiente sottomarino, tra cui le maggiori sono presenti nell'area occidentale. Tali vallecicole non apportano significativi quantità di sedimenti alla costa e all'ambiente sottomarino; infatti, in prossimità del loro sbocco sono assenti o rare le spiagge, mentre quelle esigue presenti all'interno di cale sono state alimentate da depositi di detrito di falda o colluviali.

L'instabilità delle falesie costiere è legata sia all'elevata altezza ed all'acclive morfologia delle stesse, sia al diffuso grado di carsificazione ed all'insieme delle

condizioni morfostrutturali, litostratigrafiche e giaciture dei corpi rocciosi in cui sono modellate, ma soprattutto all'azione di scalzamento al piede operata dal moto ondoso in prossimità di fondali marini bassi – sebbene non comuni lungo il perimetro insulare – e caratterizzati da depositi ciottoloso-sabbiosi. Questi ultimi, infatti, in occasione d'intensi eventi meteomarinari possono essere proiettati sulla porzione di parete rocciosa sommersa o al di sopra del livello marino attuale, oppure trascinati ed abrasati sul fondo marino prospiciente la falesia e lungo il suo piede.

L'insieme di tali processi, fenomeni e fattori intrinseci, mutuamente interagenti, possono localmente accelerare e/o focalizzare i fenomeni d'erosione dei solchi basali o di battente; questi ultimi, pertanto, si ampliano ed approfondiscono in tempi più o meno lunghi, predisponendo in tal modo porzioni di falesia all'innescio di potenziali crolli.

L'evoluzione morfologica delle falesie costiere ubicate nel settore nord-orientale, intagliate nelle rocce carbonatiche giacenti al tetto dei terreni flyschoidi miocenici, è legata a fenomeni di crollo di grossi blocchi resi instabili dalla facile erodibilità relativa del substrato terrigeno. Inoltre, le rocce flyschoidi costituiscono anche un substrato impermeabile che sostiene la falda acquifera, in corrispondenza della quale si sono sviluppati estesi fenomeni carsici sotterranei, le cui forme – tra le quali ad esempio la Grotta Azzurra – oggi sono interamente o parzialmente sommerse.

### ***Subunità Punta del Capo - Porto di Marina Grande***

Il particolare assetto morfostrutturale prima descritto è evidente alla base della falesia calcarea di questo tratto costiero, caratterizzata da strati con giacitura a franapoggio e di genesi primaria tettonica, alta fino a 250 m s.l.m. (Punta del Capo, foto n°1). Si rileva, infatti, la presenza della superficie di sovrascorrimento con immersione verso SSW. La falesia, sormontata da una paleosuperficie, risulta peraltro dislocata da faglie dirette che ribassano verso mare (N) ampi blocchi rocciosi (foto n°2).

Tale assetto ha creato le premesse, oltre a quelle intrinseche di cui in precedenza, per lo sviluppo di processi gravitativi di massa legati sia all'elevata erodibilità relativa del substrato flyscioide miocenico, costituito da arenarie stratificate arcoseo-litiche di colore grigio con intercalazione di marne rosse e verdastre, sia a fenomeni di

scalzamento al piede operato dal moto ondoso. Infatti, nella fascia ad E di Marina Grande sono evidenti morfologie riconducibili a paleofrane di crollo, quali cumuli di frana e nicchie di distacco, talora in parte stabilizzate naturalmente dalla vegetazione o riattivate dall'azione erosiva degli atmosferici. Fra queste forme risalta l'enorme cumulo della frana di crollo verificatasi nel 1973 a Marina di Caterola (foto n°3), che ha interessato le brecce calcaree fessurate ed alterate, con scarsa matrice ad elementi contenenti microfauna del *Cenomaniano*. Tale litologia caratterizza la falesia di questo tratto di costa.

Partendo da Punta del Capo, in senso antiorario, si riscontrano:

1-una paleofrana con nicchia di distacco a circa 150 m s.l.m. (Punta del Capo);

2-deposito di detrito di falda a prevalenti elementi carbonatici, subordinatamente arenacei (Grotta e Scoglio della Ricotta- foto n°2);

3-una paleofrana con massi instabili (Scoglio del Calato), con nicchia di distacco a circa 150 m s.l.m.;

4-una paleofrana in detrito con nicchia di distacco a circa 175 m s.l.m. (Grotta del Bove Marino);

5-lembi relitti di nicchia di distacco di frana di crollo a circa 150 m s.l.m. (Punta Caterola);

6-detrito di falda carbonatico commisto a materiale piroclastico, con spiaggia ciottolosa al piede (*pocket beach*); l'evoluzione della cala tra Punta Caterola e Marina di Caterola è fortemente condizionata dalla presenza di un incrocio di faglie con direzione WNW-NNE;

7-enorme cumulo di massi, prominente verso il mare (N), relativo al crollo verificatosi nel 1973 (Marina di Caterola); la nicchia di distacco si individua nei calcari a circa 140 m s.l.m., in parte all'interno di un'incisione dissecata da un corso d'acqua subortogonale alla costa;

8-esigua spiaggia ciottolosa con grotta incombente, tra la base della falesia subverticale e la radice del molo di sopraflutto del Porto di Marina Grande; pericolosità medio-elevata per possibili crolli di massi e blocchi (Marina di Caterola – Porto di Marina Grande).

Nel complesso, i fenomeni franosi sono controllati, oltre che dai motivi precedentemente descritti, anche dalla presenza di un'estesa faglia bordiera ad andamento NW-SE. Le frane di cui ai punti 2, 3, 5 e 7 sono anche favorite dalla giacitura degli strati a franapoggio e dal contributo – seppur non eccessivo, per la presenza di calcari alla base – delle acque di ruscellamento superficiale provenienti dagli impluvi sottesi, subortogonali alla costa, derivanti dal drenaggio della copertura detritico-piroclastica.

I cumuli di massi calcarei delle frane di crollo di dimensioni maggiori, presenti tra Punta del Capo e Marina di Caterola, si estendono in ambiente sottomarino fino a -5/-7 m di profondità circa ed in genere ad una distanza inferiore a 50 m dalla linea di costa. Tali voluminosi cumuli detritici operano un'azione di difesa dai processi di erosione espletati dal moto ondoso e pertanto impediscono l'attivazione di fenomeni di scalzamento al piede nei tratti di falesia interessati; tuttavia, non si esclude la possibilità che si verifichino ulteriori crolli o la riattivazione di movimenti di massa lungo i corpi di frana a seguito dell'azione degli agenti atmosferici.

In questo tratto costiero, inoltre, alcune incisioni torrentizie dissecate trasversalmente nelle formazioni calcaree della costa emersa proseguono in ambiente subacqueo, fino a circa -10 m di profondità a P. del Capo e -15/-20 m a P. Caterola; talora si individuano paleoincisioni tra circa -10 e -20 m (Scoglio della Ricotta), -5 e -15 m (Marina di Caterola), in parte mascherate da sedimenti grossolani.

Lembi di terrazzi marini sommersi sono presenti tra circa -10 e -15 m nelle zone antistanti P. del Capo e lo Scoglio della Ricotta. Nella zona antistante l'opera portuale il fondo marino di natura sabbioso-ciottoloso mostra una morfologia articolata, probabilmente per la presenza dei moli di sopraflutto e sottoflutto che influenzano la locale deriva dei sedimenti.

Infine, nell'area costiera compresa tra il porto turistico di Marina di Caterola e P. Caterola nel 1979 è stato segnalato il pericolo di frana; nel 1985 a Marina di Caterola si è verificata una frana di crollo.



***Subunità Porto di Marina Grande - Punta dell'Arcera***

L'alta falesia carbonatica passa verso W ad un'area costiera bassa (20-50 m s.l.m.) nella quale si apre il Porto di Marina Grande. La modificazione del disegno costiero è da correlare alla presenza nel sottosuolo dei sedimenti terrigeni miocenici in precedenza descritti, in corrispondenza dei quali la morfologia insulare presenta il massimo assottigliamento, legato alla morfoselezione. Quest'ultimo prosegue sino all'intersezione, a circa 190 m s.l.m., della rupe di San Michele (411 m s.l.m.), orientata in direzione SE-NW, con la prospiciente costa settentrionale, dove affiorano nuovamente le litologie in prevalenza carbonatiche, costituite da calciruditi e calcareniti grigie o biancastre ad Ellipsactinie, mal stratificate.

In relazione alla presenza del substrato miocenico impermeabile che funge da tampone alla falda acquifera, si sono sviluppati estesi fenomeni carsici sotterranei, in gran parte oggi sommersi dal mare, quali la famosa Grotta Azzurra e numerose altre presenti lungo questo ed altri tratti costieri.

In questo tratto si osservano:

1-reti di contenimento ed opere di stabilizzazione della falesia bassa di natura detritico-piroclastica, retrostante la spiaggia ciottoloso-sabbiosa ubicata a W del Porto di Marina Grande (foto n° 5 e 6);

2-falesia con detrito di falda in prevalenza di natura piroclastica; parte della falesia è sostenuta da un muro di contenimento alla base (foto n° 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13), circa parallelo alla linea di costa, alto circa 10 m e lungo 20 m. Si rileva una situazione di pericolo derivante dal possibile crollo di massi e blocchi carbonatici aggettanti, inglobati nel detrito (presso la Villa di Tiberio);

3-spiaggia ciottoloso-sabbiosa ripascita con sabbia (Bagni di Tiberio)- (foto n°14);

4-tratto di falesia alta fino a circa 50 m s.l.m., in parte carbonatica ed in parte detritico-piroclastica;

5-paleofrana riattivata nella caletta tra P. Trasete e P. Sbruffo: detrito di falda carbonatico con materiale piroclastico (foto n°15); presenza nel detrito di falda di grossi blocchi crollati in passato per fenomeni di scalzamento al piede; il detrito di falda è protetto alla base da grossi blocchi carbonatici; ad E della caletta presenza di una cavità

tettono-carsica;

6-sifoni e condotti carsici troncati, a qualche metro sul livello marino, lungo la falesia calcarea (Lo Funno - P. Sbruffo);

7-zona a possibile distacco di massi isolati in corrispondenza dello sbocco di una linea d'impluvio ad andamento S-N e subortogonale alla linea di costa (la Selva); presenza di una cavità tettono-carsica (Grotta Guarracini);

8-fratture beanti orientate  $\sim 45^\circ$  e  $\sim 270^\circ$  e talora intersecatisi, presenti tra la Grotta Guarracini e la Grotta Azzurra, a circa 40 m ad E di quest'ultima; situazione di pericolo legata all'isolamento di due massi aggettanti, a circa 10 m s.l.m., passibili di potenziale distacco;

9-manufatti a mare (Gradola); nella zona occidentale, ad E di Grotta dell'Arcera, possibili crolli.

In questo settore, oltre l'opera portuale di Marina di Caterola, sono presenti alcune opere di difesa litoranea. Nella zona posta a circa 50 m a W del porto è stato eseguito un locale intervento di ripascimento artificiale morbido mediante l'immissione di sedimenti ciottolosi sulla spiaggia in erosione (foto n°10). La spiaggia è caratterizzata da ghiaia di dimensioni da centimetriche a decimetriche; è profonda tra circa 5 e 15 m ed ampia circa 350 m. Inoltre, lungo la spiaggia emersa, a circa 150 m a W del porto, sono presenti alcuni pilastri in cemento armato a sostegno della struttura di uno stabilimento balneare (foto n°5) e, nella parte alta della stessa spiaggia, vi è un argine di conterminazione parallelo alla linea di riva, esteso per circa 250 m, costituito da un muro in concreto e conci calcarei alto 2 m circa, che protegge al piede la bassa falesia costiera detritico-piroclastica.

Una scogliera trasversale ed una parallela, entrambe con la radice aderente alla linea di riva, sono presenti lungo la spiaggia ciottolosa con radi massi, rispettivamente a circa 100 e 300 m a W del porto (foto n° 7 e 9); in particolare, la scogliera parallela è ubicata nell'area sottostante l'Hotel Palatium.

Nella zona antistante i Bagni di Tiberio (foto n°14), invece, vi sono un piccolo pontile trasversale in calcestruzzo ed un'opera di difesa emergente parallela, con la

radice aderente alla linea di costa; il pontile e la scogliera parallela sono in parte fondati su massi calcarei affioranti dal bassofondo marino.

Nell'area a W del porto il fondo marino degrada dolcemente fino a circa -5/-8 m ed è costituito da sedimenti ciottoloso-sabbiosi con radi massi calcarei fino ai Bagni di Tiberio. Da P. Sbruffo fino a P. Trasete il fondale, fino a circa -5/-7 m è caratterizzato da massi e blocchi carbonatici derivanti dal detrito di falda estesamente affiorante lungo la falesia (foto n°15); nella caletta a W di P. Trasete il cumulo della frana di crollo si estende fino a circa -4 m di profondità.

I cumuli detritici operano un'azione di difesa dai processi d'erosione espletati dal moto ondoso e pertanto impediscono l'attivazione di fenomeni di scalzamento al piede nei tratti di falesia interessati; tuttavia, non si esclude la possibilità che si manifestino nuovi crolli o la riattivazione di movimenti di massa lungo i corpi di frana per opera degli atmosferici.

Il restante tratto di costa fino a P. dell'Arcera, invece, è caratterizzato da una falesia che prosegue in ambiente sottomarino, di frequente subverticale fino a circa -10/-15 m; inoltre, l'incisione torrentizia dissecata lungo la costa a monte della Grotta dell'Arcera si estende in ambiente subacqueo fino alla profondità di -16 m circa.

Infine, nelle aree costiere comprese tra Marina Grande e Punta Vivara nel 1974 si sono manifestati smottamenti lungo la bassa falesia costiera; tra Punta Trasete, Scoglio Ricciuto ed i Bagni di Tiberio nel 1979, 1984 e 1997 è stato segnalato il crollo di detrito e massi calcarei ed il pericolo di frana. Nel 1973, nei pressi della Grotta Azzurra, in località Gradola, si è verificato il crollo di parte della muratura di un vecchio fabbricato a picco sul mare, determinando una locale condizione di pericolo.

### ***Subunità Punta dell'Arcera - Punta Cala del Rio***

Le litologie in cui sono modellate le falesie, alte fino a circa 30 m s.l.m., sono di natura carbonatica, segnatamente calciruditi e calcareniti grigie o biancastre, ad Ellipsactinie, mal stratificate e con giacitura a traversopoggio ortoclinale o franapoggio, del Cretacico inferiore.

Le profonde insenature di Cala Lupinaro e Cala del Rio, di forma subtriangolare,

sono ubicate rispettivamente allo sbocco delle incisioni di Rio di Chiuso e Rio della Cesa, orientate in direzione circa E-W ed in parte impostate su faglie (Rio della Cesa). Le insenature, pertanto, si sono sviluppate in corrispondenza di linee di debolezza, all'intersezione tra faglie trasversali alla linea di costa e la falesia stessa.

La falesia costiera compresa tra Punta Capocchia e Cala Lupinaro, caratterizzata dalla presenza di una cavità carsica (Grotta Iannarella), mostra un'evidente impostazione strutturale; infatti, la sua evoluzione è stata controllata da una faglia bordiera ad andamento appenninico (NW-SE), la cui intersezione con un altro lineamento perpendicolare alla costa, ad andamento E-W, ha strutturato la genesi della cala.

Lungo questo tratto si osservano:

- 1-reti di contenimento dei clasti detritici (P. di Vetereto);
- 2-massi aggettanti lungo una superficie di strato erosa, con giacitura a franapoggio meno inclinato del pendio (P. del Miglio);
- 3-profondo sgrottamento, ubicato qualche metro al di sopra del livello marino attuale (P. Capocchia).

In questo tratto i problemi che possono dar luogo a pericolosità sono legati ad episodici crolli localizzati di detrito e massi isolati, sebbene vi sia una rete metallica di contenimento, o distacco di massi dalle superfici di strato giacenti a franapoggio; il profondo sgrottamento di genesi strutturale, invece, potrebbe evolvere per opera dell'azione del moto ondoso, ampliandosi e determinando in tal modo una locale condizione di pericolo.

Da P. dell'Arcera fino a Cala Lupinaro la falesia costiera prosegue subverticale in ambiente sottomarino fino a profondità spesso maggiori di -20 m, talora fino a -50 m.

Le principali incisioni torrentizie di Rio Chiuso e Rio della Cesa dissecate trasversalmente alla linea di costa nelle rocce carbonatiche, proseguono in ambiente subacqueo fino a circa -20 e talora -25 m di profondità, in parte mascherate da detriti grossolani. Nella parte centrale della Cala Lupinaro, inoltre, si rileva il lembo di un terrazzo marino sommerso a circa -10/-12 m.

