

## **Le *pocket beach* di Vulcano (Isole Eolie, Sicilia): analisi morfo-sedimentologica**

**Luca Antonio Dimuccio<sup>1</sup> e Giuseppe Mastronuzzi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, Largo Marques de Pombal, 3049 Coimbra, Portugal (luca47@hotmail.com).

<sup>2</sup> Sezione di Geografia Fisica e Geomorfologia, Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università degli Studi di Bari, Via E.Orabona 4, 70125 Bari, Italy (g.mastrozz@geo.uniba.it).

### **Riassunto**

Le *pocket beach* delle profonde insenature di Porto Levante e di Porto Ponente dell'Isola di Vulcano sono caratterizzate da materiale assai eterogeneo di provenienza terrigena. I sedimenti che le alimentano derivano quasi esclusivamente dall'erosione dei corpi rocciosi della fascia costiera da parte degli agenti meteomarinari. L'assenza di un significativo reticolo idrografico rende pressoché nulli gli apporti fluviali.

Negli ultimi 30 anni particolarmente pesante è stata l'urbanizzazione dell'Isola; essa ha visto la costruzione di opere portuali e di difesa nelle due insenature, nonché di insediamenti abitativi ad uso stagionale sull'istmo che separa Vulcano da Vulcanello. L'analisi integrata della cartografia storica, di successive levate aereofotogrammetriche, dei caratteri morfologici e sedimentologici delle spiagge indica la presenza di fenomeni erosivi in atto, particolarmente accentuati a partire dal 1976. Essi sembrano connessi, più che a diminuzione dei contributi solidi o a variazioni del clima meteomarinario non supportate da dati reali, alle recenti opere di urbanizzazione mal ubicate nonché alla probabile subsidenza dell'Isola.

### **Abstract**

*The Vulcano Island, in the Eolian Archipelago, represents a volcanic ring structure in the Thyrrenian Sea to the NE of Sicily; its volcanism is similar to the one in the circum-pacific area. The erection of the archipelago started during the Lower Pleistocene, and the Vulcano Island was formed during the Upper Pleistocene. Its last eruption was recorded in 1888-1890. The Vulcano Mount's base is at the bottom of Thyrrenian Sea, at a depth of 1000 m; the island is about 380 m high above m.s.l. Two calderas are recognisable: the older one, named Piano, is cut through by the younger one called La Fossa. Another eruptive centre is represented by the Vulcanello peninsula that joined to the Vulcano mount during the 1550 a.C. eruption. The island is elongated NW-SE; the highest cliffs have formed in correspondence of the tectonic features. The main inlets, Porto Ponente and Porto Levante, are bordered to the South by high cliffs, to the North by the low, rocky coast of Vulcanello and landward by the isthmus between Vulcano and Vulcanello; inside these inlets the only permanent pocket beaches of Vulcano Island can be found. The pocket beach of Porto Ponente is elongated NE-SW, exposed to the direction of the main fetch (about 330 n.m.) and winds. The bottom of the inlet (from 30 m of depth - where the local shelf break is placed - until about 10 m) is characterised by blocks and gravels coming from the cliff and by coarse sand covered by *Posidonia oceanica*; between 10 and 1.5 m of depth it is constituted by pebbles and sands. The beach is composed of coarse sand, but behind the breakwater, to the NE, and the pier, to the SW, fine sands can be found.*

*The pocket beaches of Porto Levante are elongated N-S; a stack near a beach rock divides them. In correspondence of the stack a little harbour was built in the 70's with one pier and one quay. The bottom of the inlet is very narrow from a depth of about 15 m, which represents the local shelf break. Sediments with *Cystoseira* sp. and *Caulerpa* no-*

*dosa cover the inlet. These sediments are coarse sands with pebbles to the N, whereas fine sands have been found near the stack and over the beach rock. Coarse sandy gravels and blocks coming from the cliff constitute the southernmost beach sediments. Terrigenous sediments coming from the erosion of the coast by waves and wind nourish the permanent beaches of Vulcano; the contribution of erosion by continental waters is neglectable as well as the bioclastic material. The analyses of aerial photos and cartography suggest a shoreline's retreat of about 17 metres from 1958 to 1987. At Porto Ponente the retreat rate is low but constant in time. At Porto Levante the retreat rate is higher since the end of 70's, which is when the construction of the harbour was completed; the maximum retreat rate has been of about 6-9 meters from 1978 to 1987. Only to the north of the harbour it is possible to recognise a prograding beach, which is an effect of the harbour structures on the sediment drifting from North to South. The small extent of the beaches, the isthmus orography and the subsidence trend - suggested by beach rock well below sea level - are factors of hazard. Touristic structures are exposed to a risk of erosion and sea flooding in correspondence of strong sea-storms.*

## Introduzione

L'Isola di Vulcano, come tutto l'arcipelago eoliano, ha subito negli ultimi decenni una forte pressione antropica. A causa delle caratteristiche fisiografiche dell'Isola, questa è stata concentrata nella lingua di terra che unisce Vulcano a Vulcanello, e si è materializzata con la costruzione di importanti strutture ricettive turistiche. L'istmo rappresenta, insieme alle falesie ed ai versanti degli edifici vulcanici, la fonte a terra dei sedimenti che alimentano le *pocket beach* di Porto Levante e Porto Ponente. Lungo queste spiagge, a partire dagli anni '60, sono state costruite le banchine e i moli che oggi consentono l'approdo all'isola e ne facilitano l'evacuazione in caso di necessità.

Il presente studio si propone di verificare l'impatto esercitato da queste opere sulla naturale dinamica delle spiagge, quantificando gli eventuali condizionamenti indotti. Nella impossibilità di costruire una mappa completa dei parametri tessiturali, data l'estrema variabilità – spaziale e temporale - dei contributi sedimentari e conseguentemente delle loro variazioni non lineari che pure condizionano il corretto campionamento del sedimento, lo studio è stato condotto attraverso il confronto della cartografia disponibile con le successive levate aereofotogrammetriche, integrato dall'analisi dei dati meteomarini, dalla caratterizzazione morfologica e biocenotica dei fondali e di quella tessiturale dei sedimenti.