### ***Subunità Punta Cala del Rio - Punta del Pino***

Anche in questo tratto le litologie in cui sono modellate le basse falesie costiere, alte fino a circa 30 m, sono di natura carbonatica, segnatamente calciruditi e calcareniti grigie o biancastre, ad Ellipsactinie, mal stratificate, del Cretacico inferiore. Le profonde insenature, quali Cala il Latino e Cala di Mezzo, sono ubicate la prima all'incrocio tra una faglia perpendicolare alla costa e la falesia, l'altra allo sbocco di Rio la Rosola.

In questo settore si osservano:

1-strati carbonatici con giacitura a franapoggio, in genere meno inclinato del pendio, con possibile evoluzione a franare (Cala di Mezzo).

Le incisioni torrentizie di Rio di Maresotto e Rio la Rosola, unitamente a quelle di Rio Chiuso e Rio della Cesa del precedente tratto, dissecate trasversalmente alla linea di costa nelle rocce carbonatiche, proseguono in ambiente subacqueo fino a circa -20/-25 m di profondità, a luoghi sepolte da sedimenti grossolani. La presenza di tali incisioni sottomarine e delle strette cale costiere subtriangolari (il Latino, Cala di Mezzo), impostate su linee tettoniche e molto probabilmente sviluppatesi in ambiente subaereo durante l'abbassamento del livello marino in età wurmiana, conferisce a gran parte dell'area insulare occidentale l'aspetto di una costa a *rias*.

Nel tratto costiero compreso tra Cala di Mezzo e Punta del Pino non sono stati osservati lungo la falesia particolari fenomeni o processi erosivi indicatori di potenziali condizioni di pericolo.

### ***Subunità Punta del Pino - Punta Carena***

Le litologie in cui è intagliata la falesia costiera tra Punta del Pino e Cala Tombosiello, alta fino a circa 60 m, è di natura carbonatica, anch'essa costituita da calciruditi e calcareniti grigie o biancastre, ad Ellipsactinie, mal stratificate, del Cretacico inferiore. La profonda Cala Tombosiello si è sviluppata all'incrocio di due faglie tra di loro perpendicolari.

In questo settore si osservano:

1-falesie carbonatiche talvolta bordate verso la base da forme d'erosione, quali solchi di battente ubicati alla quota di 7.5-8 m s.l.m. (a S di P. del Pino), relazionabili all'azione erosiva esercitata dal mare durante il picco trasgressivo tirreniano (~125 ka dal presente). La conservazione di tali forme è da ascrivere sia ad una sostanziale stabilità tettonica post-tirreniana dell'area, sia al relativamente più alto grado di resistenza all'erosione della roccia carbonatica.

2-verso S, oltre Cala Tombosiello, le litologie di natura carbonatica si differenziano, passando dapprima a calcareniti e calciruditi bianche (Cala del Limmo), con stratificazione non sempre evidente, in seguito ai conglomerati poligenici di Punta Carena, caratterizzati da frequenti frammenti di rudiste, e subordinatamente a calcari marnosi con liste e noduli di selce in corrispondenza della stessa punta. Le forme diventano gradualmente meno aspre e le pendenze diminuiscono fortemente nella cala a NE di Punta Carena, la cui falesia raggiunge circa 25 m s.l.m.;

3-detrito di falda stabilizzato dalla vegetazione;

4-nella cala a NE di Punta Carena sono ancora visibili gli effetti della mareggiata del dicembre 1999 che danneggiò alcune strutture antropiche ed asportò dalla falesia alcuni grossi massi in posizione instabile, trascinandoli sul prospiciente fondo marino, dove tuttora giacciono.

La falesia costiera tra P. del Pino e Cala Tombosiello prosegue subverticalmente in ambiente subacqueo, fino a oltre -20 m di profondità. Il fondo di quest'ultima cala e della successiva Cala del Limmo è caratterizzato da paleoincisioni sottomarine estese fino a circa -15 m, impostate su faglie e parzialmente obliterate da sedimenti grossolani, che non appaiono più ben evidenti lungo la retrostante costa emersa. Nel tratto costiero compreso tra Cala del Limmo e P. Carena il fondo, talora disseccato da brevi e ripide incisioni torrentizie fino a circa -10/-15 m, degrada rapidamente fino ad oltre -20 m; la prosecuzione sommersa di P. Carena, invece, è costituita da uno stretto e lungo sperone carbonatico che degrada con un'acclività media verso SW, fino ad oltre -25 m di profondità.

Infine, nella Cala del Limmo in località Faro (foto n°17), nel 1993 è stata segnalata una condizione di pericolo per la presenza di un grosso masso instabile lungo la falesia costiera, a W dello scivolo di alaggio dei natanti.

### ***Subunità Punta Carena - Punta Ventroso***

L'intero versante è delimitato da una scarpata di faglia sottomarina orientata in direzione E-W, molto più prossima all'isola in questo settore sud-occidentale piuttosto che in quello nord-orientale.

Da Punta Carena alla successiva ampia baia estesa tra Cala Marmolata e Cala San Costanzo, con orientamento NW-SW ed in parte impostata sul lineamento di faglia parallelo a Cala Tombosiello e ben evidente tra Cala Sgravata e Cala Marmolata, la falesia costiera, alta tra 50 circa m a E (Faro) e 500 m s.l.m. a W (Cocuzzo), è modellata in una successione carbonatica formata da calcareniti e calciruditi bianche con stratificazione non sempre evidente, ma in genere con giacitura a reggipoggio o traversopoggio. Oltre Cala Marmolata, la falesia costiera è caratterizzata prevalentemente da litologie ascrivibili a calcilutiti e dolomie grigie, stratificate, con liste e noduli di selce; successivamente, nei pressi della Grotta dei Santi, affiorano dolomie saccaroidi grigie, stratificate (Dolomie di Capo Ventroso). Frequenti sono le faglie trasversali alla costa che hanno controllato e facilitato il frastagliamento della sua fisiografia e contribuito alla genesi di numerose cavità tettono-carsiche (grotte Velà, dei Santi, dell'Insurro, Rossa e Verde).

In tale tratto sono presenti:

1-paleofrana con *pocket beach*; la genesi è legata all'azione congiunta dell'erosione da parte degli atmosferili e di scalzamento al piede per opera del moto ondoso nelle calcilutiti e dolomie grigie, stratificate, con liste e noduli di selce;

2-paleofrana con *pocket beach*; l'evoluzione morfologica è da ricollegare all'azione degli atmosferili ed al fenomeno di scalzamento al piede per opera delle ondatazioni nelle calcilutiti e dolomie grigie, stratificate, con liste e noduli di selce;

3-paleofrana con modesti segni indicanti processi di riattivazione del fenomeno franoso per scalzamento al piede operato dal moto ondoso e per rotolio di massi

dall'alto;

4-paleofrana con segni di riattivazione in dolomie saccaroidi grigie e stratificate; presenza di un lembo di terrazzo marino con massi franati alla sommità e paleosolco di battente alla base.

Il tratto di fondo marino compreso tra P. Carena e P. Marmolata è caratterizzato dalla prosecuzione in ambiente sottomarino della ripida falesia costiera, con andamento subverticale fino ad oltre -25 m di profondità. Nelle rare calette presenti in quest'area il fondo è inciso da vallecule sottomarine fino a circa -15/-20 m, spesso troncate nella porzione terminale, che rappresentano la prosecuzione sommersa di brevi incisioni torrentizie dissecate lungo la costa emersa; tra queste, la maggiore risulta quella di Cala Spravata, caratterizzata anche dalla presenza sul fondo marino, fino a circa -5 m, di massi carbonatici costituenti il cumulo della locale frana di crollo sottostante il Belvedere della Migliara. Nel tratto tra le cale di San Costanzo e Marmolata il fondo marino è caratterizzato dalla presenza di massi fino a circa -5/-7 m, derivanti dal detrito di falda accumulatosi lungo la falesia costiera. Tali cumuli detritici esercitano un'azione di difesa dai processi di erosione espliciti dal moto ondoso, impedendo in tal modo l'attivazione di fenomeni di scalzamento al piede nei tratti di falesia dove sono presenti; tuttavia, non si esclude la possibilità che si verifichino crolli o si riattivino movimenti di massa lungo i corpi di frana per opera degli agenti atmosferici. In quest'area, inoltre, si rilevano alcune incisioni trasversali, estese fino a circa -15 m ed in parte mascherate da sedimenti grossolani, nelle calette antistanti le grotte Velà e Ruoffolo e a Cala San Costanzo. Circoscritti e discontinui lembi di terrazzi marini sommersi a -10/-12 e -15/-18 m sono presenti sul fondo antistante le grotte dei Santi e Ruoffolo.

Infine, nel tratto di costa a W della Grotta Verde nel 1984 ed in quello prospiciente Punta del Tuono nel 1993 è stata segnalata una condizione di pericolo per la caduta di massi.

### ***Subunità Punta Ventroso - Punta di Tragara***

La falesia costiera, alta fino a circa 350 m (Cala Ventroso; foto n°19) e 100 m



sl.m. (Punta Tra gara; foto n°28), è modellata in una successione costituita da dolomie saccaroidi grigie, stratificate, (Dolomie di Capo Ventroso) sin quasi a Marina Piccola; in questa zona, caratterizzata da un ampio lembo di terrazzo marino a circa 5 m (Scoglio delle Sirene; foto n°21 e 22), da una pocket beach ciottolosa (presso l'Arco delle Sirene) e da una circostante bassa falesia costiera alta fino a circa 15 m s.l.m. (Marina di Mulo, Sant'Andrea, Marina di Pennaulo); (foto n°22), al di sotto delle falde detritiche derivanti dall'arretramento della scarpata che margina il Blocco di Anacapri, sono presenti i terreni della unità tettonica inferiore ed i sedimenti terrigeni miocenici. In quest'area la morfologia dell'isola presenta il massimo assottigliamento legato all'erosione morfoselettiva; le alte falesie costituite da dolomie lasciano il posto ad un paesaggio costiero meno accidentato. A Marina Piccola è presente una spiaggia ghiaiosa, con ciottoli di dimensioni centimetriche di colore grigio chiaro, utilizzata per scopi ricreativi.

Oltre Marina Piccola riprende il motivo morfologico costituito da alte falesie, con quote comprese tra circa 70 e 100 m s.l.m. (foto n°23, 24, 25, 26, 27, 28), intagliate in brecce calcaree fessurate, con scarsa matrice, ad elementi con microfauna del Cenomaniano (Ruditi di Tiberio).

In questo settore costiero sono presenti:

1-paleofrana (le Conche); situazione di pericolo diffuso legato al crollo di detriti e grossi massi; è presente un antico muro di contenimento (foto n°18), i cui conci calcarei sono legati da scarsa malta, che in più punti evidenzia dissesti;

2-falesia alta e fratturata (P. di Mulo);

3-paleofrana in detrito con blocchi; al piede è evidente un incipiente sgrottamento;

4-detrito stratificato; la cala sottostante l'Hotel Luna presenta crolli diffusi e radi con sgrottamento al piede (foto n°25);

5-paleofrana con blocchi;

6-crollo di detrito in forma di blocchi;

7-serie di faglie trasversali alla costa e blocchi di paleocrolli isolati, presso la Grotta del Marinaio;

8-paleofrana stabilizzata; alla base è presente un terrazzo con detrito al tetto;

## 9-paleofrana con detrito.

Inoltre, nella parte alta della spiaggia di fondo cala ubicata a W di Torre Saracena sono presenti alcune strutture costituite da palafitte lignee con base in calcestruzzo ed una piccola banchina in calcestruzzo fondata su massi calcarei affioranti dal fondo marino, nella zona antistante l'omonimo stabilimento balneare.

Lungo l'intero tratto di costa sono presenti a varie quote forme di genesi tettono-carsica o complessa, tra le quali alcune cavità (grotte del Castiglione, dell'Arsenale, Oscura, del Marinaio e di Forca) i due archi naturali delle Sirene (Marina Piccola) e di Stella (a NW di P. di Tragara) ed un caso di faraglionamento (Scoglio di Unghia Marina). In particolare, tra queste la Grotta del Castiglione presenta alla base depositi detritici potenzialmente soggetti a fenomeni di dissesto per opera degli atmosferici. Vanno inoltre segnalati gli interventi antropici di stabilizzazione del tratto di falesia costiera percorsa dalla Via Krupp.

A Punta Tragara sono presenti i noti faraglioni di Capri (di Fuori o Scopolo, di Mezzo o Stella, di Terra o P. Tragara), separati dal promontorio di Tragara a seguito processi d'erosione marina e fenomeni tettono-carsici che si sono attuati in tempi precedenti il Tirreniano; infatti, il solco di battente inciso sul versante costiero (N), ubicato alla quota di circa 7.5-8 m, indica che essi erano già separati dalla costa durante l'ultimo interglaciale.

Il fondo marino tra P. Ventroso e P. Fornace, P. di Terita e la parte sud-occidentale di Cala di Mulo è caratterizzato da una ripida falesia costiera che prosegue subverticalmente in ambiente sottomarino fino ad oltre -20 m di profondità. All'interno di Cala Ventroso e nell'area antistante la Grotta Verde (foto n°20), invece, i fondali presentano cumuli detritici e radi massi, talora affioranti, fino a circa -5/-8 m, costituenti parte del detrito di falda presente lungo la costa o isolati paleocrolli. Anche all'interno di Cala di Mulo, a W dello Scoglio delle Sirene, sono presenti sedimenti grossolani e massi fino a circa -4/-6 m che rappresentano l'estensione in mare del voluminoso corpo di detrito di falda di Marina Piccola, mentre poco più al largo si rinvencono ciottoli e sabbie fino a -8/-10 m di circa profondità. Massi e detrito di falda sono diffusi anche nel

tratto di fondale a E dello Scoglio delle Sirene, tra Marina di Pennauto e Torre Saracena, a W della Grotta dell'Arsenale, nella zona compresa tra le grotte Albergo dei Marinai (foto n°27) e di Forca, fino a circa -6/-10 m. Cumuli di frana si rinvennero in ambiente subacqueo fino a -3/-5 m circa nelle aree sottostanti il Parco Augusto e la Certosa di San Giacomo ed in quella antistante l'Arco della Stella. Questi accumuli di detrito e massi operano nell'insieme un'azione di protezione di tali tratti di falesia dai processi d'erosione esercitati dalle ondate e pertanto impediscono l'attivazione dei fenomeni di scalzamento al piede; tuttavia, non si esclude a priori la possibilità che s'innescino localizzati crolli o la riattivazione di circoscritti movimenti di massa lungo i corpi detritici emersi a seguito dell'azione degli agenti esogeni, soprattutto laddove le pendenze risultano più elevate.

Lembi di almeno cinque ordini di terrazzi marini sommersi policiclici, indicanti paleostazionamenti quaternari del livello marino, si osservano lungo i fondali a Cala Ventroso, Marina Piccola e nell'ampia cala a E di Torre Saracena fino all'Arco di Stella, alle profondità di circa -6/-8, -8/-10, -12/-14, -16/-18 e -18/-20 m.

Le uniche spiagge ciottolose di fondo cala presenti in questo tratto sono quelle poste a W dello Scoglio delle Sirene, nell'area antistante l'omonimo arco naturale, e nella caletta a W di Torre Saracena; le profondità di entrambe le spiagge sono inferiori a 10 m, mentre le loro ampiezze non superano i 40 m; le relative spiagge sommerse costituite da sedimenti ciottoloso-sabbiosi con radi massi carbonatici, si estendono verso il largo fino a -6/-8 m circa di profondità.

Sono presenti, inoltre, numerose paleoincisioni sottomarine, in genere con andamento trasversale alla linea di costa ed in prosecuzione di vallecule dissecate in ambiente subaereo nelle formazioni carbonatiche; queste ultime, talora impostate su faglie, si estendono anche fino a quote superiori a -15/-20 m e a luoghi sono parzialmente sepolte da sedimenti grossolani.

Infine, sia nel tratto costiero di Cala di Mulo (Spiaggia del Confalone) nel 1977, sia in quello di Cala Ventroso nel 1984 e nella zona prospiciente Punta di Mulo nel 1993 è stata segnalata una situazione di pericolo per la caduta di massi. Nel settore compreso tra la Grotta dell'Arsenale e Torre Saracena, lungo il tratto di falesia costiera

bonificato sottostante la Via Krupp (foto n°24), nel 1981 è stata segnalata una potenziale situazione di pericolo per la caduta di massi instabili; analoga condizione di pericolo è stata segnalata lungo la falesia estesa dalla medesima grotta fino allo Scoglio Unghia Marina nel 1974 e nel 1994, in tal caso nella zona sottostante il Parco della Certosa di San Giacomo.