## Inquadramento dell'area

Le Isole Eolie sono a circa 15 miglia nautiche dalla costa settentrionale della Sicilia (Fig.1). Formano un allineamento con direzione circa E-O, da Alicudi a Stromboli, interrotto da Salina, Lipari e Vulcano disposte grosso modo in senso NNO-SSE. Con i monti sottomarini di Glauco, Sisifo, Enarete, Eolo, Lametini, Alcione e Palinuro costituiscono una struttura ad anello che si erge dai fondali del Tirreno meridionale, di natura simile a quella dei vulcani degli archi insulari circumpacifici (Beccaluva et al., 1985). L'area di subduzione è ben lontana: corre parallelamente alla costa calabra nel Golfo di Taranto e nel Mar Ionio. Il magma è di origine sub-crosta e, con ogni probabilità, proviene dal mantello superiore (Barberi et al., 1974; Ellam et al., 1989). La costruzione dell'arcipelago è avvenuta in due fasi: fra il Pleistocene inferiore e medio si formarono Alicudi, Filicudi e Panarea; nel Pleistocene superiore si sono completate Salina e Lipari e si sono formate Stromboli e Vulcano (Cortese et al., 1986). Sono oggi attivi i vulcani di Lipari, Stromboli e Vulcano, la cui ultima eruzione risale però al 1888-1890 (Mercalli et al., 1891).

L'edificio di Vulcano ha base ad una profondità di circa 1000 m e diametro di circa 15 km, è allungato in direzione NO-SE, quella dei lineamenti morfotettonici principali (Frazzetta et al., 1982; Romagnoli et al., 1989; Rossi et al., 1990; Gabbianelli et al., 1991; Ventura, 1994; Tramontana et al., 1996). I versanti sommersi dell'edificio vulcanico sono ben differenti fra loro: quello occidentale è con pendii regolari, scarse strutture NO-SE e con un'ampia piattaforma tardo quaternaria a -115 m; quello orientale è molto irregolare per la presenza di marcate incisioni e ripide dorsali orientate in direzione NE-SO, specie dinanzi il Porto di Levante (Fig. 1).

La parte emersa è caratterizzata dalla presenza di due ampie caldere. La bocca eruttiva più importante è La Fossa, a circa 380 m nella omonima caldera che tronca quella più antica dell'isola, detta del Piano (Frazzetta e La Volpe, 1991). La parte più settentrionale dell'isola è rappresentata dalla penisola di Vulcanello, formatasi in seguito alla recente apertura di una nuova bocca eruttiva. La superficie dell'isola è segnata da lineazioni con direzione NO-SE a cui corrispondono, lungo il perimetro costiero, le più alte falesie (Fig. 1). In pianta la penisola di Vulcanello, saldata al resto dell'isola da un istmo in seguito alle fasi eruttive del 1500 d.C. (Bullard, 1976), costituisce l'unica grande articolazione di Vulcano. Essa limita a nord le due insenature di Porto Levante e Porto Ponente nelle quali sono comprese le uniche spiagge permanenti dell'isola; esse, per i propri caratteri, possono essere indicate con il termine più appropriato di *pocket beach* (Fig. 2 e Fig. 3). Le profonde insenature sub parallele ubicate lungo la costa nord-occidentale dell'isola sono caratterizzate invece da alte falesie con al piede *pocket beach* stagionali la cui presenza è funzione delle condizioni meteoromarine.