### ***Subunità Punta di Tragara - Punta del Monaco***

Le falesie costiere, alte da circa 50-100 m (Cala del Fico, (foto n°29); Cala di Maternania) fino a 300 m s.lm. (Punta della Chiavica, Punta del Monaco), sono modellate nelle brecce calcaree fessurate, con scarsa matrice, ad elementi con microfauna del Cenomaniano (Ruditi di Tiberio), con giacitura degli strati in genere a reggipoggio.

In questo tratto si osservano:

1-paleofrana con riattivazione nel detrito antico, debolmente cementato, per la prevalente azione erosiva degli atmosferili;

2-paleofrana di crollo; riattivazione nella zona sottostante l'Arco Naturale;

3-paleofrana; riattivazione lungo la costa a N del Faraglione di Maternania;

4-cumuli di paleofrana; il piede si estende lungo il terrazzo marino tirreniano; versante aggettante sul livello del mare, soggetto a rapida evoluzione morfologica;

5-crolli localizzati; versante aggettante sul livello del mare, soggetto a rapida evoluzione morfologica; presenza di una cavità carsica (Grotta dei Polpi);

6-solco di battente tirreniano; versante a strapiombo sul livello del mare, soggetto a rapida evoluzione morfologica.

In questo tratto sono presenti a varie quote forme di genesi carsica e tettono-carsica, tra le quali l'Arco Naturale e numerose cavità (grotte del Porto di Tragara, Romita, Massullo, di Matromania, del Moschino, dei Preti, Bianca, Meravigliosa, dei Polpi o della Seppia); tra queste ultime la Grotta Bianca (foto n°30) e la Grotta Massullo in località Vascio 'o Funno (a basso Furno) sono caratterizzate da successioni di riempimento. In particolare, la Grotta Massullo è una cavità tettono-carsica a

prevalente sviluppo verticale, impostatasi su una frattura lungo la quale, più a monte (W), si allineano altre piccole cavità. Un potente riempimento detritico (~20 m di spessore) occupa quasi interamente il lume della grotta; esso è costituito da alternanze di sabbie piroclastiche rimaneggiate e da detrito calcareo fine, che ha peraltro restituito un'interessante fauna fossile di piccoli vertebrati e molluschi continentali. Il riempimento è successivo all'incisione di due solchi di battente lungo la parete orientale della grotta, posti a circa 8 e 1.5 m s.l.m., nonché di una piattaforma d'abrasione marina presente a pochi decimetri di quota sul livello marino attuale, all'imbocco della cavità, e visibile al di sotto di grossi massi calcarei crollati in passato.

I fondali compresi tra il Porto di Tragara e P. di Massello e tra quest'ultima e P. del Monaco sono caratterizzati dal proseguimento in ambiente subacqueo delle ripide falesie costiere, che si estendono subverticalmente fino a profondità maggiori di -20/-25 m, anche lungo il perimetro dello Scoglio del Monacone. Nella zona estesa tra l'ampia Cala di Matermania e la Grotta Bianca è presente una falesia sommersa subverticale fino a -5 m circa, mentre il prospiciente fondo marino degrada con medio-bassa pendenza fino a -20 m circa.

Alcuni lembi di terrazzi d'abrasione marina si rinvencono a circa 3, -6/-8 e -8/-10 m nelle zone sud-orientali del Porto di Tragara, della Cala di Matermania, del Faraglione di Matermania ed in quella ad E di P. Sementella fin quasi alla Grotta Bianca.

Alcune incisioni sottomarine trasversali alla costa, in prosecuzione di vallecicole dissecate in ambiente subaereo nelle unità carbonatiche, sono presenti in questo tratto costiero fino a circa -10 m e talora fino ad oltre -20 m di profondità; inoltre, due paleoincisioni subacquee trasversali si rinvencono tra circa -10 e -20 m sia nella parte mediana della Cala di Matermania sia ad W della Grotta Bianca, al largo dei terrazzi marini più profondi.

Infine, sia nel tratto compreso tra la falesia antistante lo Scoglio del Monacone e Cala del Fico nel 1963, sia in quello antistante la Grotta di Tragara e lungo il tratto compreso tra la Grotta Bianca ed il Faraglione di Matermania nel 1984 sono state segnalate condizioni di pericolo per la caduta di massi. Nel 1977 in località Pizzo

Lungo è stato segnalato il crollo di un muro di contenimento i cui detriti hanno invece determinato una locale condizione di pericolo.

### ***Subunità Punta del Monaco - Punta del Capo***

Le ripide falesie costiere, alte fino a circa 300 m s.l.m. (Salto di Tiberio; foto n°30, 31, 32, 33, 34), sono intagliate in una successione costituita da brecce calcaree fessurate, con scarsa matrice, ad elementi con microfauna del Cenomaniano (Ruditi di Tiberio), con giacitura degli strati in genere a traversopoggio. Nell'area compresa tra Scoglio Longa di sopra e Punta del Capo (La Fossa) è presente il sovrascorrimento delle unità carbonatiche cretatiche sulle successioni terrigene mioceniche.

In questo settore costiero si osservano:

- 1-detrito di falda stabilizzato (scogli Longa di basso e La Longa di Mezzogiorno), a luoghi in debole erosione;
- 2-evidenze di fenomeni d'erosione in atto lungo il detrito antico (Punta del Capo; foto n°35); il versante è a strapiombo;
- 3-presenza di due livelli di cavità carsiche a 2 e 7 m s.l.m.;
- 4-sgrottamenti a varie quote sul livello marino.

Il fondo marino tra P. del Monaco e P. del Capo presenta una falesia sommersa subverticale a controllo strutturale fino a circa -5/-10 m a N della prima *punta* ed un fondale che degrada regolarmente con media acclività fino a circa -20 m nel restante tratto.

Un ampio lembo di terrazzo marino, in parte ricoperto da sedimenti grossolani, è presente al largo della Cala La Fossa a circa -10/-12 m di profondità.

Meno frequenti sono invece le incisioni sottomarine trasversali alla costa, anch'esse ubicate in prosecuzione di vallecule emerse dissecate nelle unità carbonatiche e nei termini terrigeni, talvolta impostate su linee tettoniche; tali incisioni, in particolare quelle presenti nelle calette costiere sottostanti il Salto di Tiberio e tra il terrazzo marino antistante Cala La Fossa e P. del Capo, appaiono di estensione maggiore di quelle rinvenute in tutti gli altri settori costieri.

Infine, nell'area costiera compresa tra il Faro ed il Salto di Tiberio nel 1977 è stato segnalato il crollo di massi.

## 12- REGIME METEOMARINO

La valutazione del clima marino si rende necessaria per la valutazione dell'energia indotta dal moto ondoso. La conoscenza di tale energia consente di valutare la quantità di sedimento trasportato dal sistema ondoso in prossimità della costa; le onde sono generate dal vento che spira sulla superficie del mare generando tensioni tangenziali.

A tal fine è stata eseguita un'indagine anemometrica relativa a tutte le subunità considerate; per ciascuna è stato calcolato il settore di traversia che costituisce il settore circolare con vertice nel paraggio e che comprende tutte le direzioni da cui possono provenire le ondatazioni generate dal vento al largo.

Un confronto fra i risultati dell'analisi anemometrica ed il settore di traversia risulta fondamentale; esso consente di escludere tutti i venti che non rientrano nel settore di traversia. Nel complesso i settori di traversia individuati, consentono di definire che le ondatazioni che colpiscono con maggiore frequenza il tratto di costa compreso tra S. Giovanni ed il porto di Castellammare di Stabia sono quelle provenienti dal III quadrante e quelle che colpiscono con maggiore frequenza la Penisola Sorrentina sono sempre quelli provenienti dal III quadrante oltre una frazione pari a 30° del IV.

Per l'analisi anemometrica sono stati analizzati i dati di vento triorari registrati presso la stazione ITAV di Ponza (40°55' N e 12°57' E) relativi ad un intervallo di tempo pari a 18 anni (dal 1982 al 1999).

Di seguito vengono quindi riportate le frequenze di apparizione dei venti relativi ai differenti settori di traversia delle differenti subunità riconosciute.

### ***Subunità tra San Giovanni a Teduccio e Granatello***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
200°	15.94
210°	17.95

220°	12.53
230°	8.97
240°	13.62
250°	30.96

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 198°-254°, sono pari a 240° e subordinatamente tutte le altre direzioni.

### ***Subunità tra il Granatello ed il porto di Torre del Greco***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
210°	16.15
220°	11.28
230°	8.07
240°	12.25
250°	27.85
260°	24.87

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 204°-266°, sono pari a 250° ed, in maniera debolmente subordinata, è pari a 260° e poi tutte le altre direzioni.

### ***Subunità tra il porto di T. del Greco ed il porto di T. Annunziata***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
220°	8.6
230°	6.16
240°	9.35
250°	21.25
260°	18.59
270°	36.02

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 214°-278°, sono pari a 270° e subordinatamente da 250 e 260° e poi da tutte le altre direzioni.



***Subunità tra il porto di T. Annunziata ed il porto di Castellammare***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
230°	6.74
240°	10.23
250°	23.25
260°	20.34
270°	39.41

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 227°-278°, sono pari a 270° e subordinatamente da 250 e 260° e poi da tutte le altre direzioni.

***Subunità dal porto di Castellammare di Stabia a Punta Scutolo***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
240°	3.28
250°	7.45
260°	6.50
270°	12.62
280°	29.17
290°	40.94

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 234°-298°, sono pari a 290° e subordinatamente da 280 e 270° e poi da tutte le altre direzioni.

***Subunità da Punta Scutolo a Punta del Capo***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
270°	11.39
280°	26.30

290°	36.92
300°	25.39

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 265-306°, sono pari a 290° e subordinatamente da 280 e 300° e poi dalla direzione 270°.

### ***Subunità da Punta del Capo a Punta del Capo di Massa***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
260°	34.04
270°	65.95

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 255-277°, sono pari a 270° e subordinatamente da 260.

### ***Subunità da Punta Capo di Massa a Capo Corbo***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
250°	13.36
260°	11.69
270°	22.64
280°	52.30

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 241-283°, sono pari a 280° e subordinatamente da 270 e da tutte le altre direzioni.

***Subunità da Capo Corbo a Punta di Vaccola***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
250°	28.01
260°	24.51
270°	47.47

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 250-271°, sono pari a 270° e subordinatamente da 250 e poi da 260°.

***Subunità da Punta Vaccola a Punta Campanella***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
180°	5.14
190°	3.88
200°	3.08
210°	3.46
220°	2.42
230°	1.73
240°	2.63
250°	5.98
260°	5.23
270°	10.14
280°	23.41
290°	32.87

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 180°-290°, sono pari a 290° e subordinatamente da 280, poi da 270° ed infine da tutte le altre direzioni.

**Settore costiero dell'isola di Capri*****Subunità Punta del Capo - Porto di Marina Grande***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
290°	59.24
300°	40.76

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 284°-299°, sono pari a 290° e, in maniera debolmente subordinata, da 300°.

#### ***Subunità Porto di Marina Grande - Punta dell'Arcera***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
280°	100

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 274°-285°, è pari a 280.

#### ***Subunità Punta dell'Arcera - Punta Cala del Rio***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
180°	4.19
190°	3.17
200°	2.51
210°	2.82
220°	1.97
230°	1.41
240°	2.14
250°	4.87
260°	4.26
270°	8.26
280°	19.09
290°	26.80
300°	18.43

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di

apparizione per il settore di traversia considerato, 180°-303°, sono pari a 290° e subordinatamente da 280 e 300° e poi da tutte le altre direzioni.

### ***Subunità Punta Cala del Rio - Punta del Pino***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
180°	4.19
190°	3.17
200°	2.51
210°	2.82
220°	1.97
230°	1.41
240°	2.14
250°	4.87
260°	4.26
270°	8.26
280°	19.09
290°	26.80
300°	18.43

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 180°-303°, sono pari a 290° e subordinatamente da 280 e 300° e poi da tutte le altre direzioni.

### ***Subunità Punta del Pino - Punta Carena***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
180°	4.19
190°	3.17
200°	2.51
210°	2.82
220°	1.97
230°	1.41
240°	2.14
250°	4.87
260°	4.26
270°	8.26

280°	19.09
290°	26.80
300°	18.43

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 180°-303°, sono pari a 290° e subordinatamente da 280 e 300° e poi da tutte le altre direzioni.

#### ***Subunità Punta Carena - Punta Ventroso***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
120°	26.87
130°	10.80
140°	6.20
150°	5.30
160°	3.39
170°	3.63
180°	6.70
190°	5.07
200°	4.01
210°	4.52
220°	3.16
230°	2.26
240°	3.43
250°	7.80
260°	6.82

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 120°-263°, sono pari a 120° e subordinatamente da 130° e poi da tutte le altre direzioni.

#### ***Subunità Punta Ventroso - Punta di Tragara***

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
120°	31.47
130°	12.65
140°	7.26
150°	6.21

160°	3.97
170°	4.24
180°	7.85
190°	5.93
200°	4.70
210°	5.30
220°	3.70
230°	2.65
240°	4.02

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 120°-242°, sono pari a 120° e subordinatamente da 130° e poi da tutte le altre direzioni.

#### **Subunità Punta di Tragara - Punta del Monaco**

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
120°	35.11
130°	14.11
140°	8.10
150°	6.93
160°	4.43
170°	4.74
180°	8.76
190°	6.62
200°	5.25
210°	5.91

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 120°-218°, sono pari a 120° e subordinatamente da 120° e 180° e poi da tutte le altre direzioni.

#### **Subunità Punta del Monaco - Punta del Capo**

<i>Direzione di provenienza</i>	<i>Frequenza di apparizione %</i>
120°	35.11
130°	14.11
140°	8.10
150°	6.93

160°	4.43
170°	4.74
180°	8.76
190°	6.62
200°	5.25
210°	5.91

I dati mostrano che le direzioni di provenienza con maggiore frequenza di apparizione per il settore di traversia considerato, 120°-218°, sono pari a 120° e subordinatamente da 120° e 180° e poi da tutte le altre direzioni.

### 13-DISCUSSIONE DEI DATI

L'analisi delle componenti fisiche del sistema costiero tra S.Giovanni e Punta della Campanella e dell'Isola di Capri ed in particolare degli aspetti fisiografici, geologici, strutturali, geomorfologici, sedimentologici, dei caratteri meteomarini ed infine antropogenici, ha contribuito nell'insieme alla valutazione della morfoevoluzione e quindi della dinamica litoranea ed alla definizione delle variazioni della linea di riva derivanti dagli impatti antropici.

L'alterazione dell'equilibrio del litorale che ha determinato processi di erosione di tratti di riva ed accumulo in altri tratti è legata a cause sia naturali, sia antropiche. Le cause naturali includono gli eventi meteomarini eccezionali (breve termine), le variazioni stagionali dell'energia indotta dal moto ondoso che produce, in generale, l'espansione delle spiagge in estate e loro riduzione in inverno (medio termine) ed infine l'innalzamento relativo del livello medio del mare (causato da eustatismo e subsidenza), la migrazione delle foci fluviali e la minore disponibilità di sedimenti legata al sistema morfoclimatico attuale (lungo termine).

L'alterazione dell'equilibrio per cause antropiche è invece ascrivibile alla diminuzione degli apporti solidi a mare e alle attività costruttive nella zona costiera, quali le opere portuali, la sede della linea ferroviaria litoranea e le opere costruite a sua



difesa, le sistemazioni fluviali, l'occupazione degli arenili e delle fasce costiere con strade litoranee, con strutture ed insediamenti produttivi. In definitiva l'alterazione dell'equilibrio è stato determinato dalla variazione nell'apporto di materiale da spiaggia, dalle modificazioni della fascia di spiaggia lungo la quale i sedimenti si spostano (a causa delle opere portuali e delle opere di difesa rigide) ed infine dai disturbi nella distribuzione dell'energia al sistema legati alle variazioni morfologiche del fondo (a causa delle costruzioni in zona marino-costiera, delle escavazioni, ecc.). In particolare, l'analisi della morfologia dei fondali, nonché l'analisi, ove significativa, delle caratteristiche tessiturali dei sedimenti sabbiosi presenti sia sui fondali che sulla battigia ed i relativi vettori di transito sedimentari hanno consentito di individuare gli effetti dei processi morfodinamici agenti e di predire una loro possibile evoluzione nel tempo e nello spazio. La presenza di numerosi promontori oltre che di strutture di porti turistici e commerciali e di numerose opere di difesa costiera, ha condizionato fortemente i processi indotti dal moto ondoso e dalle correnti da esso generate.

In definitiva, gli studi eseguiti hanno permesso di riconoscere gli effetti dei processi morfologici e sedimentari, individuando eventi naturali ed interventi antropici che hanno agito a scala regionale e locale. Quelli a scala regionale hanno agito sulle litologie e sulle morfologie ereditate; sono stati determinati dall'energia del moto ondoso incidente, dalla presenza di flussi sedimentari convergenti o divergenti, da processi naturali e/o interventi antropici nel bacino idrografico; in pratica hanno influenzato il bilancio sedimentario del sistema costiero nel suo complesso. L'influenza dei fattori locali ha determinato, ad esempio, accrescimento o erosione di spiagge rispettivamente sopraflutto o sottoflutto ai porti o ai pennelli, intercettazione dei sedimenti ad opera delle scogliere parallele, erosione spinta delle spiagge a causa delle scogliere radenti, ecc. Si delineano, in tal modo, aree a differente evoluzione morfodinamica che risentono del disegno costiero, della presenza di apparati vulcanici emersi e sommersi e delle opere antropiche presenti le quali determinano fenomeni di rifrazione, diffrazione e riflessione del moto ondoso incidente con una netta diversificazione nel tempo e nello spazio delle correnti litoranee da esso generate.

La fascia costiera in oggetto è intensamente antropizzata; la spinta urbanizzazione,

la regimazione artificiale delle sponde fluviali e la costruzione di opere marittime ha da un lato intaccato il budget sedimentario, di per sé scarso, apportato in mare dai corsi di acqua, dall'altro ha influito sui processi dinamici costieri, focalizzando i fenomeni di erosione attivati dalle onde e dalle correnti marine nelle zone non protette, dove si è intervenuto in tempi successivi con opere di difesa litoranea dettate dalla logica dell'emergenza. Gli effetti più evidenti legati direttamente a tali interventi antropici, opere di difesa parallele e trasversali, sono rappresentati dall'arretramento o scomparsa dei litorali, dal completo smantellamento dei cordoni dunari, dal crollo per scalzamento al piede di ampi tratti di falesie e dalla conseguente variazione in tempi brevi dell'assetto fisiografico, dall'inagibilità di alcune opere marittime, strutture ed infrastrutture, nonché dall'incremento complessivo della pericolosità e, pertanto, del rischio costiero.

La costruzione (avviata prima del 1850) e l'ampliamento dei moli dei porti, oltre allo sviluppo urbanistico delle aree prossime alla linea di costa, hanno causato un'importante variazione della dinamica costiera e l'avvio dei fenomeni erosivi che interessano sia le spiagge basse e sabbiose, variando continuamente il disegno costiero, che la base dei versanti delle falesie, con il loro conseguente rimodellamento. Tra l'altro la riduzione delle aree su cui agiva il ruscellamento diffuso ha ridotto gli apporti solidi a mare che avvenivano sia attraverso i principali impluvi sia lungo i versanti costieri. Infine, le opere di difesa costiera, eseguite quasi sempre con interventi di somma urgenza, non hanno prodotto gli effetti desiderati causando, in molti casi, l'amplificazione dei fenomeni erosivi.

I sistemi tradizionali utilizzati per la protezione costiera nell'area in studio sono prevalentemente costituiti da scogliere parallele, radenti e trasversali; la loro costruzione è iniziata nel dopoguerra subendo un forte incremento negli anni settanta.

Le scogliere parallele hanno prodotto una riduzione dell'energia incidente sulla spiaggia; pertanto hanno determinato un ambiente a bassa energia che ha indotto la sedimentazione delle sabbie trasportate dalla deriva litoranea, consentendo quindi la stabilizzazione della spiaggia emersa. Hanno però spostato l'erosione nei tratti adiacenti non protetti, determinando spesso la necessità di attuare nuovi interventi; la scarsa

efficienza della circolazione delle acque interne ha favorito la sedimentazione di sedimenti fini, poco adatti alla balneazione, il deterioramento della qualità delle acque e la genesi di tomboli e cuspidi. Nel tratto di mare antistante la riflessione di onde incidenti ha generato fasce ad alta energia (aumento della turbolenza e diminuzione della capacità di trasporto lungo riva) cui corrisponde nel tempo lo spostamento verso il largo dei flussi sedimentari con dispersione dei sedimenti verso aree più profonde e l'erosione dei fondali marini. L'erosione del fondo ha determinato di frequente il franamento e/o lo sprofondamento della struttura, cui hanno fatto seguito interventi di adeguamento succedutisi nel tempo in assenza di progetti omogenei.

Le scogliere radenti alle spiagge hanno contribuito alla scomparsa delle stesse; infatti sono strutture che determinano forti riflessioni delle onde incidenti con possibilità di scalzamento al piede e inoltre non consentono la conservazione di una spiaggia sufficientemente ampia e fruibile.

#### **14-FATTORI DI PERICOLOSITÀ**

Lo studio dettagliato dell'ambiente fisico e dei processi morfo-evolutivi ha consentito di valutare gli effetti dei vari fattori di pericolosità nonché la loro intensità nelle tre unità geomorfiche riconosciute. I principali fattori di pericolosità che interessano il sistema costiero interessano di pertinenza dell'AdB sono gli eventi meteomarini significativi, l'antropizzazione, i fenomeni franosi, il vulcanismo, l'erosione costiera, le esondazioni. In particolare:

##### *Eventi meteomarini*

Viene presa in considerazione il grado di esposizione dei tratti costieri in studio agli eventi meteomarini eccezionali.

##### *Antropizzazione*

La costruzione di porti ed opere di difesa sulla spiaggia sommersa e di edifici, strade, attrezzature ed infrastrutture in prossimità della spiaggia emersa costituiscono un fattore di pericolosità, in quanto costituiscono un elemento di alterazione dell'ambiente

naturale. A questi vanno aggiunte le modificazioni di tipo idraulico dei corsi di acqua, che determinano una riduzione dell'apporto di sedimenti dai versanti al mare e quindi l'arretramento della prospiciente linea di riva.

Il grado di pericolosità aumenta con l'incremento dell'alterazione, ovvero con l'aumento della densità dello sviluppo delle opere antropiche; inoltre viene aggravato dalla bassa qualità delle opere realizzate prodotta sia in fase progettuale che in quella esecutiva. Il fattore antropizzazione determina il raggiungimento da parte della costa di un nuovo equilibrio, in genere con scompensi difficilmente o non più recuperabili.

### *Fenomeni franosi*

I fenomeni franosi che possono determinare situazioni di pericolosità sono riconducibili a frane in roccia ed in coltri piroclastiche.

Sono state riconosciute aree instabili a causa della natura litologica dei terreni presenti, dell'assetto giaciturale e strutturale, dell'acclività dei versanti e dei processi di ruscellamento concentrato. Per i versanti costieri alla cui base sono modellate falesie, i fenomeni di instabilità sono dovuti, oltre che ai caratteri predisponenti di cui innanzi, anche allo scalzamento al piede operato dall'azione erosiva del moto ondoso. La scomparsa o la consistente riduzione dell'ampiezza degli arenili in corrispondenza delle falesie facilita lo scalzamento al piede dei versanti e l'innescò di fenomeni franosi che continuamente mutano l'aspetto del territorio. Lo stato di attività delle falesie diminuisce sensibilmente nei tratti protetti da opere di difesa litoranea.

Sempre tra i fenomeni franosi è da sottolineare che anche in tratti di costa non caratterizzati da falesie c'è la possibilità di rimobilizzazione di materiale, spesso in coincidenza di eventi pluviometrici eccezionali, che dai versanti giungono sino alla costa.

### *Vulcanismo*

Il vulcanismo è un fattore di pericolosità geologica ineluttabile; eventuali eruzioni costituiscono un fattore di pericolosità per il versante costiero del Vesuvio, come testimoniato dagli eventi del passato dove le lave, anche molto recenti, hanno raggiunto

la costa protendendosi in mare ed in ambiente sottomarino.

### *Erosione costiera*

I porti e le opere di difesa trasversali hanno determinato l'espansione delle spiagge sovraflutto e l'erosione delle aree sottoflutto. Le celle di circolazione secondaria generatesi sottoflutto inducono processi di erosione nei tratti costieri non protetti.

Le opere riflettenti quali le difese radenti e parallele, oltre che i moli foranei dei porti, hanno determinato lo spostamento del flusso detritico su fondali a maggiore profondità; solo una parte dei sedimenti trasportati dal flusso riesce a ritornare sulla spiaggia. Inoltre, i moli foranei di alcuni porti, deviando il moto ondoso ed inducendo fenomeni di diffrazione, hanno contribuito alla crescita anomala delle spiagge ridossate.

Per la fascia costiera della piana del Sarno si è tenuta in considerazione anche l'erosione costiera in risposta al sollevamento relativo del livello del mare (causato da eustatismo e subsidenza).

### *Esondazione*

Si configura una pericolosità da alluvioni ed esondazioni, con trasporto ed accumulo di sedimenti di natura detritico-fangosa in relazione ad eventi pluviometrici intensi, per le aree a valle di bacini con gradienti di pendenza media elevati, con elevata energia del rilievo, con bassi tempi di corrivazione; questi elementi evidenziano la rapidità degli eventi che incide sulle condizioni di pericolosità. A questi vanno aggiunte le modificazioni di tipo idraulico subite dai rivi, quali l'impermeabilizzazione delle superfici mediante cementificazione cui corrisponde un aumento del ruscellamento superficiale, la tombatura degli alvei, i restringimenti della sezione di alveo; in corrispondenza di questi ultimi si possono manifestare fenomeni di esondazione o rotte degli argini.

Questi fattori in grado di costituire un pericolo per l'ambiente costiero, oltre a non avere una distribuzione uniforme, posseggono un peso differente per ogni unità geomorfica; per ciascuno è stato valutato l'effetto, la sua intensità oltre che la

ricorrenza. E' stato assegnato quindi un livello di pericolosità (peso: da 1 a 4); il confronto di ogni peso attraverso una matrice (allegato n°13) e la loro somma ha consentito di ottenere un risultato oggettivo espresso nel tema cartografico indicato come grado di pericolosità complessivo (basso, medio, alto, elevato). In pratica, le aree con pericolosità più elevata sono quelle caratterizzate dalla somma di più fattori, non necessariamente interessate da un maggiore livello di pericolosità specifica.

La corretta visione della realtà ambientale, intesa come il risultato di relazioni tra elementi naturali ed antropici, ha consentito di individuare le perturbazioni che hanno modificato in varie epoche l'equilibrio del sistema, costringendo tutti gli elementi coinvolti ad un adattamento alle nuove condizioni al contorno. La conoscenza e l'individuazione degli eventi associabili ad ogni elemento perturbativo consentirà di prevederne l'ingresso nel sistema e quindi di preparare gli altri elementi alla coesistenza con esso. L'individuazione degli elementi perturbativi associata ad una corretta visione della componente tempo consentirà, infine, di far perdere loro il carattere di eccezionalità.

La crescita, in termini di valore intrinseco, dei beni esposti lungo la fascia costiera di pertinenza dell'A.d.B e l'aumento della popolazione residente nelle immediate vicinanze della costa hanno determinato l'incremento della vulnerabilità che, associata ai fattori di pericolosità osservati lungo numerosi tratti litoranei, ha progressivamente accresciuto le componenti del rischio.

## 15-CONCLUSIONI

I risultati raggiunti con l'attività di ricerca hanno consentito di individuare i fattori che concorrono alla pericolosità costiera, derivanti da fenomeni naturali e da attività antropiche, legati sia all'*ecosistema* che al *sistema sociale*. I loro effetti hanno indotto il sistema costiero in oggetto a raggiungere un nuovo assetto; alcuni scompensi verificatisi potrebbero essere mitigati da nuovi e mirati interventi.

Vanno pertanto verificate la validità e l'efficienza delle opere di difesa la cui presenza non produce gli effetti desiderati. Si rende quindi necessario ripensare alla

funzione delle opere di difesa; ristrutturarle in maniera tale da consentire un innalzamento dei fondali antistanti favorendo la dissipazione di energia del moto ondoso su di un'ampia fascia costiera. Infatti, in una spiaggia naturale sommersa, l'energia del moto ondoso viene assorbita gradualmente in tutta la fascia dei frangenti; la dissipazione di energia è quindi arealmente molto diffusa. Vanno quindi evitate dissipazioni concentrate di energia del moto ondoso; gli ostacoli al moto ondoso provocano, invece, concentrazioni locali di dissipazione di energia, cui corrispondono un aumento della turbolenza delle acque antistanti, diminuzione della capacità di trasporto lungo riva e dispersione verso il largo dei sedimenti.

Va inoltre ridistribuita la sabbia riducendo il forte incremento delle spiagge in avanzamento; queste possono essere utilizzate come cave di prestito di sedimenti da riversare nelle zone penalizzate dalle strutture che hanno impedito la loro naturale alimentazione. Si possono peraltro ipotizzare una serie di interventi al fine di addolcire il disegno costiero, operando un ripascimento artificiale della spiaggia protetto da una serie di scogliere soffolte preferibilmente prefabbricate. Nello stesso tempo potrebbe essere operata una bonifica ambientale del litorale eliminando alcune scogliere radenti, che irrigidiscono la linea di costa, sostituendole con barriere sommerse. L'efficacia di queste ultime è legata alla sommersenza e alla larghezza della berma di sommità; la dissipazione dell'energia del moto ondoso è più efficace per una bassa sommersenza, per larghe berme e per larghe basi e per basse inclinazioni del paramento esterno. Di contro, posseggono una capacità di ripascimento della spiaggia inferiore a quelle emerse e, similmente a queste, spostano l'erosione nei tratti di spiaggia adiacenti non protetti.

Per le coste alte che versano in condizioni di instabilità possono essere previsti interventi di stabilizzazione dei versanti e delle loro basi attraverso terrazzamenti, laddove è possibile, con ripascimento ed ampliamento delle spiagge al piede. In assenza di spiagge al piede, va prevista la posa in opera di opere di difesa alla base dei versanti. Gli interventi dovranno essere dimensionati in relazione alla pendenza del versante, alla sua litologia e alla morfologia dei fondali antistanti. Le falesie risentono dell'erosione da parte delle onde; l'apporto dei materiali dovuto ai franamenti della roccia avviene in tempi che non compensano gli sviluppi costieri molto rapidi. Per evitare ulteriori

frammenti vanno posizionate opere di difesa, non tralasciando interventi quali chiodature, pali radice, e reti previo disgaggio dei massi instabili.

In definitiva, fino al 1980 si è proceduto alla difesa dei litorali attraverso la posa in opera di strutture rigide quali scogliere in massi emerse sia parallele che radenti o trasversali alla costa, pennelli; la tipologia utilizzata per un intervallo di tempo più ampio e per una estensione costiera maggiore resta però quella delle scogliere emerse parallele. Attraverso il confronto tra gli effetti positivi e negativi indotti da tali opere sull'equilibrio costiero è emersa negli ultimi anni l'indicazione di abbandonarne la costruzione poichè gli aspetti negativi risultavano di gran lunga maggiori di quelli positivi; in particolare le scogliere hanno mostrato nel breve e nel lungo periodo un effetto di stabilizzazione del litorale protetto, ma effetti negativi sui litorali adiacenti e sulla qualità delle acque comprese tra le scogliere e la costa. Nel lungo periodo, dopo alcuni decenni dalla loro posa in opera, anche in mancanza dei materiali apportati dai fiumi, le scogliere mostrano gli effetti secondari negativi prima descritti, che hanno determinato l'inversione di tendenza del litorale che, dapprima in avanzamento o in equilibrio, mostra poi vistosi fenomeni di arretramento.

Effetti più o meno simili sono stati riscontrati per la posa in opera di scogliere radenti o trasversali alla costa. In particolare per le scogliere radenti, di solito costruite lungo tratti non interessati da infrastrutture turistiche, è stata osservata una più o meno valida protezione del litorale interessato, ma sono stati registrati un effetto negativo sui litorali adiacenti e la scomparsa delle pur esili spiagge presenti al loro piede. Per quanto attiene i pennelli trasversali, anch'essi hanno prodotto effetti negativi sui litorali adiacenti sottoflutto e solo in pochissimi casi, ove sono stati utilizzati, hanno prodotto effetti positivi lungo i litorali difesi.