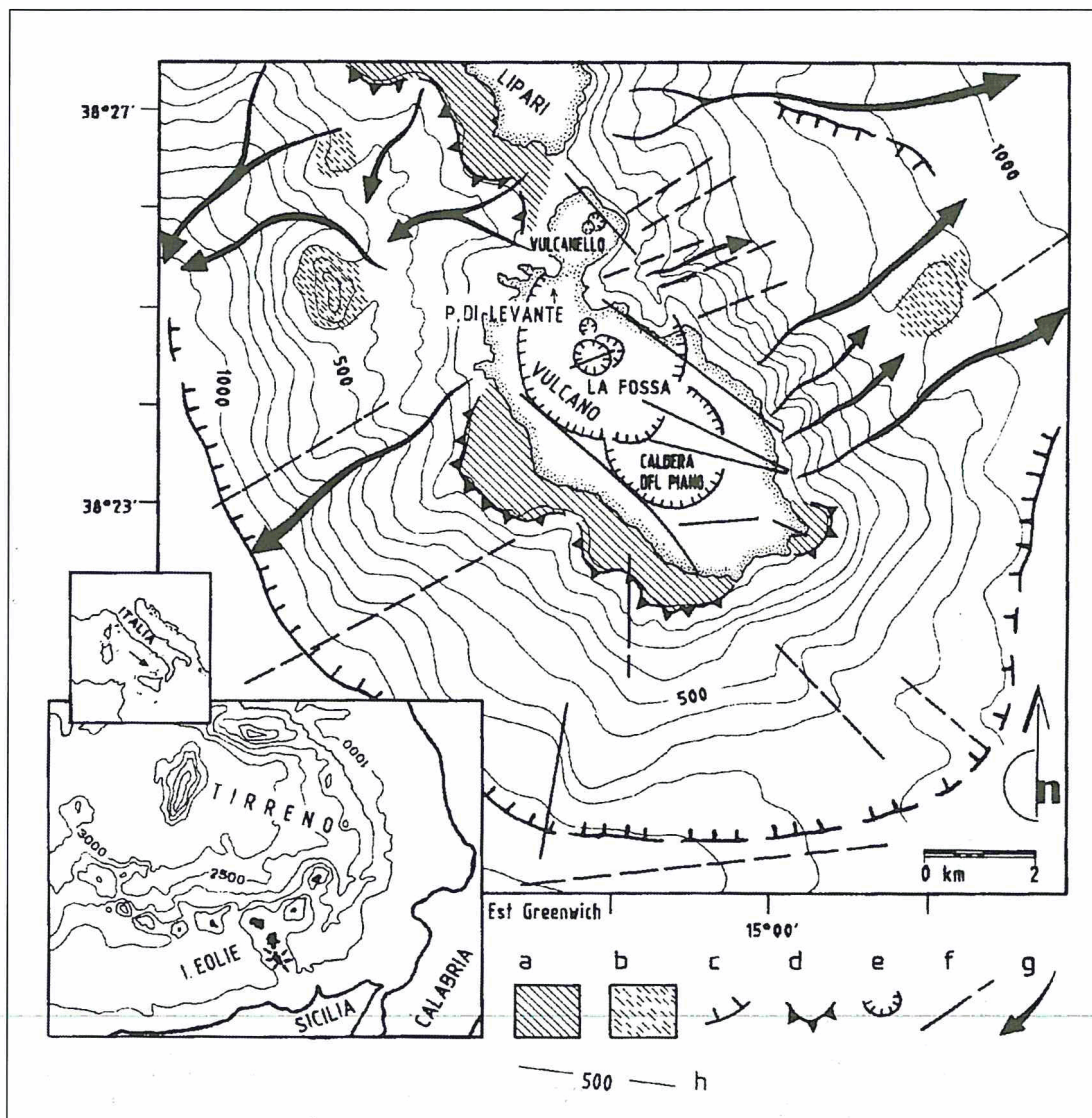


Figura 1 - Ubicazione geografica e schema morfologico dell'Isola di Vulcano: a - piattaforma; b - apparati vulcanici minori; c - base del cono vulcanico; d - limite della piattaforma; e - caldere e bocche eruttive; f - faglie; g - valli e canyons; h - batimetriche in metri (da: Gabbianelli et al, 1991 - modificata).

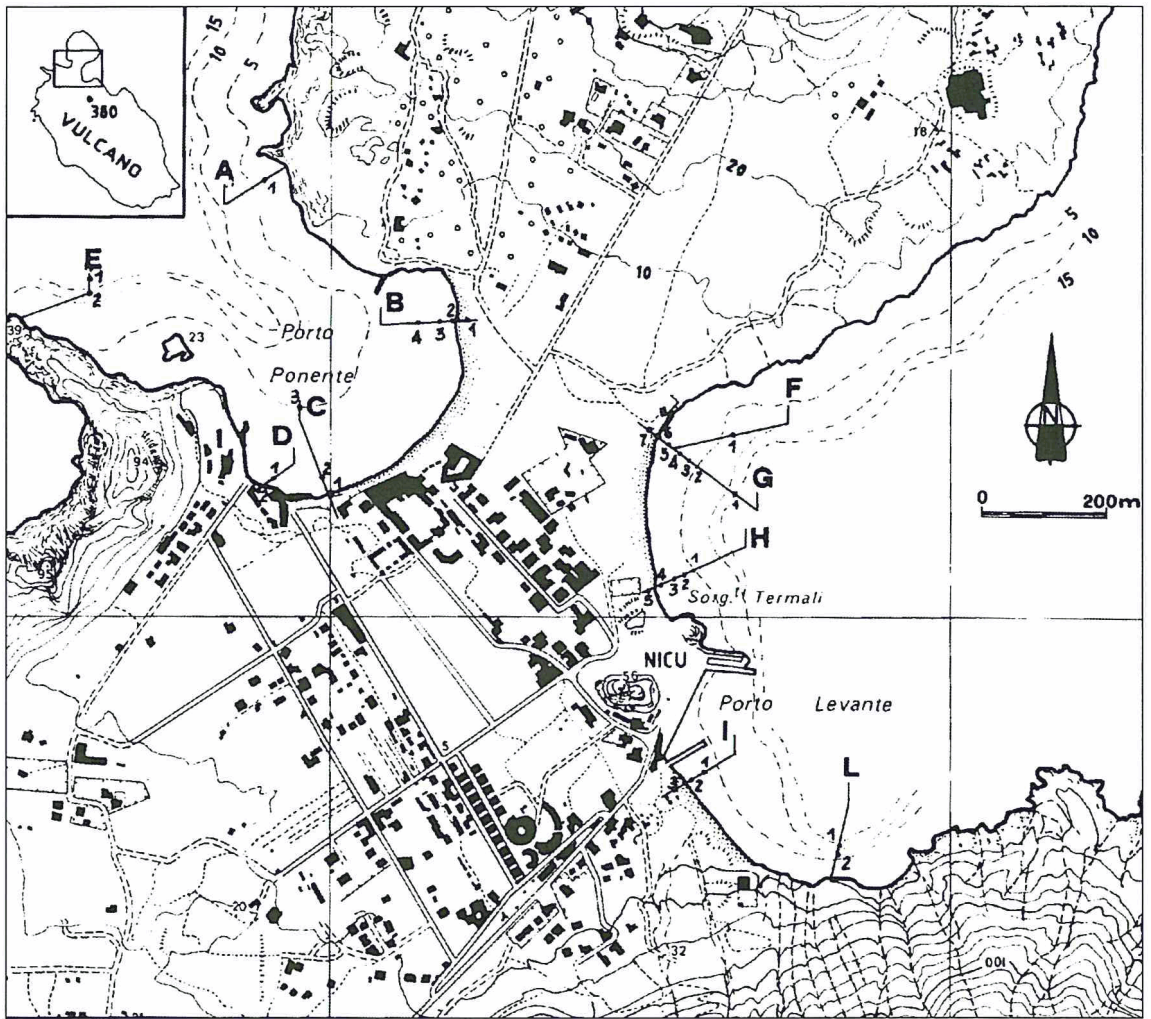


Figura 2 - Porto Levante e Porto Ponente con ubicazione dei transetti e dei relativi punti di prelievo dei campioni di sabbia studiati (le isobate a tratteggio sono riferite alla Carta Nautica del 1991). Nel Porto Levante è evidente la banchina per il servizio turistico in posizione centrale; nel Porto Levante è evidente la scogliera frangionde ed a SO la banchina della Protezione Civile.

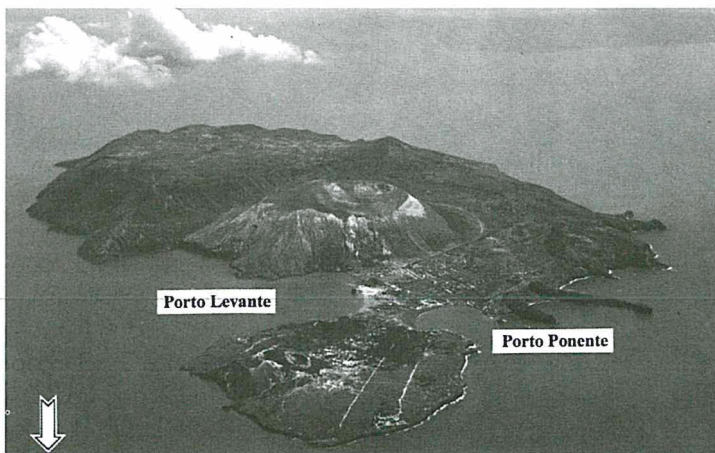


Figura 3 - Veduta aerea dell'Isola di Vulcano, ripresa da nord nel 1988, in cui sono ben evidenti, fra Vulcano a sud e Vulcanello a nord, le due insenature Porto Levante e Porto Ponente (Prop. Ris. Mimmo Belletti, Lipari 1988 - A.M.C.).

### Analisi morfo-sedimentologica delle spiagge

La *pocket beach* di Porto Ponente è all'interno di una insenatura, aperta a NO, che si approfondisce per circa 800 m fra alte falesie a SO e coste basse rocciose, con alcune basse falesie all'imboccatura, a NE. La spiaggia si estende per circa 600 m con profondità che oggi solo occasionalmente raggiunge i 10 m; verso terra essa è limitata da un terrapieno naturale, vegetato, sul quale in più casi sono state costruite strutture turistiche permanenti. Le opere di antropizzazione sono rappresentate dalla banchina della Protezione Civile all'estremità sud-occidentale e da una scogliera frangionde a protezione di strutture turistiche verso quella nord-orientale (Fig. 2). L'insenatura ha fondali poco acclivi (Fig. 4); la ripida scarpata, che rappresenta il versante del cono vulcanico, parte circa in corrispondenza dell'isobata 30 m, ben oltre il limite esterno della baia. Tra la linea di riva e circa 10 m di profondità il fondale in tutta la baia è rappresentato da sabbia grossolana, ghiaia e massi dispersi. A partire dalla isobata 10 m si riconoscono anche colonizzazioni di *Posidonia oceanica* (L.) DELILE su *mattes*.

Le *pocket beach* di Porto Levante sono all'interno di un'insenatura ben più ampia, compresa fra l'edificio di Vulcano e quello di Vulcanello; alte falesie le delimitano a sud, mentre coste rocciose basse con occasionali basse falesie fanno da cornice a nord. Le spiagge, orientate circa in direzione N-S, sono interrotte e separate fra loro dal faraglione Nicu, alla cui base è stata approntata la banchina per il servizio turistico (Fig. 5). Anche in questo caso la profondità delle spiagge è limitata a circa 15 m; il terrapieno naturale, che in alcuni casi assume i caratteri di duna e che le limita verso terra, è meno interessato dalla costruzione di edifici ad uso residenziale estivo.

Nella porzione centrale della baia, a nord del faraglione, in corrispondenza di venute idrotermali sottomarine, ormai ben al di sotto il livello medio del mare, ad una profondità di circa 1,5 m, si riconosce anche un corpo roccioso tabulare, di natura sedimentaria, fratturato e caratterizzato da debole pendenza verso mare. Da un punto di vista morfologico esso presenta tutti i caratteri di una *beach rock* (Dalongeville e Sanlaville, 1982; De Muro e Orrù, 1998).

I campioni esaminati sono costituiti da clasti vulcanici di varie dimensioni, interessati da processi di continentalizzazione, evidenziati dalla presenza di patine di ossidi e/o idrossidi di ferro. Osservati al microscopio in sezione sottile i diversi clasti risultano tenuti insieme da una matrice limosa giallastra in associazione ad una meno frequente biancastra, entrambe non carbonatiche (Fig. 6). La cementazione carbonatica è molto scarsa, mentre ben evidente appare la silice opalina precipitata in ambiente subaereo. Questa tessitura, messa a confronto con quella delle *beach rocks* a cemento carbonatico (Purser, 1980), nonché l'aspetto morfologico del corpo roccioso consentono di avvalorare l'ipotesi di una *beach rock* consolidatasi già in ambiente subaereo e poi sommersa. In ambiente subacqueo si è prodotto poi l'ulteriore riempimento dei vuoti con sabbia e limo. Non sono stati rinvenuti elementi utili a definire l'età del corpo roccioso e/o il momento di sommersione.

Nell'insenatura i fondali sono poco acclivi sino alla isobata 15 m (Fig. 7); oltre di essa inizia il ripido pendio che porta a 400 m di profondità. I fondali sono colonizzati da abbondante e diffusa copertura di *Cystoseira* sp. e da macchie di *Cymodocea nodosa* (UCARIA) ARESHOUG e di *Caulerpa prolifera* (FORSSKAL). Queste ultime sono presenti in particolar modo a nord (transetti F e G, Fig. 7), mentre sono pressoché assenti in corrispondenza delle fumarole sottomarine presenti subito a nord del faraglione Nicu (transetto H, Fig. 7). Alla estremità meridionale di Porto Levante, vi sono grossi blocchi di crollo delle dimensioni massime di una decina di metri cubi, provenienti dall'alta falesia (transetto L, Fig. 7); all'estremità settentrionale i blocchi, più piccoli (transetto G, Fig. 7), sono alternati a ciottolame proveniente dallo sgretolamento dei blocchi della costa bassa e delle poco alte falesie.