A partire dalla fine della metà degli anni '80 si è cominciato ad utilizzare un sistema di difesa litoranea mediante la ricostruzione della spiaggia erosa riversando sul litorale notevoli quantità di materiali sabbiosi. La soluzione dell'alimentazione artificiale dei litorali o ripascimento artificiale si è affermata negli ultimi tempi prevalentemente a causa dell'impatto ambientale prodotto dalla difesa costiera mediante opere rigide. Tale soluzione generalmente porta ad un equilibrio, pur se temporaneo,



della linea di costa anche se in alcuni casi sono stati osservati avanzamenti significativi delle spiagge senza che essa abbia determinato effetti negativi nelle aree limitrofe. Negli ultimi anni tale tecnica è stata adottata in quasi tutti i Paesi del Mondo; in Olanda essa è stata individuata come la soluzione più conveniente e lo stesso Governo olandese ha varato la strategia di contrastare ovunque l'arretramento delle coste con le opere di ripascimento artificiale. Tale soluzione è comunque temporanea, atteso che l'azione erosiva del mare è continua mentre l'azione di ripascimento è localizzata nel tempo; al fine di rallentare la perdita di materiale verso il largo o verso coste adiacenti attualmente si indica come soluzione ottimale l'abbinamento del ripascimento artificiale, da effettuare con sedimenti sabbiosi compatibili con le caratteristiche dei sedimenti presenti sulla spiaggia da rifornire, con opere di contenimento sommerse. Tali interventi garantiscono un impatto ambientale quasi nullo ed una mancanza di effetti secondari e negativi sui litorali prospicienti le opere.

I sedimenti con caratteristiche compatibili possono essere recuperati dai fondali marini; infatti, tali materiali mostrano possedere caratteristiche tessiturali in equilibrio con l'energia presente lungo il litorale e dal punto di vista ambientale hanno un impatto nullo. Le sabbie erose dalle spiagge non vengono completamente allontanate dal sistema costiero, ma stazionano per lungo tempo sui fondali antistanti ove raggiungono, a volte, l'equilibrio con l'ambiente. A questi accumuli bisogna inoltre aggiungere gli apparati di foce sommersi relativi ai fiumi che sfociano sul litorale. Non bisogna inoltre tralasciare la possibilità di ritrovare antiche spiagge sommerse e relitte, la cui genesi è connessa alle oscillazioni del livello del mare durante il Quaternario; durante tale periodo sono state create e/o rimodellate, di solito tra la profondità di -20 e -50 m, superfici terrazzate ove si sono impostate antiche linee di riva lungo le quali possono essere presenti antichi depositi litoranei. In seguito alla risalita del livello del mare dopo l'ultima glaciazione tali spiagge sono rimaste fossilizzate sui fondali, rappresentando oggi dei depositi relitti che potrebbero essere utilizzati, come è già avvenuto in altre aree italiane ed estere, quali sedimenti per opere di ripascimento costiero, soprattutto quelli a minor profondità.

Napoli, 25 ottobre 2004.

Il Responsabile Scientifico

Prof. ssa Micla Pennetta

## **RINGRAZIAMENTI**

Un vivo apprezzamento per la preziosa collaborazione ricevuta va al dr. Michele Nastri, Direttore dell'Agenzia delle Dogane, Dogana di Castellammare di Stabia, ed al Luogotenente Raffaele Di Ruocco della Capitaneria di Porto di Castellammare di Stabia

## BIBLIOGRAFIA

ABATE D., DE PIPPO T., MASSARO E., PENNETTA M. (1998) - *Evoluzione morfologica tardo-quaternaria della Valle Caudina (Benevento, Italia)*. "Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences", **11(2)**, 255-264.

ABATE D., DE PIPPO T., ILARDI M. & PENNETTA M. (1998) - *Studio delle caratteristiche morfoevolutive quaternarie della Piana del Garigliano*. "Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences", **11(2)**, 149-158.

ALBORE LIVADIE C., BARRA D., BONADUCE G., BRANCACCIO L., CINQUE A., ORTOLANI F., PAGLIUCA S. & RUSSO F. (1990) - *Evoluzione geomorfologica neotettonica e vulcanica della piana costiera del fiume Sarno (Campania) in relazione agli insediamenti anteriori all'eruzione del 79 d.C.* In: Albore Livadie C. & Widemann F. (Eds.), "Volcanologie et Archeologie", PACT, 25, 237-256.

ALESSIO A., ALLEGRI L., BELLA F., CALDERONI G., CORTESI C., DAI PRA G., DE RITA D., FOLLIERI M., IMPROTA S., MAGRI D., NARCISI B., PETRONE V. & SADORI L. (1986) - *C14 dating geochemical features, faunistic and pollen analysis of the uppermost 10 m core from Valle di Castiglione (Rome. Italy)*. Geologica Romana, 25, 278-308.

ALESSIO M., ALLEGRI L., ANTONIOLI F., BELLUOMINI G., FERRANTI L., IMPROTA S., MANFRA L. & PROPOSITO A. (1992) - *Risultati preliminari relativi alla datazione di speleotemi sommersi nelle fasce costiere del Tirreno centrale*. I Conv. di Geol. Sub. e Sottomar. "Geosub", Roma 5-6 novembre 1991. Giorn. di Geol. Bologna, ser. 3a, 54 (2), 165-193.

ALLOCCA F., AMATO F., CARANNANTE G., DE GENNARO M., ORTOLANI F., PAGLIUCA S., PENNETTA M., VECCHIONE C. (1997) - *Evidenze geologiche di variazioni climatico-ambientali cicliche oloceniche nella Campania occidentale*. Atti 4a Giornata di Studio "Le Scienze della Terra e l'Archeometria, 20-21 febbraio, Napoli.

AMINTI P. & PRANZINI E. (1993) a cura di - *La difesa dei litorali in Italia*. Edizione Delle Autonomie- Roma, vol. 34, 326 pp (cum bibliografia).

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI NAPOLI (2003)- *Studio della dinamica morfologica e sedimentaria del litorale di Castellammare di Stabia*. Università degli Studi di Firenze- Dipartimento di Scienze della Terra- Resp. Sc. E. Pranzini..

AMORE F.O., CIAMPO G., DI DONATO V., ESPOSITO P., PENNETTA M., RUSSO ERMOLLI E., STAITI D. & VALENTE A. (1996) - *A multidisciplinary study of late Pleistocene-Holocene sediments of the Gaeta Bay continental shelf*. "Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences", **9(2)**, 521-532.

ARPAC (2003)- *Seconda relazione sullo stato dell'Ambiente in Campania*. Cangemi Editore- Roma, 612pp.

AUTORITÀ DI BACINO DEL SARNO (2003)- *Cartografia Geologica - 1:10.000- Progetto CARG. Carta Geologica d'Italia*, 1:50.000.

BARRA D., BONADUCE G., BRANCACCIO L., CINQUE A., ORTOLANI F., PAGLIUCA S. & RUSSO F. (1989) - *Evoluzione geologica olocenica della Piana costiera del Fiume Sarno (Campania)*. Mem. Soc. Geol. It., 42, 255-267.

BARTOLE R. (1984) - *Tectonic structure of the latian-campanian shelf (Tyrrhenian Sea)*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., II, 3, 197-230.

BARTOLE R., SAVELLI C., TRAMONTANA M., & WEZEL F.C. [1984]- *Structural and sedimentary features in the Tyrrhenian margin of Campania, Southern Italy*. Marine Geology, **55**, 163-190.

BARTOLINI C., CORDA L., D'ALESSANDRO L., LA MONICA G.B., REGINI E. (1977), *Studi di geomorfologia costiera: III - Il Tombolo di Feniglia*. Boll.Soc.Geol.It., 96: 117-157.

BARUSSEAU J.P. (1973)- *Evolution du Plateau continental rochelais (Golfe de Gascogne) au cours du Pleistocene terminal et de l'Holocene. Les processus actuels de la sedimentation*. These Univ. Bordeaux I, pp. 1-363

BELFIORE A., BONADUCE G., DAMBLON F., GARAVELLI G., MASCELLARO P., MASOLI M., MIRABILE L., MONCHARMONT M., MORETTI M., NUOVO G., OZER A., PENNETTA M., PESCATORE T., PLACELLA B., PUGLIESE M., RUSSO B., SENATORE M. R., SGARRELLA F., SPEZIE G., STREEL M., THOREZ J., TRAMUTOLI M. & VULTAGGIO M. (1982) - *La sedimentation holocene du Golfe de Tarente (Italie meridionale): approche stratigraphique et paleoclimatique basee sur l'etude de trois carottes de sondage*. Bull. Soc. Geol. France, **3**, 581-588;

BELFIORE A., BONADUCE G., GARAVELLI G., MASCELLARO P., MASOLI M., MIRABILE L., MONCHARMONT M., MORETTI M., NUOVO G., PENNETTA M., PESCATORE T., PLACELLA B., PUGLIESE N., RUSSO B., SENATORE M.R., SGARRELLA F., SANSONE E., SPEZIE G., THOREZ J., TRAMUTOLI M. & VULTAGGIO M., (1981): *La sedimentazione recente del Golfo di Taranto (Alto Ionio, Italia)*. Ann. Ist. Univ. Navale, Napoli, **50**,1-96;

BELLUCCI F. (1994) - *Nuove conoscenze stratigrafiche sui depositi vulcanici del sottosuolo nel settore meridionale della Piana Campana*. Boll.Soc.Geol. It., 113, 395-420.

BERRIOLO G. & SIRITO G. (1973)- *Essais sur modele reduit de action de guides submerges sur le mouvement littoral du sable*. A.I.P.C.N., 47, 91-99.

BOUSQUET J.C. (1973) - *La tectonique recente de l'Apennin calabro-lucanien (Italie Meridionale)*. Geol. Romana, 12, 1-104.

BRANCACCIO L. (1968)- *Caratteri e genesi delle forme costiere nella Penisola Sorrentina*. Boll.Soc. Nat. Napoli, 77, 247-274.(cum bibliografia)

BRANCACCIO L. & CINQUE A., a cura di. (1992) - *Guida all'escursione nell'Appennino campano-lucano. Convegno-Escursione "Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale"*. Camerino-Napoli, 6-10 luglio 1992.

BRANCACCIO L., PESCATORE T., & RUSSO F., a cura di. (1988)- *Periplo del Golfo di Napoli. 74° Congresso Nazionale S.G.I., Sorrento* (cum bibliografia)

BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., ROSSKOPF C., RUSSO F., SANTANGELO N. & SANTO A. (1995) – *L'evoluzione delle pianure costiere della Campania: geomorfologia e neotettonica*. Mem. Soc. Geogr. It., LIII- 313-336.

BRANCACCIO L., CINQUE A., ROMANO P., RUSSO F., SANTANGELO N.. (1988)- *Evoluzione geomorfologica pleistocenica dell'Appennino Campano Lucano. Monti Picentini e Penisola di Sorrento*. Guida alle escursioni S.G.I., 74° Congresso

Nazionale S.G.I., Sorrento (cum bibliografia)

BRUNN P. (1962)- *Sea.level rise as a cause of shore erosion*. Journal Waterways and Harbors Division, Asce, 88:117-130.

BUCCHERI G., BERTOLDO M., COPPA M.G., MUNNO R., PENNETTA M., SIANI G., VALENTE A. & VECCHIONE C. (2002) -*Evoluzione sedimentaria e paleoclimatologia tardo-quadernaria della scarpata continentale del Golfo di Policastro (Mar Tirreno meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 121, 187-210.

CAPRIOLI V. (1994)- *Vulnerabilità geologica e antiche chiese sorrentine*. Offselit – Cava dei Tirreni.

CASERTANO L. & PINNA E. (1970) - *Variazioni del litorale vesuviano e fenomeni bradisismici*. Atti Acc. Pont., 19, 1-32.

CASTALDI F. (1968) - *La Penisola Sorrentina*. Cymbe, Stamperia Napoletana.

CINQUE A. (1991)- *La trasgressione versiliana nella piana del Sarno*. Geogr. Fis. Din. Quat., 14, 63-71

CINQUE A. & ROMANO P. (1990) - *Segnalazione di nuove evidenze di antiche linee di riva in Penisola Sorrentina (Campania)*. Geogr. Fis. e Dinam. Quat., 13 (1), 23-25.

CINQUE A. & RUSSO F. (1986) - *La linea di costa del 79 d.C. fra Oplonti e Stabiae nel quadro dell'evoluzione olocenica della Piana del Sarno (Campania)*. Boll. Soc. Geol. It., 105, 111-121.

CINQUE A., a cura di (1986) - *Guida alle escursioni geomorfologiche. Penisola Sorrentina, Capri, Piana del Sele, Monti Picentini*. Riun. Ann. Gruppo Naz. Geogr. Fis. e Geom. (Amalfi, giugno 1986). Pubbl. n. 33 Dip.to di Sc. della Terra, Univ. di Napoli "Federico II". (cum bibliografia).

CINQUE A., ROBUSTELLI G., RUSSO M. (2000)- *The consequences of pyroclasti fallout on the dynamics of mountain catchments: geomorphic events in the Rivo d'Arco basin (Sorrento peninsula, Italy) after the plinian eruption of Vesuvius in the 79 AD*. Geogr. Fis. Din. Quater., 23, 117-129.

CINQUE A., AUCELLI P.P.C., BRANCACCIO L., MELE R., MILIA A., ROBUSTELLI G., ROMANO P., RUSSO F., RUSSO M., SANTANGELO N. & SGAMBATI D. (1997) - *Volcanism, tectonics and recent geomorphological change in the Bay of Napoli*. 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Geomorph. - Italy 1997, *Guide for the excursion*. Suppl. Geogr. Fis. Din. Quat., suppl III, t. 2, 123-141.

COCCO E., DE PIPPO T. & PENNETTA M. (1976) - *L'uso della fotografia aerea e del calcolatore elettronico nello studio degli spostamenti delle linee di costa: l'evoluzione del litorale Alto Ionio (Golfo di Taranto) negli ultimi 30 anni*. Boll. Soc. Geol. It., **95**, 275-312.

COLANTONI P. (1976) - *Aspetti geomorfologici e genesi delle grotte sottomarine*. Pubbl. Staz. Zool. "A. Dohrn", Napoli, 40, 460-472.

COPPA M.G., FERRARO L., PENNETTA M., RUSSO B., VALENTE A. & VECCHIONE C. (1996) - *Sedimentology and micropaleontology of the Core G93-C27 (Gaeta Bay, Central Tyrrhenian Sea, Italy)*. "Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences", **9**(2), 687-696.

CORTEMIGLIA G.C. (1978)- *Valutazione quantitativa della variazione di fondale fra la foce del Magra e il porto di Marina di Carrara ed individuazione dei principali assi di transito del trasporto litoraneo*. Mem.Soc.Geol.It. **19**,407-419

CORTEMIGLIA G.C. (1978)- *Le modificazioni dell'assetto strutturale del litorale di Lavagna quale fattore erosivo della spiaggia*. Mem.Soc.Geol.It. **19**,369-380

CORTEMIGLIA G.C. (1978)- *Applicazione di curve di isodensità carbonatica per classi granulometriche modali nello studio della dinamica litorale*. Mem.Soc.Geol.It. **19**,321-330

D'ALESSANDRO L., GENEVOIS R. & MARINO A. (2001) - *Dinamica recente della costa alta fra Ortona e Vasto (Abruzzo centro-meridionale)*- Mem.Soc.Geol.It., **56**, 53-60.

D'ALTERIO D. & DELLA GATTA M. (2004)- *Deflusso minimo vitale nel Bacino del fiume Sarno*. Quaderni AdB Sarno, 1/2004, 48-53.

D'ARGENIO B., PESCATORE T. & SCANDONE P. (1973)-*Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Acc.Naz.Lincei, q.183, Atti del convegno: "Moderne vedute dell'Appennino" Roma

DE PIPPO T. & PENNETTA M. (2000) - *Late Quaternary morphological evolution of a continental margin based on emerged and submerged morphostructural features: the south-eastern Tyrrhenian margin (Italy)*. Zeitschrift Fur Geomorphologie N.F., Stuttgart, Berlin, 44(4), 435-448.

DE PIPPO T., DONADIO C. & PENNETTA M. (2003) - *Variazioni ambientali di genesi antropica e incremento del rischio costiero nell'isola d'Ischia*. Boll. Soc. Geogr. It., Serie XII, vol. VIII, pp 495-508.

DE PIPPO T., DONADIO C. & PENNETTA M. (2003)- *Morphological control on sediment dispersal along the southern Thyrrhenian coastal zones (Italy)*. Geologica Romana (in stampa);

DE PIPPO T., DONADIO C., GROTTOLA & PENNETTA M. (2004)- *Geomorphological evolution and environmental reclamation of Fusaro Lagoon (Campania Province, southern Italy)*. Environment International, Elsevier, 30, 199-208

DE PIPPO T., DONADIO C., MAZZARELLA A., PAOLILLO G. & PENNETTA M. (2004)- *Fractal geometry applied to coastal and submarine features*. Zeitschrift Fur Geomorphologie N.F., Stuttgart, Berlin, **48**, 185-199.