Durante la campagna EOCUMM Eolie'95, condotta nel luglio del 1995, operatori subacquei supportati da gommone di appoggio, mediante carotiere a mano hanno raccolto 30 campioni di sedimento lungo transetti circa perpendicolari alla linea di riva (Fig. 2), sulla cresta della berma ordinaria, sulla battigia e, in funzione delle asperità del fondale, in corrispondenza delle principali rotture di pendenza (Figg. 4 e 7). In alcuni casi lungo lo stesso transetto non si sono potuti raccogliere ulteriori campioni poiché il fondale era caratterizzato da blocchi o da ciottolame grossolano.

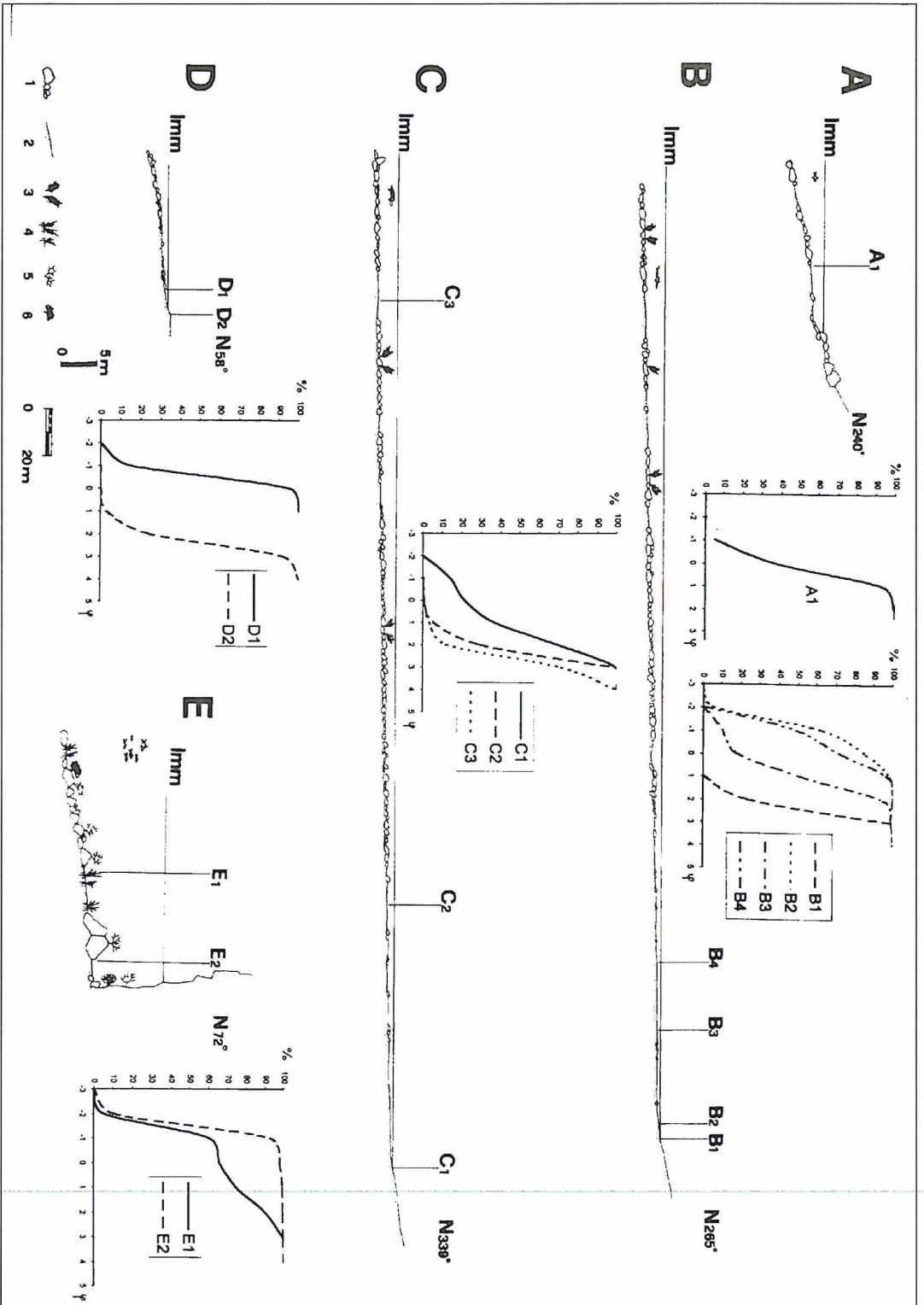


Figura 4 - Profili morfologici attuali dei fondali di Porto Ponente con ubicazione dei campioni esaminati e rispettive curve granulometriche: 1 - blocchi e ciottoli; 2 - fondale sabbioso; 3 - *Posidonia oceanica*; 4 - *Posidonia oceanica*; 5 - colonizzazioni ad Anozoi; 6 - colonizzazioni a Briozoi; N240° - direzione del transetto.

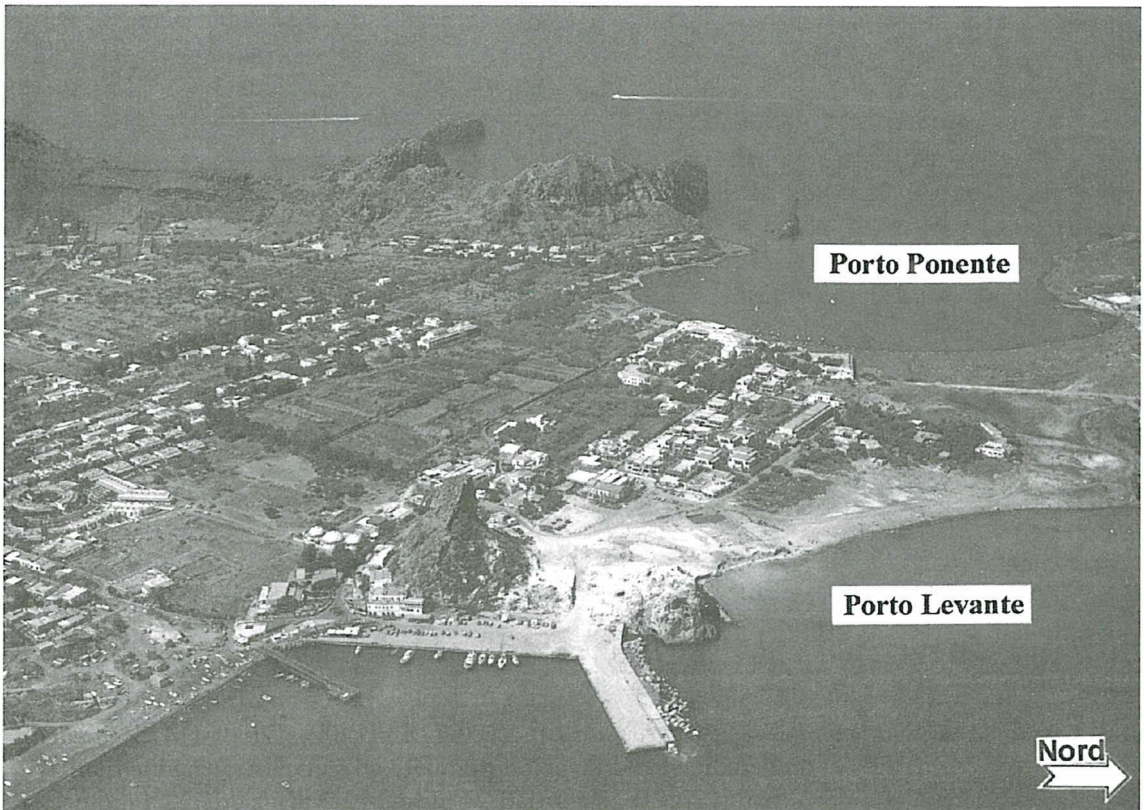


Figura 5 - Veduta aerea del 1986 dell'istmo fra Vulcano e Vulcanello. In primo piano Porto Levante in cui si riconosce la spiaggia emersa interrotta dal faraglione Nicu e dalla banchina per il servizio turistico; sullo sfondo Porto Ponente (Prop. Ris. Mimmo Belletti, Lipari 1986 - A.M.C.).

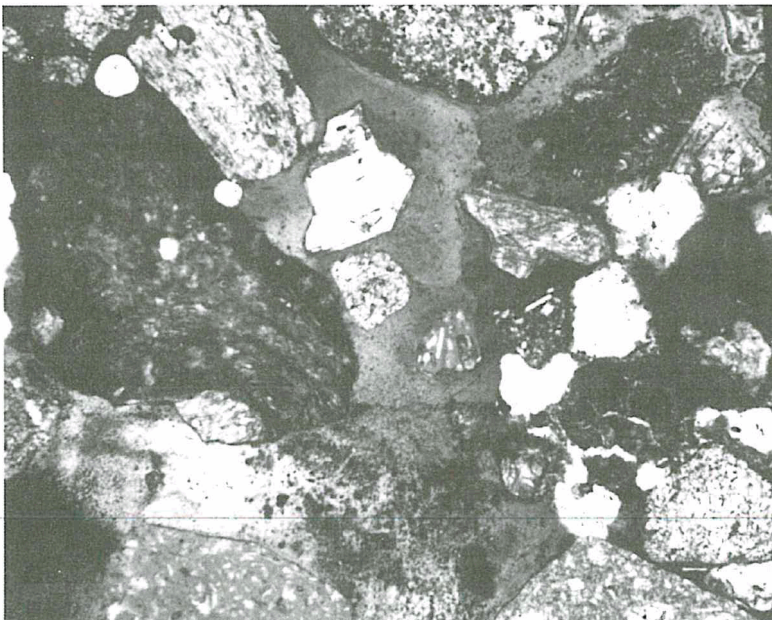


Figura 6 - Sezione sottile (38x) a nicol incrociati di *beach rock* di Porto Levante. In evidenza la matrice limosa di fango siliceo con veli di ossidazione che permea e lega i frammenti piroclastici.

L'ubicazione cartografica dei campioni è stata possibile grazie allo stendimento di transetti e di rilevamenti a terra. Dai dati granulometrici sono stati ricavati i parametri statistici (Tab. 1) utilizzando le formule di Folk e Ward (1957).

I sedimenti analizzati sono rappresentati da sabbie terrigene, con scarsissima componente bioclastica (circa 2%), con ampio spettro dimensionale, essenzialmente di tipo unimodale, da ben classate a moderatamente classate, con ampia variazione di  $Sk_1$ ; il Kurtosis indica uno spettro di distribuzione da platicurtica a molto leptocurtica. La frazione maggiore di  $4\phi$  è poco rappresentativa (< 1%).

Lungo il transetto A della spiaggia di Porto Ponente (Fig. 4) si ha una sabbia grossolana, moderatamente ben classata, asimmetrica negativa e leptocurtica. Lungo il transetto B le caratteristiche delle sabbie cambiano significativamente da luogo a luogo: in corrispondenza della spiaggia emersa è una sabbia fine, molto ben classata, asimmetrica negativa e molto leptocurtica; il materiale di battigia è invece una sabbia molto grossolana, moderatamente ben classata, con asimmetria molto positiva e mesocurtica. Le stesse caratteristiche si ritrovano poi a profondità fra 1 e 2 m; fra la battigia e circa 1 m di profondità la sabbia è grossolana, discretamente classata, mesocurtica ma con asimmetria negativa. Lungo il transetto C il materiale di battigia è una sabbia medio-grossolana, mediamente classata, asimmetrica negativa e platicurtica; da circa -1 a -5 m la sabbia diventa fine, discretamente classata, con una coda di materiale grossolano, via via meno importante con l'aumentare della profondità, e leptocurtica. Lungo il transetto D è una sabbia grossolana ben classata, perfettamente simmetrica e mesocurtica in corrispondenza della battigia, e sabbia fine, discretamente classata, simmetrica e leptocurtica sulla spiaggia. Al largo il materiale è rappresentato da ghiaie grossolane e blocchi. Lungo il transetto E, il fondale a -14 m, pur essendo costituito da materiale di frana per scalzamento del piede della falesia, è rappresentato da una ghiaia discretamente classata, molto leptocurtica e priva quasi del tutto della coda sabbiosa. A -18 m invece lo stesso materiale è mescolato con una discreta quantità di sabbia, verosimilmente trasportata dalle correnti di fondo.