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M. (2000-2002) – *Evoluzione morfologica della laguna di Sabaudia (Mar Tirreno, Italia Centrale)*. Geologica Romana, **36**, 1-12.

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M. (2001)- *Morphological evolution of Lesina Lagoon (Southern Adriatic, Italy)*. Geogr. Fis. Din. Quat., 24, 29-41.

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., TERLIZZI F. & VECCHIONE C. (2004)- *Evoluzione morfologica del settore costiero di Porto Cesareo (Versante ionico della penisola salentina, Italia)*. Studi Costieri, Dinamica e difesa dei litorali-Gestione integrata della fascia costiera. In stampa

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., TERLIZZI F., VALENTE A. & VECCHIONE C. (2004)- *Ruolo dei canyons sottomarini nella cattura dei sedimenti marini costieri nel Golfo di Taranto*. A.I.O.L. Associazione Italiana Oceanologia e Limnologia, **17**,

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., TERLIZZI F., VALENTE A., VECCHIONE C. & VEGLIANTE M. (2000)- *Morfologia dei fondali ed inquinamento lungo il litorale di Bagnoli: un'ipotesi di intervento per il recupero ambientale*. Mostra

Medit.Tecnol.Innov.En.Amb., TEKNA, 6-8/10/2000- Napoli

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., TERLIZZI F., VECCHIONE C. (2000)- *Caratteri morfologici del Canyon di Cuma (Campania- Italia). Fluttuazioni, Anomalie, Recupero: 2° Convegno Nazionale delle Scienze del Mare, CoNISMa, S.Margherita Ligure, 22-25 novembre, 184-185.*

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., TERLIZZI F., VECCHIONE C. (2000)- *Influenza della morfologia costiera e del regime idrodinamico sulla distribuzione degli inquinanti sui fondali della baia di Bagnoli (Napoli, Italia): ipotesi di recupero ambientale. Fluttuazioni, Anomalie, Recupero: 2° Convegno Nazionale delle Scienze del Mare, CoNISMa, S.Margherita Ligure, 22-25 novembre, 81-83.*

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., VALENTE A., VECCHIONE C. (1997) - *Morphological evolution of a volcano-tectonic coastal plain in the Western Neapolitan Area. Abstr. IV International Conference on Geomorphology. 28 agosto-3 settembre, Bologna; III Suppl.Geogr. Fis. Dinam.Quat., 140-141.*

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., VALENTE A., VECCHIONE C. (1998) - *Morphological and sedimentary evolution during the last 5000 years of the Bagnoli volcano-tectonic coastal plain (Naples, Italy). Geologica Romana, 34, 19-30.*

DE PIPPO T., DONADIO C., RUSSO F. & SGAMBATI D. (1997) – *Caratterizzazione geomorfologica del litorale vesuviano: evidenze per la ricostruzione della linea di costa di epoca romana. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., LII, 207-224.*

DE PIPPO T., ILARDI M. & PENNETTA M. (1999) - *Main observations on genesis and morphological evolution of submarine valleys. Zeitschrift Fur Geomorphologie N.F., Stuttgart, Berlin, 43 (1), 91-111.*

DE PIPPO T., PENNETTA M. & VALENTE A. (2003)- *Metodo cartografico per la rappresentazione della pericolosità costiera della Campania settentrionale (Italia)- Convegno GeoNapoli 2003- Geologia e Tutela del Territorio- Università degli Studi di Napoli Federico II- Polo delle Scienze e Tecnologie, Napoli, 25 giugno 2003.*

DE PIPPO T., PENNETTA M., VALENTE A. & VECCHIONE C. (1996) - *Ruolo della morfologia sottomarina nei processi sedimentari del margine tirrenico sud-orientale. "Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences", 9(1), 359-364.*

DE PIPPO T., PENNETTA M., TERLIZZI F. & VECCHIONE C. (2000) - *Ipotesi di intervento di ripascimento protetto lungo la spiaggia dei Maronti (Comune di Barano- isola d'Ischia- Napoli). Geologia Tecnica, 3, 33-43.*

DE PIPPO T., PENNETTA M., VALENTE A. & TERLIZZI F. (2003)- *Mapping coastal hazard in the northern Campania (Italy)- IAG- International Association of Geomorphologists, Regional Geomorphology Conference, Geomorphic hazards: Towards the Prevention of Disasters, Mexico City, october 27/november 2, 2003; p.81.*

DE PIPPO T., MONTI L., PENNETTA M., TERLIZZI F. & VECCHIONE C. (2000) - *Morfologia della spiaggia sommersa ed individuazione delle modificazioni indotte dagli interventi antropici nel litorale compreso tra Punta del Soccorso e Punta Caruso nel Comune di Forio (isola d'Ischia, Napoli). Geologia Tecnica, 2, 13-20.*

DE PIPPO T., DONADIO C., PENNETTA M., TERLIZZI F., VECCHIONE C., VEGLIANTE M. (2002) - *Seabed morphology and pollution along the Bagnoli coast (Naples, Italy): a hypothesis of environmental restoration. Marine Ecology. Blackwell Verlag, Berlin. 23, suppl. 1, 154-168.*

DE VIVO B., ROLANDI G., GANS P.B., CALVERT A., BOHRSON W.A.,



SPERA F.J., & BELKIN H.E. (2001) - *New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain (Italy)*. Mineral. Petrol. Springer-Verlag eds. 73:47-65; 2001.

DI DONATO R. & RUSSO G.F. (2004)- *Implementazione di un GIS per l'analisi a fini gestionali dell'ecologia del paesaggio bentonico nell'AMP di Punta Campanella*. Annali Fac. Sc. eTecn., Univ. Parthenope, LXVIII, 1-28.

DI GIROLAMO P. (1970) - *Rilevamento petrografico-stratigrafico lungo il margine SW del Vesuvio (manifestazione eruttiva locale e colate di fango del 79 d.C.)*. Rend. Soc. It. Miner. Petrol., 26, 3-34.

DI GIROLAMO P., GHIARA M.R., LIRER L., MUNNO R., ROLANDI G. & STANZIONE D. (1984) - *Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 1005-1014.

DIPLOMATICO G., MIRABILE L., PENNETTA M., PESCATORE T., SENATORE M. R. & TRAMUTOLI M. (1985) - *Morfologia e geologia*. In: "Geologia e Oceanografia del Golfo di Taranto", Pescatore T. (ed.), P.F. Oceanografia e Fondi Marini. Sottoprogetto Risorse Minerarie- Rapp. tec. finale, 90-130;

FABBRI A., GALLIGNANI P. & ZITELLINI N. (1981) - *Geologic evolution of the peri-Tyrrhenian sedimentary basins*. In: Wezel F.C. ed., Sedimentary Basins of Mediterranean Margins, Bologna, Tecnoprint, 101-126.

FILANGIERI DI CANDIDA R. (1986) - *Sorrento e la sua Penisola*, Bergamo, Istituto Italiano d'Arti Pratiche.

FINETTI I. & MORELLI C. [1974]- *Esplorazione sismica a riflessione dei Golfi di Napoli e Pozzuoli*. Boll.Geof.Teor.Appl., 16, 175-222.

FLEMMING N.C. & WEBB C.O. (1986) - *Tectonic and eustatic Coastal changes during the last 10.000 years derived from archeological data*. Z. Geomorph. N. F., Suppl-Bd. 62, 1-29.

FOLK R.L. & WARD W.C. (1957) - *Brazos river: a study in the significance of grain size parameters*. Journ. Sedim. Petrol., 27, 1, 3-26.

FOLK R.L. (1968)- *Petrology of sedimentary rocks*. 170 pp., Hemphill's, Austin, Texas

FRANCO L. (1992) -*Nuove applicazioni del calcestruzzo nelle strutture di difesa delle coste*. Industria Italiana del Cemento, 662.

GNACCOLINI M. (1968) - *Caratteristiche granulometriche di alcuni campioni di sabbie di spiaggia, di duna costiera, di fiume, di ambiente marino epineritico e di arenarie presumibilmente deposte da correnti di torbidità*. Mem. Soc. Geol. It., 7, 861-878.

GUIDA M. & VALLARIO A. (2003).- *Muri Sorrentini*, Franco Di Mauro Editore, Sorrento.

IPPOLITO F, ORTOLANI F. & RUSSO M. (1973) - *Struttura marginale e tirrenica dell'Appennino Campano: reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Mem.Soc.Geol. It., 12, 232-349.

ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1932)- *Carta Nautica Golfo di Napoli, (Mar Tirreno- Italia)-F°127, scala 1:60 000 - Genova-*

ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1957)- *Passaggio di Capri.(Mar Tirreno- Italia)-F°132, scala 1:25.000 - Genova-*

ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1979)- *Carta Nautica Da Ischia a Punta Licosa, (Mar Tirreno- Italia)-F°10, scala 1:100.000 - Genova-* e aggiornamento 1991;

ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1997)- *Carta Nautica Golfo di Napoli, (Mar Tirreno- Italia)-F°127, scala 1:60 000 - Genova-* Aggiornamento 2002.

ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1996)- *Carta Nautica Penisola Sorrentina, (Mar Tirreno- Italia)-F°131, scala 1:30 000 - Genova-*

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (1954)- *Tavoletta Vesuvio, 1:25.000-F.184, II N.E., ed. 4-* Firenze.

ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (1956)- *Tavoletta Sorrento, 1:25.000-F.196, I N.E., ed. 1-* Firenze.

YOUNG R.S., BUSH D.M., PILKEY O.H. & NEAL W.J. (1996)- *Evaluating shoreline change associated risk from coastal hazard: an inexpensive qualitative approach.* In : Berger e Iams, ed; Geoindicators: assesing rapid enviromntal changes inearth system. AA Balkema, Rotterdam, Brookfield.

MASSELINK G. & HUGHES M.G. (2003)- *Introduction to Coastal processes & Geomorphology.* Oxford University Press inc., New York.

MINGAZZINI P. & PFISTER F. (1946) - *Surrentum - Latium et Campania- Forma Italiae, Vol.II, Sansoni Editore, Firenze.*

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1975) - *Munsell Color, Kollmorgen Corporation, Maryland.*

NICOTERA P. (1980) - *La falesia tufacea di Sorrento-Analisi delle condizioni statiche ed interventi di bonifica attuati o programmati.* Associazione Geotecnica Italiana, XIV Convegno Nazionale di Geotecnica- Firenze 28-31 ottobre; 247-255.

ORTOLANI F., PENNETTA M. & TOCCACELI R.M. (1997) - *Evoluzione morfostrutturale pleistocenico-olocenica del Golfo di Policastro e movimenti di massa profondi.* Geogr. Fis. Dinam. Quat., 20, 101-105.

LA TORRE P., NANNINI R. & SBRANA A. (1982)- *Geothermal exploration in Southern Italy: geophysical interpretation of the Vesuvian area.* 44 Meeting Eur.Ass. Explor.Geophys., Cannes, June 1982.

PAGANO M., RUSSO F., TERRASI F. & TUNIZ C. (1994) - *Antropizzazione ed attività vulcanica in alcuni siti archeologici di Torre del Greco (NA).* Atti del II Sem. Int. "Il Sistema uomo - ambiente tra passato e presente", Centro Univ. Eur. BB. CC., Ravello (SA).

PANE R. (1955) - *Sorrento e la costa.* Edizioni Scientifiche Italiane. Napoli.

PATACCA E., SARTORI R. & SCANDONE P. (1990) - *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relations since Late Tortonian times.* Mem. Soc. Geol. It., 45, 425-451.

PENNETTA M. (1985) - *Caratteri granulometrici dei sedimenti del Golfo di Taranto (Alto Ionio).* Ann. Ist. Univ. Navale- Napoli, 54, 29-50.

PENNETTA M. (1985) - *Studio delle carote e considerazioni paleoclimatiche: aspetti fisici.* Geologia e Oceanografia del Golfo di Taranto", Pescatore T. (ed.), P.F. Oceanografia e Fondi Marini. Sottoprogetto Risorse Minerarie- Rapp. tec. finale, 159-162.

PENNETTA M. (1985) -*La sedimentazione attuale: aspetti fisici.* In: "Geologia e

Oceanografia del Golfo di Taranto”, Pescatore T. (ed.), P.F. Oceanografia e Fondi Marini. Sottoprogetto Risorse Minerarie- Rapp. tec. finale134-136.

PENNETTA M. (1989)- *Caratteri tessiturali dei sedimenti prelevati da due carote nel Golfo di Napoli. Atti Conferenza Scientifica Annuale sulle Attività di Ricerca dei Dipartimenti*. Università di Napoli "Federico II", Napoli 13-14-15 dicembre 1989, 189-191

PENNETTA M. (1992) - *Morfologia e sedimentazione della piattaforma e scarpata nel tratto di costa compreso tra Punta Alice e Capo Rizzuto (Golfo di Taranto)*. Boll. Soc. Geol. It., 111, 149-161.

PENNETTA M. (1996) - *Evoluzione morfologica quaternaria del margine tirrenico sud orientale tra Capo Palinuro e Capo Bonifati*. “Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences”, **9**(1), 353-358.

PENNETTA M. (1996) - *Margine tirrenico orientale: morfologia e sedimentazione tardo pleistocenica-olocenica del sistema piattaforma scarpata continentale tra Capo Palinuro e Paola*. Boll. Soc. Geol. It., 115, 339-354.

PENNETTA M. & VALENTE A. (1996) - *Late Pleistocene - Holocene sedimentary processes in the Gaeta Bay continental shelf (Tyrrhenian Sea)*. “Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences”, **9**(2), 725-730.

PENNETTA M. & VALENTE A. (1996)- *Continental shelf and slope sediments of the South-Eastern Tyrrhenian Margin (Italy)*. 17<sup>TH</sup> Regional African European Meeting of Sedimentology I.A.S., March 26th-28th, SFAX-Tunisia, abs., 206-207.

PENNETTA M., PESCATORE T. S. & SENATORE M. R., (1986) - *I tipi di piattaforma continentale del Golfo di Taranto (Alto Ionio, Italia)*.- Convegno ENEA "Evoluzione dei litorali" - Policoro 16-17 ottobre 1986 - 195-214.

PENNETTA M., PESCATORE T. S. & VECCHIONE C. (1984) - *Contributi allo studio del Golfo di Pozzuoli: caratteristiche tessiturali dei sedimenti superficiali*. Mem. Soc. Geol. Ital., 27, 161-169;

PENNETTA M., VALENTE A. & VECCHIONE C. (1996)- *Ricostruzioni paleoambientali dedotte da caratteristiche fisiche e sedimentologiche dei depositi marini e continentali*. Atti VI Conf. Scient. Ann. Attiv. Ricerca dei Dipartimenti. 27-29 marzo 1996. Napoli.

PENNETTA M., VALENTE A., VECCHIONE C. (1996)- *Margine Tirrenico Orientale: carattere dei sedimenti attuali nel Golfo di Policastro*. Atti Riunione Annuale Gruppo di Sedimentologia del C.N.R. (Ed. by Colella A.), Catania 10-14 ottobre, 228-231.

PENNETTA M., VALENTE A., ABATE D., BOUDILLON G., DE PIPPO T., LEONE M. & TERLIZZI F. (1998) - *Influenza della morfologia costiera sulla circolazione e sedimentazione sulla piattaforma continentale campano-laziale tra Gaeta e Cuma (Italia meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 117, 281-295.

PENNETTA M., PACE L. & BAISTROCCHI F. (2003)- *Protocollo delle indagini geologiche e geognostiche da eseguire per gli studi di compatibilità idrogeologica e per la ripermimetrazione delle aree a rischio di frana (Piano stralcio per l'assetto idrogeologico)*. Geologia Tecnica & Ambientale, Rassegna Legislativa Regionale, Inserto redazionale, 4, 1-7.

PIERINI S., PURINI R., SPEZIE G. & DE MAIO A. (1992) - *A Central Tyrrhenian Coastal Area as Dynamical Test Site*. XXXIII Congr.CIESM, ottobre 1992,

Trieste.

PIRAZZOLI P. A. (1981) - *Le variazioni del livello del mare durante il post-glaciale*. Riv. Geogr. It., LXXXVIII, 2, 154-164.

PIRAZZOLI P. A. (1993) - *Global sea-level changes and their measurement*. Global and Planetary Change, Elsevier Sc. Publ. B. V., Amsterdam, 8, 135-148.

PRANZINI E. (1985) - *La dinamica dei sedimenti nel Golfo di Campo (Isola d'Elba)*. Boll.Soc.Geol.It., 105: 253-264.

PRANZINI E. (2004) - *La forma delle coste*. Zanichelli.