Nel tratto più settentrionale delle due *pocket beach* di Porto Levante (Fig.7), sui fondali a circa -6 m, le sabbie, raccolte in sacche fra i blocchi provenienti dalla vicina costa rocciosa bassa (transetto F), sono fini, con asimmetria negativa e leptocurtiche. Lungo il transetto G c'è una netta ripartizione di tipi di materiali: uno di sabbia molto grossolana, moderatamente classata, ad asimmetria leggermente positiva e mesocurtica, in corrispondenza della battigia; un altro di sabbia fine, moderatamente classata al largo, ed infine sabbie medie o leggermente grossolane, per lo più discretamente classate e quasi sempre simmetriche e mesocurtiche, sia in zona sommersa sia in zona emersa.

Lungo il transetto H l'effetto ostacolo esercitato dalla *beach rock* condiziona la granulometria, tanto che l'osservazione delle curve indica una situazione anomala, sia in zona emersa che in quella sommersa prossima alla riva: ad esempio la presenza a -4,5 m di sabbia più grossolana di quella a -3,5 m. L'affioramento della *beach rock* entro i 3 m di profondità ostacola la deriva e contribuisce, con il faraglione e le opere portuali immediatamente più a sud, a trattenere il sedimento più fine.

Per quanto riguarda la spiaggia meridionale, lungo il transetto I, in zona emersa si ha una sabbia molto grossolana, discretamente classata, simmetrica e mesocurtica; in zona di battigia si ha sabbia di uguale tessitura e classazione, ma platicurtica e con asimmetria negativa; infine in zona sommersa è un ghiaietto, discretamente classato, con asimmetria molto positiva ed accentuata leptocurticità. Lungo il transetto L il materiale dei fondali è costituito da sabbie medie moderatamente classate, da simmetriche ad asimmetriche negative e sempre leptocurtiche.

### Analisi dei dati topografici

Dell'Isola di Vulcano sono disponibili le carte topografiche in scala 1:50000 del 1868, le tavolette IGM a scala 1: 25000 del 1958 e del 1978, la cartografia nautica dell'Istituto Idrografico della Marina aggiornata sino al 1991, nonché le levate aereofotogrammetriche della Regione Sicilia degli anni 1976 e 1987. Sulle tavolette e sulle foto aeree sono stati individuati capisaldi rappresentati da edifici presenti in entrambi i rilievi; da essi, lungo rilevamenti costanti, sono state misurate distanze rispetto alla linea di riva mediante uno stereoscopio rapportatore.