REGIONE CAMPANIA (1974) - *Carta Tecnica, Area Sorrentino-Amalfitana in scala 1:5000*. Assessorato all'Urbanistica e all'Assetto Territoriale, Settore Politica del territorio. Napoli; ed aggiornamento 1989.

REGNAULD H., FOURNIER J. & GOUERY P. (1994) - *Geomorphology and submarine landscapes of rocky platforms preceeding cliffs in Brittany (France)*. Atti del Conv. Internaz. di Geol. Sub. "Geosub 94", Palinuro, 8-10 giugno 1994. De Frede Ed., Napoli, 154-155.

REGNAULD H., GOUERY P., FERREIRA O. & GOMES N. (1994) - *Paleogeography of Holocene submarine shore lines on the Arrabida coast, central Portugal*. Atti del Conv. Internaz. di Geol. Sub. "Geosub 94", Palinuro, 8-10 giugno 1994. De Frede Ed., Napoli, 156.

REYNOLDS R.T., J.M. SCOTT, R.A. NUSSBAUM (1980) - *A variable circular plot method for censusing bird numbers*. Condor, 82: 309-313.

RICCIO A., RIGGIO F., ROMANO P. (2001)- *Sea level fluctuations during Oxygen Isotope Stage 5: new data from fossil shorelines in the Sorrento Peninsula (Southern Italy)*. Z. Geomorph. N.F. 45,121-137

ROLANDI G. & RUSSO F. (1989) - *Boll Contributo alla conoscenza dell'attività storica del Vesuvio: dati stratigrafici e vulcanologici nel settore meridionale tra Torre del Greco (località Villa Inglese) e Torre Annunziata (Campania)*. Soc. Geol. It., 108, 521-536.

ROLANDI G. & RUSSO F. (1993) - *L'eruzione del Vesuvio del 1631*. Boll. Soc. Geol. It., 112, 315-332.

RUSSO G.F. (1992)- *Particolarità dell'ambiente marino bentonico della Costiera Sorrentina Amalfitana*. In: Ambiente e Mass Media '92: Il mare e le Coste, A.Gianmarino (Ed.), C.M.E.A. & Univers. Napoli, 92-99.

RUSSO F. & VALLETTA M. (1995)- *Il rischio geologico sensu lato al Somma Vesuvio*- Rend.Acc.Sc.Fis. Mat. Napoli, LXII, 125-186.

SANTACROCE R. (Ed.) (1987) - *Somma - Vesuvius*. C.N.R., Quad. de "La Ricerca Scientifica", 114, Prog. Fin. "Geodinamica", Monografie finali, 8: pp 243.

SANTO A. SANTANGELO N., BENEDUCE A. & IOVINE F. (2002)- *Pericolosità connessa a processi alluvionali in aree pedemontane: il caso di Castellammare di Stabia in Penisola Sorrentina*. Il Quaternario, **15**, 23-37.

SARTORI R. (1988) - *Drilling of ODP Leg 107 in the Tyrrhenian sea: tentative basin evolution compared to deformation in the surrounding chains*. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B. and Vai G.B. (ed.), The lithosphere in Italy. Advance in earth sciences research, 125-138.

SCANDONE R., BELLUCCI F., LIRER R. & ROLANDI G. (1991) - *The structure of the Campanian Plain and the activity of the Neapolitan volcanoes (Italy)*.

Journ of Volcan. and Geotherm Res., 48, 1-31.

SCHMIEDT G. (1981) - *Les viviers Romains de la cote Tyrrhenienne. Histoire et Archeologie*, variations du niveau de la mer dans l'antiquité, 50, 28-45.

SELLI R. & FABBRI A. (1971) - *Tyrrhenian: a Pliocene deep-sea*. *Acc. Naz. Lincei, Rend. Sc. Fis. Mat. Nat.*, 8, 104-116.

SELLI R. (1970) - *Cenni morfologici generali sul Mar Tirreno*. In: Selli R. (ed.), *Ricerche Geologiche Preliminari nel Mar Tirreno*, *Giorn.Geol.*, 37, 5-24.

SERVIZIO GEOLOGICO ITALIANO - *Carta Geologica d'Italia, scala 1:100 000*. Sorrento - I. di Capri, F° 196, II ediz. (1959); Salerno, F° 185, II ediz. (1962).

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1994) - *Carta Geomorfologica d'Italia - 1:50.000, Guida al Rilevamento. Quaderni Serie III, vol. 4. a cura del Gruppo di Lavoro per la Cartografia Geomorfologica*, *Serv. Geol. Nazionale, Gruppo Naz. Geogr. Fis. e Geomorf.*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1994, 42 pp.

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1996)- *Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*- in coll. con C.N.R., a cura di: Amanti M., Casagli N., Catani F., D'Orefice M., Motteran G.; Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1994, 54 pp.

SHEPARD F.P. (1954) - *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*. *Journal of Sedimentary Petrology*, **24**, 3, 151-158.

SIGURDSSON H., CAREY S., CORNELL W. & PESCATORE T. (1985) - *The eruption of Vesuvius in A.D. 79*. *Nat. Geogr. Res.*, 1: 332-387.

SMOOT N.C., CHOI D.R. & BHAT M.I. (2001)- *Marine Geomorphology-Xlibris corporation*.

SNOECKX H., REA D. K. (1994) -*Dry bulk density and CaCO<sub>3</sub> relationships in upper quaternary sediments of the eastern equatorial pacific*. *Marine Geology*, **120**, 327-333.

SUNAMURA T. (1992)- *Geomorphology of Rocky coasts*. *Wiley*, New York.

TERICH T.A. & SCHWARTZ M.L. (1993)- *The effect of seawalls upon beaches*. *Proc.Hilton Haet Island Int. Coastal Symp.* Vol.1, 127-133.

TOUE T. & WANG H. (1990)- *Three dimensional effects of seawall on the adjacent beach*. *Coastal Eng.Conf.*, pp.2782-2795.

TRINCARDI F. & ZITELLINI N. (1987) - *The rifting of the Tyrrhenian basin*. *Geo-Marine Letters*, 7, 1-6.

VALLARIO A. (2001)- *Gli interventi di difesa dagli eventi di colata rapida*. Convegno: *Le opere di difesa dalle colate rapide di fango. Il modello Sarno*.- Commissariato di Governo per l'Emergenza idrogeologica nella regione Campania. Struttura Commissariale.

VISHER G.S. (1969)-*Grain size distribution and depositional processes*. *Journal of Sedimentology Petrology*, **39**, n°3, 1074-1106.

WIDEMANN F. (Eds.), "*Volcanologie et Archeologie*", *PACT*, 25, 183-195.

## APPENDICE

### ASPETTI NORMATIVI IN MATERIA DI TUTELA E DIFESA DELLE COSTE

#### *Normativa internazionale e comunitaria*

Il Diritto Internazionale e Comunitario non detta una specifica disciplina in materia di difesa delle coste, ma solo prevede una serie di riferimenti di più ampia portata riguardanti la più generale tematica della tutela ambientale e della difesa dall'inquinamento.

#### *I riferimenti internazionali*

Tra le Convenzioni Internazionali riveste un ruolo di primo piano la Convenzione di Barcellona, vigente dal 12/2/78. Essa definisce, unitamente ai vari protocolli aggiuntivi, il sistema regionale di protezione del Mare e della Regione Mediterranea, configurandosi quale punto di riferimento per gli atti legislativi nazionali di prevenzione e controllo dell'inquinamento marino e costiero e la gestione integrata delle aree costiere.

Notevole rilievo riveste anche la Convenzione di Ramsar del 1971, che disciplina invece la tutela e la conservazione delle zone umide (tra cui alcuni territori costieri).

L' Accordo RaMoGe e' un trattato italo-franco-monegasco relativo alla protezione delle acque marine, stipulato nel 1976 e ratificato dall' Italia nel 1980.

Rilevano, infine, le disposizioni della risoluzione dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite n. 44/206 del 22 dicembre 1989, concernente i possibili effetti negativi dell'aumento del livello del mare sulle isole e le zone costiere, in particolare sulle zone costiere di basso livello, e le pertinenti disposizioni della risoluzione dell'Assemblea generale n. 44/172 del 19 dicembre 1989 sull'attuazione del piano di azione per combattere la desertificazione.

Altri accordi internazionali si occupano indirettamente del problema della difesa delle coste, come la Convenzione per la Protezione Internazionale delle Piante (IPCC) che segnala nel recente III *Assessment Report* la necessità di studi ed approfondimenti degli effetti del sollevamento del livello degli oceani per gli ecosistemi marini confinati.

#### *La normativa comunitaria*

Il primo riconoscimento formale della competenza comunitaria in materia ambientale si rinviene nell' art. 130R nel titolo VII dell' Atto Unico Europeo (1987).

Successivamente (1992) il Trattato dell' Unione Europea (Trattato di Maastricht) eleva la protezione ambientale a politica dell' Unione Europea riconoscendole un ruolo prioritario ed integrato con le altre politiche, prevedendo, all' art.175, che il Consiglio adotti programmi generali d' azione ambientale, di durata quinquennale, che fissano gli obiettivi prioritari da raggiungere.

Va precisato che l'intera azione comunitaria è informata dal principio di sussidiarietà (art. 5 del Trattato), in base al quale la Comunità interviene "soltanto se e nella misura in cui gli obiettivi dell'azione prevista non possono essere sufficientemente realizzati dagli Stati membri e possono, dunque, a motivo delle dimensioni degli effetti dell'azione in questione, essere realizzati meglio a livello comunitario".

Interventi della CE di portata specifica relativamente alla problematica della tutela

delle fasce costiere si trovano nella Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992, che ha dato indicazioni ai fini della conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche. L' applicazione della direttiva ha portato, tra l' altro, alla creazione della Rete Natura 2000, un sistema di aree protette per la conservazione della biodiversità nel territorio dell' Unione Europea come ad es. i SIC (siti di interesse Comunitario), tra i quali sono presenti anche alcuni territori costieri, anche ai sensi della direttiva 79/409/CEE del Consiglio del 2 aprile 1979, concernente la conservazione degli uccelli selvatici, e comprendente zone di protezione speciale. Il D.M. 03-04-2000 ha provveduto, in ottemperanza alle citate direttive, alla individuazione di siti di importanza comunitaria e di zone di protezione speciale.

Degno di nota è l'accordo sottoscritto a Lussemburgo il 10 giugno 1996 e ratificato dall' Italia con L. 23-03-1998 n. 108, il quale istituisce un'associazione tra le Comunità europee ed i loro Stati membri, che agiscono nel quadro dell'Unione europea, da una parte, e la Repubblica di Slovenia, dall'altra, e che riguarda la cooperazione delle parti nel settore contro il degrado ambientale; tale accordo prevede, tra l' altro, all' art. 82, la gestione delle zone costiere e la prevenzione dell'inquinamento marino, predisponendo a tal uopo: educazione in materia ambientale e sensibilizzazione ai problemi in questo settore, studi relativi all'impatto ambientale; esso mira ad assicurare la protezione di persone, animali, proprietà e dell'ambiente contro le catastrofi naturali o provocate dall'uomo.

#### La normativa nazionale

La tutela delle coste costituisce oggetto di disciplina sotto vari profili da parte del legislatore nazionale.

Il D.Lgs. 22-01-2004 n. 42, in vigore dal 1.5.2004, ha varato il cd. *Codice dei beni culturali e del paesaggio*. Il Testo unico riordina la complessa e frastagliata materia del settore offrendo una disciplina organica ed unitaria del patrimonio culturale, la cui accezione ricomprende sia i beni culturali in senso stretto che i beni paesaggistici.

Esso prevede la tutela, la valorizzazione e la fruizione del patrimonio culturale e predispone strumenti per preservare i beni paesaggistici tra i quali il legislatore comprende le zone costiere.

All' art.142 è previsto infatti che: “1. Fino all'approvazione del piano paesaggistico ai sensi dell'articolo 156, sono comunque sottoposti alle disposizioni di questo Titolo per il loro interesse paesaggistico:

a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare;

b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;

c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna;

d) le montagne per la parte eccedente 1.600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1.200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole;

e) i ghiacciai e i circhi glaciali;

f) i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna

dei parchi;

g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227; *etc.*

La tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici e' attuata attraverso la cooperazione tra amministrazioni pubbliche (art.132), nel rispetto dei principi di cooperazione tra gli Stati derivanti dalle convenzioni internazionali (art.133), la predisposizione del piano paesaggistico (art.143).

Il controllo e la tutela delle aree avviene attraverso il divieto imposto ai proprietari, possessori o detentori di beni sottoposti a tutela dalle disposizioni del piano paesaggistico di introdurre modificazioni che rechino pregiudizio ai valori paesaggistici, l'obbligo per gli stessi di sottoporre all'autorità competente (regione o ente locale) i progetti delle opere che si intendono eseguire al fine di ottenere la preventiva autorizzazione (art.146), nonché la predisposizione delle sanzioni per le opere eseguite in assenza di autorizzazione o in difformità da essa (art.181).

La normativa del T.U., naturalmente, disciplina solo un aspetto parziale della tutela delle coste, limitata all'aspetto paesaggistico.

La legge quadro sulle aree protette – L. n. 394/91 – delinea una normativa di tutela delle coste sotto un altro profilo, quello della conservazione e valorizzazione del patrimonio naturale dello Stato, prevedendo l'assoggettamento a particolare regime vincolistico di aree protette, suddivise in parchi nazionali e regionali e riserve naturali.

Con la legge n. 979 del 1982 il legislatore ha introdotto la tutela del mare e delle coste dall'inquinamento e come promozione e valorizzazione delle risorse marine. Le originarie funzioni del Ministero della Marina mercantile in materia di tutela dell'ambiente marino sono state successivamente trasferite al Ministero dell'ambiente dall'art.1 L. 24 dicembre 1993, n. 537.

Ai sensi della predetta legge il Ministero dell'Ambiente “attua la politica intesa alla protezione dell'ambiente marino ed alla prevenzione di effetti dannosi alle risorse del mare, provvedendo alla formazione, di intesa con le regioni, *del piano generale di difesa del mare e delle coste marine* dall'inquinamento e di tutela dell'ambiente marino, valido per tutto il territorio nazionale, tenuto conto dei programmi statali e regionali anche in materie connesse, degli indirizzi comunitari e degli impegni internazionali.

Tale piano, di durata non inferiore al quinquennio, è approvato dal CIPE. Con la stessa procedura sono adottate le eventuali modifiche e varianti che si rendessero necessarie in relazione alla evoluzione orografica, urbanistica, economica ed ecologica delle coste”.

Di particolare interesse per lo studio della pericolosità costiera è la delibera del CIPE del 2/08/2002 n.57, riguardante la strategia di azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia, la quale delinea le principali problematiche relative a questo tipo di territori.

Il provvedimento si riferisce, ad esempio, alla interconnessione tra la qualità dell'ambiente marino e le attività antropiche sulla terraferma che ha portato ad un degrado ambientale generalizzato dovuto alla facile esauribilità delle sue risorse; i fenomeni di erosione e di subsidenza delle fasce costiere costituiscono, infatti, un fattore di rischio per lo sviluppo del Paese.

I principali pericoli derivanti dal fenomeno della subsidenza, che secondo alcune



stime avrebbe portato le acque del Mediterraneo ad innalzarsi, nel XX secolo di 12 cm, sono, secondo gli studi del CIPE:

- (a) aumento dell'energia delle onde su coste particolarmente esposte;
- (b) conseguenze sulle strutture portuali avanzate in mare;
- (c) aumento di intensità e di frequenza delle inondazioni nelle aree deltizie;
- (d) conseguenze su insediamenti costieri soggetti alle influenze delle maree;
- (e) erosione costiera accelerata e inondazioni per l'aumento della frequenza delle tempeste,
- (f) penetrazione di acque marine nelle falde acquifere.

Tra le conseguenze del cambiamento climatico vanno annoverate anche le trasformazioni dei regimi pluviometrici, la diffusione degli incendi, la desertificazione e la degradazione dei suoli.

Altri fenomeni di rischio sono il prelevamento di biomassa, le attività estrattive e i trasporti marittimi.

Di centrale importanza in materia di difesa delle coste è la L. 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

La legge si presenta quale disciplina di settore orientata alla tutela del territorio nel versante della difesa del suolo e delle acque, incidendo nella globalità dei fenomeni naturali e degli interventi antropici che hanno ad oggetto, appunto, il territorio. Essa è concepita come legge generale sulla pianificazione dell'ambiente fisico nel nostro paese e propone una visione integrata degli interventi mirati ad assicurare la difesa del suolo ed ad attuare contestualmente il risanamento delle acque ed una gestione delle risorse idriche.

Il bacino idrografico rappresenta l'unità di misura territoriale individuata dalla legge in funzione della tutela del suolo; il piano di bacino occupa, nelle intenzioni del legislatore, la dignità di baricentro del sistema di tutela del territorio, sotto il profilo dell'assetto idrogeologico, della tutela delle risorse idriche e dell'ambiente in generale, con riferimento ai fenomeni di inquinamento.

Ai sensi della L. 183/89, il piano di bacino ha il valore di *“di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato”* (art. 17, comma 3, L. 183/89).

La consapevolezza della necessità di tempi necessariamente lunghi per pervenire alla stesura dei Piani di Bacino ha indotto il Legislatore a consentire la elaborazione di strumenti più duttili: i Piani di Bacino per sottobacini o per “Stralci” relativi a settori funzionali (art. 17, comma 6 ter, L. 183/89, introdotto dal D. L. 5 ottobre 1993 n. 398). Più che di strumenti distinti dai Piani di Bacino, si tratta di diramazione degli stessi. L'adozione dei piani stralcio non fa venir meno, infatti, la natura globale del piano e la considerazione sistemica del territorio, ma deve anzi prevedere misure inibitorie e cautelative in grado di salvaguardare i risultati del successivo Piano di Bacino (art. 17, comma 6 ter L. 183/89).

Un piano stralcio di Bacino è costituito dal Piano per l'Erosione Costiera, il quale affronta la specifica tematica della difesa delle coste. Ad esso si applica l'intera disciplina prevista per i Piani di Bacino.

La Regione Campania, con la L. R. n. 8/94 è intervenuta a dare attuazione alla L. 183/89, disciplinando la materia regionale della difesa del suolo, individuando i bacini idrografici di sua competenza, istituendo le relative Autorità di Bacino, dando assetto alle competenze, alle procedure ed all'oggetto della pianificazione di bacino. La L.R., all'art. 5, attribuisce al Comitato Istituzionale delle Autorità di Bacino Regionali il compito di predisporre e svolgere tutte le attività necessarie alla elaborazione del Piano, ferma restando la competenza degli organi regionali alla sua approvazione. La L. R., all'art. 9, ricalcando le previsioni di cui all'art. 17, comma 3, della Legge Statale n. 183/89, disciplina l'ampio oggetto del Piano di Bacino, il quale deve contenere

*“a) il quadro conoscitivo, organizzato ed aggiornato del sistema fisico, delle utilizzazioni del territorio previste dagli strumenti urbanistici comunali ed intercomunali, nonché dei vincoli, relativi al Bacino, di cui al Regio decreto - Legge 30 dicembre 1923, n. 3267, ed alle Leggi 10 giugno 1939, n. 1089 e 20 giugno 1939, n. 1497 e loro successive modificazioni ed integrazioni;*

*Legge 6 dicembre 1991, n° 394, leggi regionali 10 settembre 1993, n. 33, 21 gennaio 1993, n. 10, 2 luglio 1992, n. 4;*

*b) la individuazione e la quantificazione delle situazioni in atto e potenziali, di degrado del sistema fisico, nonché delle relative cause;*

*c) le direttive alle quali devono uniformarsi la difesa del suolo, la sistemazione idrogeologica ed idraulica e l'utilizzazione delle acque e dei suoli;*

*d) l' indicazione delle opere necessarie distinte in funzione dei pericoli di inondazione e della gravità ed estensione del dissesto, del perseguimento degli obiettivi di sviluppo sociale ed economico o di riequilibrio territoriale, nonché del tempo necessario per assicurare l' efficacia degli interventi;*

*e) la programmazione e l' utilizzazione delle risorse idriche, agrarie, forestali ed estrattive;*

*f) la individuazione delle prescrizioni, dei vincoli e delle opere idrauliche, con particolare riferimento alle opere idraulico - agrarie, idraulico - forestali, di forestazione, di bonifica idraulica, di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di ogni altro intervento o norma di vincolo o d' uso, finalizzati alla conservazione del suolo ed alla tutela dell' ambiente;*

*g) il proseguimento ed il completamento delle opere indicate alla precedente lettera f), qualora siano già state intraprese con stanziamenti disposti da leggi speciali e da leggi ordinarie di bilancio;*

*h) le opere di protezione, consolidamento e sistemazione dei litorali marini che sottendono il bacino idrografico;*

*i) la valutazione preventiva, anche al fine di scegliere tra ipotesi di governo e gestione tra loro diverse, del rapporto costi - benefici, dell' impatto ambientale e delle risorse finanziarie per i principali interventi previsti;*

*l) la normativa e gli interventi rivolti a regolare l' estrazione dei materiali litoidi dal demanio fluviale, lacuale e marittimo e le relative fasce di rispetto, specificatamente individuate in funzione del buon regime delle acque e della tutela dell' equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni e dei litorali;*

*m) l' indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell' ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi*

*di intervento antropici;*

n) le prescrizioni contro l' inquinamento del suolo ed il versamento nel terreno di discariche di rifiuti civili ed industriali che comunque possono incidere sulle qualità dei corpi idrici superficiali e sotterranei;

*o) le misure per contrastare i fenomeni di subsidenza;*

*p) il rilievo conoscitivo delle derivazioni in atto con specificazione degli scopi energetici, idropotabili, irrigui altri e delle relative portate;*

*q) il rilievo delle utilizzazioni diverse per la pesca, la navigazione od altre;*

*r) il piano delle possibili utilizzazioni future sia per le derivazioni che per altri scopi, distinte per tipologie di impiego e secondo le quantità ;*

*s) le priorità degli interventi ed il loro organico sviluppo nel tempo in relazione alla gravità del dissesto. ”*

Al testo della Legge n. 183/89, necessariamente generico ed evasivo per quanto riguarda i criteri e le modalità per la redazione del Piano di Bacino, è seguito il D.P.R. 7 gennaio 1992 recante l'atto di indirizzo e coordinamento per determinare i criteri di integrazione e di coordinamento tra le attività conoscitive dello Stato, delle Autorità di Bacino, e delle Regioni.

Il Decreto prevede, tra l'altro, la predisposizione, a cura delle Autorità di Bacino e delle Regioni, di un programma contenente una sintesi delle informazioni possedute e da acquisire, specificamente dettagliate all'art. 2, da trasmettere al Comitato Nazionale Difesa Suolo e da aggiornarsi in presenza di fenomeni o eventi straordinari. Tale programma è finalizzato allo sviluppo, coordinamento e gestione delle basi conoscitive di supporto alla pianificazione di bacino. *“Al fine di redigere i Piani di Bacino le autorità competenti fanno riferimento agli elaborati indicati nell'allegato 2”* del Decreto.

In sintesi schematica, la redazione del Piano di Bacino può essere scomposta in tre distinte fasi, che vanno realizzate non necessariamente in sequenza, ma correlate in un processo interattivo tra loro: stato delle conoscenze, individuazione degli squilibri, azioni propositive.

L'attribuzione ai piani stralcio della stessa natura ed efficacia dei piani di bacino (sia pure nell'ambito funzionale di settore) comporta la necessità che essi siano coordinati con i piani territoriali ed i programmi regionali, i piani di gestione dei rifiuti, i piani paesistici, i piani di disinquinamento delle aree ad elevato rischio di crisi ambientale, i piani generali di bonifica (art. 17 comma 4 L n. 183/89), i piani urbanistici (art. 17 comma 6). I predetti piani hanno, per espressa previsione normativa, carattere recessivo, nel senso che le varie Amministrazioni sono tenute ad adeguare gli strumenti di pianificazione al Piano di Bacino. Non sono citati nella norma i Piani dell'Ente Parco e del Piano regolatore Generale degli Acquedotti, rispetto ai quali il Piano di Bacino, ferma restando l'esigenza di coordinamento, si pone in posizione paritetica.

Le disposizioni dei piani sono immediatamente vincolanti nei confronti di amministrazioni ed Enti pubblici nonché soggetti privati (art. 17 comma 5).

Alla luce della normativa citata, deve certamente affermarsi che l'adozione del Piano Stralcio di Bacino non può prescindere da un raccordo con gli enti ed organi pubblici interessati, anche statali.

Rileva in proposito anche quanto disposto dal D. lgs. n. 112/98, il quale, in un'ottica di decentramento, ha previsto il conferimento di funzioni e compiti dello Stato

alle regioni ed agli Enti locali. Il D. lgs., all'art. 3, comma 5, stabilisce che le regioni prevedano *“strumenti e procedure di raccordo e concertazione, anche permanenti, che diano luogo a forme di cooperazione strutturali e funzionali, al fine di consentire la collaborazione e l'azione coordinata fra regioni ed enti locali nell'ambito delle rispettive competenze”*.

Alla Regione è dunque rimesso il compito di armonizzare il procedimento di approvazione e le garanzie di partecipazione.

Il trasferimento alle Regioni delle funzioni relative alla programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati costieri ha consentito di superare una situazione operativa oltremodo complessa in quanto, precedentemente alla entrata in vigore del D. Lgs. N. 112/98, anche dove era affermata la competenza regionale, rimaneva in ogni caso il parere vincolante di strutture tecniche dello Stato per l'esecuzione di lavori su proprietà demaniale marittima.

L'articolazione delle competenze in materia di difesa delle coste ha subito una lenta ma importante evoluzione nel corso del tempo.

Con la prima attribuzione delle deleghe dello Stato alle Regioni, si è avuta solo un parziale passaggio di competenze sancito dall'art. 69, 6° comma, del DPR 24 luglio 1977 n. 616, il quale disponeva: *“Le Regioni possono altresì provvedere alle opere destinate alla difesa delle coste interessanti il rispettivo territorio previa autorizzazione dello Stato”*.

La realizzazione delle opere di difesa delle coste era, però, subordinata all'autorizzazione dello Stato. L'Autorità marittima (Capitanerie di Porto) per consegnare le aree per i lavori, doveva in ogni caso acquisire il parere dell'organo tecnico preposto (Genio Civile per le Opere Marittime del Ministero dei Lavori Pubblici) il quale a sua volta poteva chiedere il conforto del parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

A modificare tale quadro di competenze ed a sancire una più ampia responsabilità regionale è intervenuta, poi, la legge 183/89 (art. 10 comma 7) che ha introdotto la piena delega della difesa delle coste alle regioni territorialmente competenti, *fatte salve le aree prospicienti i bacini di interesse nazionale*.

Con il Decreto Legislativo 112/1998, art. 89 comma 1 lett. h), infine, sono state definitivamente trasferite alle Regioni le competenze in materia.

Compete, dunque, alle Regioni, secondo quanto dispone il 4° comma dell'art. 89 del Decreto Legislativo 112/1998, *garantire l'unitaria considerazione delle questioni afferenti a ciascun bacino idrografico*.

Sarà necessario, inoltre, ai fini dell'organizzazione e realizzazione degli interventi di salvaguardia delle coste, un raccordo complessivo con tutti i soggetti interessati (uffici statali e regionali, enti locali, operatori di settore, associazioni di categoria etc.)

**INDICE**

1- CONVENZIONE.....	2
-Oggetto.....	2
-Finalità.....	3
2-PREMESSA.....	5
3-STUDI ESEGUITI.....	7
4-INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	10
-4.1-Settore litoraneo del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio e piana del fiume Sarno.....	10
-4.2- Penisola Sorrentina ed isola di Capri.....	14
5-UNITÀ FISIOGRAFICHE e TAB. I.....	18
6-CARTOGRAFIA DEL SISTEMA COSTIERO E DELLE AREE DI DIRETTA INFLUENZA.....	20
7- ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE DELLE PRATERIE DI FANEROGAME MARINE.....	24
8-ACQUISIZIONE DATI NELLO SPAZIO SOMMERSO.....	27
9-ASPETTI SEDIMENTOLOGICI.....	30
9.1-Studio dei campioni.....	30
9.2-Analisi dei dati ed interpretazione.....	31
Subunità tra San Giovanni a Teduccio e Granatello.....	32
Subunità tra il Granatello ed il porto di Torre del Greco.....	32
Subunità tra i porti di T. del Greco e di T. Annunziata.....	33
Subunità tra i porti di T. Annunziata e di Castellammare.....	36
Subunità da Castellammare di Stabia a Punta Scutolo.....	39
-Arenile Pennello.....	39
-Bagni di Pozzano.....	41
-Area sommersa Fosso Sperlonga.....	40
-Marina di Aequa.....	40
Subunità da Punta Scutolo a Punta del Capo.....	40
-Alimuri.....	40
9.3-Deriva dei sedimenti lungo costa.....	40
10-MORFODINAMICA LITORANEA E VARIAZIONI RECENTI E ATTUALI DELLA SPIAGGIA.....	45
11-EFFETTI DEI PROCESSI COSTIERI E GEOMORFOLOGIA.....	51
11.1-Settore costiero compreso tra S.Giovanni ed il porto di T. Annunziata.....	51
Subunità tra San Giovanni a Teduccio e Granatello.....	58
Subunità tra il Granatello ed il porto di Torre del Greco.....	59
Subunità tra il porto di T. del Greco ed il porto di T. Annunziata.....	62
11.2-Subunità tra il porto di T. Annunziata ed il porto di Castellammare.....	67
-Subsidenza della piana del Sarno.....	67
-Morfodinamica e sedimentologia.....	70
11.3-Settore costiero tra il porto di Castellammare e Punta Campanella.....	77
Fenomeni franosi ed evoluzione delle falesie.....	77
-Fenomeni franosi.....	77

-Falesie.....	78
-Tipi di falesia.....	81
-Spiaggia sommersa ed emersa.....	83
Subunità da Castellammare di Stabia a Punta Scutolo.....	84
Subunità da Punta Scutolo a Punta del Capo.....	91
-Terrazzo tufaceo.....	92
Subunità da Punta del Capo a Punta del Capo di Massa.....	100
Subunità da Punta Capo di Massa a Capo Corbo.....	102
Subunità da Capo Corbo a Punta di Vaccola.....	105
Subunità da Punta Vaccola a Punta Campanella.....	106
11.4-Settore costiero dell'isola di Capri.....	108
Subunità Punta del Capo - Porto di Marina Grande.....	110
Subunità Porto di Marina Grande- Punta dell'Arcera.....	112
Subunità Punta dell'Arcera- Punta di Cala del Rio.....	115
Subunità Punta di Cala del Rio- Punta del Pino.....	116
Subunità Punta del Pino - Punta Carena.....	117
Subunità Punta Carena - Punta Ventroso.....	118
Subunità Punta Ventroso - Punta di Tra gara.....	120
Subunità Punta di Tragara - Punta del Monaco.....	123
Subunità Punta del Monaco- Punta del Capo.....	125
12-REGIME METEOMARINO.....	126
13-DISCUSSIONE DEI DATI.....	136
14-FATTORI.....	DI
PERICOLOSITÀ.....	139
15-CONCLUSIONI .....	142
Bibliografia.....	147
Appendice.....	157
Indice.....	165

## ALLEGATI:

### n.1-

*Figure da n°1 a 33.*

### n.2

TAB. II- Composizione granulometrica e parametri statistici dei sedimenti di battigia e di fondo marino mobile.

Schede con analisi granulometriche e tessiturali dei sedimenti di battigia e di fondo marino mobile.

### n.3- Documentazione fotografica

*Foto da n°1 a 95*

Settore costiero Vesuviano

Settore costiero della Piana del f. Sarno

Settore costiero della Penisola Sorrentina

*Foto da n°1 a 35*

Settore costiero dell'isola di Capri.

**CARTOGRAFIA GEOTEMATICA**

**n.4**-Carta batimetrica: n.11 elementi.

**n.5**-Morfodinamica e stato di antropizzazione della fascia costiera: *album*

**n.6**-Carta geomorfologica del sistema costiero: *album*

**n.7**-Ubicazione delle stazioni di campionatura dei sedimenti: n. 1 carta.

**n.8**

**8a**-Zonazione del valore medio della distribuzione di frequenza dei sedimenti (Mz)- (Piedimonte Vesuviano e Golfo di Castellammare): n. 1 carta.

**8b**-Distribuzione areale del valore medio della distribuzione di frequenza dei sedimenti (Mz)- (Penisola Sorrentina): n. 1 carta.

**n.9**-Distribuzione areale della deviazione standard ( $\sigma_I$ ) dei sedimenti: n. 1 carta

**n.10**-Distribuzione areale del coefficiente di asimmetria ( $SK_I$ ) dei sedimenti: n.1 carta.

**n.11**-Distribuzione areale della frazione fine dei sedimenti ( $<4 \phi$ ): n.1 carta.

**n.12**-Vettori di transito:

**12a**-sabbie grossolane: n. 1 carta

**12b**- sabbie medie: n. 1 carta

**12c**- sabbie fini: n. 1 carta

**n.13**- Carta della pericolosità