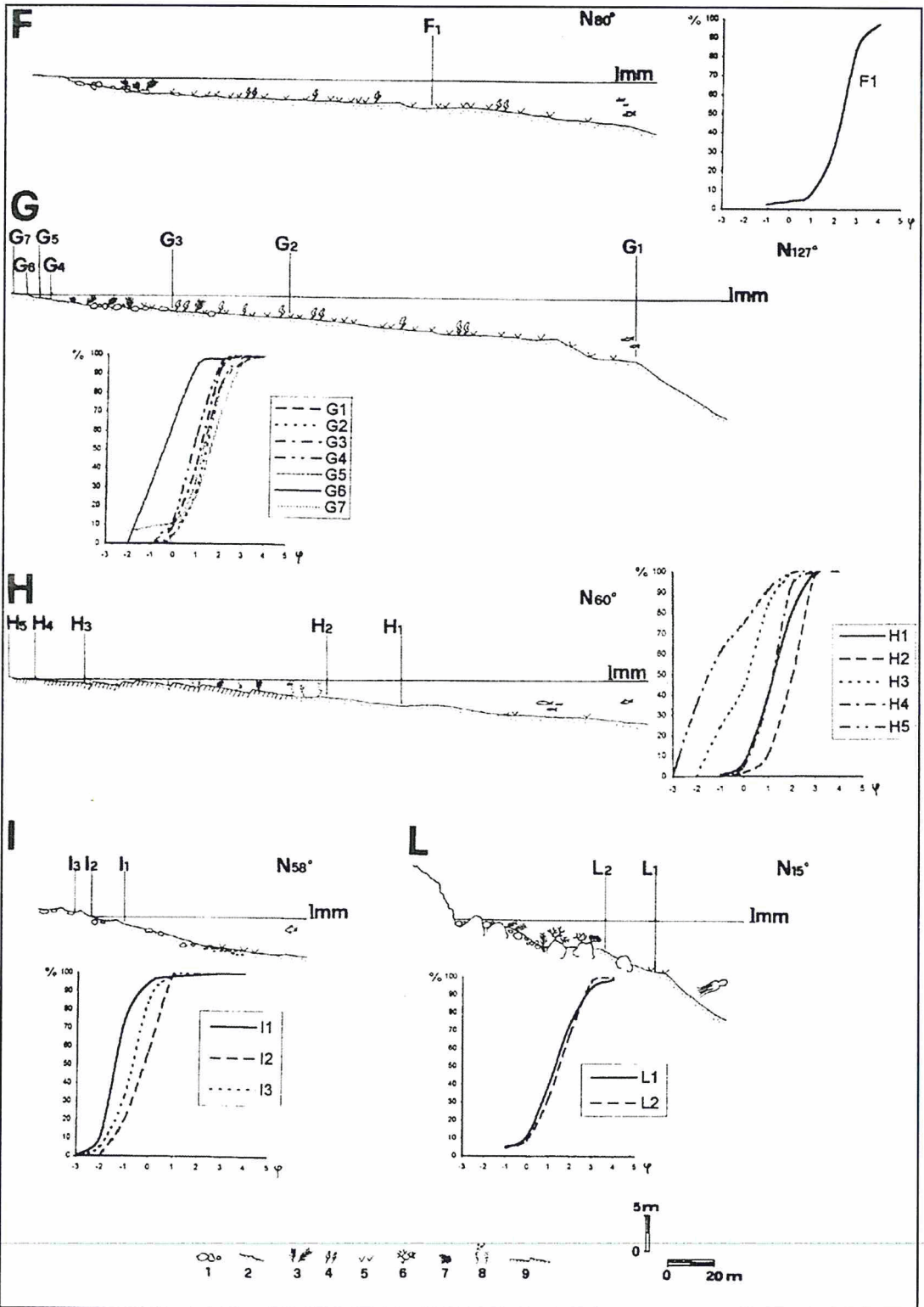


Figura 7 - Profili morfologici dei fondali attuali di Porto Levante con ubicazione dei campioni esaminati e rispettive curve granulometriche: 1 - blocchi e ciottoli; 2 - fondale sabbioso; 3 - *Cystoseira* sp.; 4 - *Caulerpa prolifera*; 5 - *Cymodocea nodosa*; 6 - colonizzazioni ad Antozoi; 7 - colonizzazioni a Briozoi; 8 - emanazioni di CO<sub>2</sub>; 9 - beach rock; N80° - direzione del transetto.

Tabella 1 - Parametri granulometrici dei campioni esaminati secondo le formule di Folk e Wards (1957) ed indicazioni sulla profondità di prelievo dei campioni stessi. L'ubicazione dei campioni è indicata nelle Figure 2, 4 e 7.

Campione	Mz	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K <sub>G</sub>	Profondità (m)
A1	0,15	0,63	-0,13	1,15	-3,0
Porto di Ponente					
B1	2,25	0,33	-0,25	1,78	0,8
B2	-0,95	0,65	0,47	1,10	0,0
B3	0,78	1,00	-0,22	1,07	0,8
B4	-0,58	0,73	0,42	0,74	-1,5
C1	1,05	1,26	-0,38	0,84	0,0
C2	2,10	0,58	-0,31	1,49	-1,5
C3	2,68	0,66	-0,15	1,34	-5,0
D1	-0,60	0,36	0,00	0,98	0,0
D2	2,32	0,55	-0,11	1,33	0,5
E1	-0,43	1,48	0,66	0,67	-18,0
E2	-1,58	0,55	0,23	1,64	-14,0
F1	2,22	0,88	-0,23	1,47	-6,0
Porto di Levante					
G1	1,35	0,78	0,04	1,11	-13,5
G2	1,40	0,71	-0,04	1,09	-4,0
G3	1,05	0,69	-0,08	1,05	-3,0
G4	0,87	0,74	-0,12	1,10	-1,5
G5	1,48	1,12	-0,26	1,26	-1,0
G6	-0,45	0,95	0,13	0,94	0,0
G7	1,33	0,72	0,04	0,92	0,5
H1	1,28	0,81	-0,04	0,99	-4,5
H2	1,95	0,69	-0,34	1,05	-3,5
H3	0,03	0,95	-0,12	0,69	-0,5
H4	1,13	0,63	-0,04	1,08	0,0
H5	-0,83	1,05	0,53	0,78	0,5
I1	-1,32	0,72	0,35	1,95	-1,5
I2	-0,27	0,57	-0,25	0,66	0,0
I3	-0,70	0,62	0,02	1,08	1,0
L1	1,33	1,15	-0,05	1,11	-12,0
L2	1,47	1,15	-0,13	1,20	-7,5

Dal confronto dei valori misurati appare evidente che tanto le *pocket beach* del Porto Levante tanto quella di Porto Ponente mostrano, fra il 1958 e il 1987, sensibili arretramenti (Fig.8 e Tab.2); essi su rilevamenti circa perpendicolari alla linea di riva raggiungono il valore massimo di 17 m nell'insecurità di Porto Levante (E4 e B2 in Tab. 2).

Fonti rappresentate da operatori turistici locali (Conti, comm. pers.) indicano arretramenti dell'ordine di circa quaranta metri delle spiagge di Porto Ponente, che si sarebbero manifestati a partire dagli anni sessanta; essi non sono comunque supportati da dati ufficiali.

Particolarmente sensibile all'antropizzazione è la spiaggia posta a sud del faraglione Nicu e del porto turistico. Sino alla metà degli anni '70, quando furono iniziati i lavori di costruzione della banchina e del molo, la *pocket beach* era in lento accrescimento, ma con il completamento delle opere portuali la spiaggia ha invertito la sua tendenza. A nord delle opere portuali, invece, la *pocket beach* era sostanzialmente stabile sino alla metà degli anni '70; con il completamento delle opere la parte più meridionale della spiaggia è rimasta in equilibrio o addirittura in lenta crescita, mentre quella settentrionale è sensibilmente arretrata. Le strutture portuali hanno interrotto una lenta deriva litorale diretta da nord a sud. La *pocket beach* di Porto Ponente mostra invece un arretramento, lento e continuo nel tempo, che non pare essere stato accelerato dalla costruzione della banchina della Protezione Civile.

Tabella 2 - Distanze dai capisaldi alla linea di battigia desunte dai rilievi disponibili e evidenziati in Figura 8.

	Sigla distanza(in m)	Carte storiche (anni)			
		1958	1976	1978	1987
Porto di Ponente	A6	83	67	67	61
	A7	101	90	90	85
	A8	251	248	255	248
	D6	153	138	138	134
	D7	263	260	260	255
	D8	417	417	422	430
Porto di Levante a Nord	B1	218	216	216	210
	B2	167	159	159	150
	B3	239	235	232	234
	C1	250	244	244	237
	C2	107	100	100	97
	C3	65	62	62	65
Porto di Levante a Sud	E4	114	118	103	97
	E5	175	178	166	164
	F4	143	149	140	135
	F5	159	164	152	150

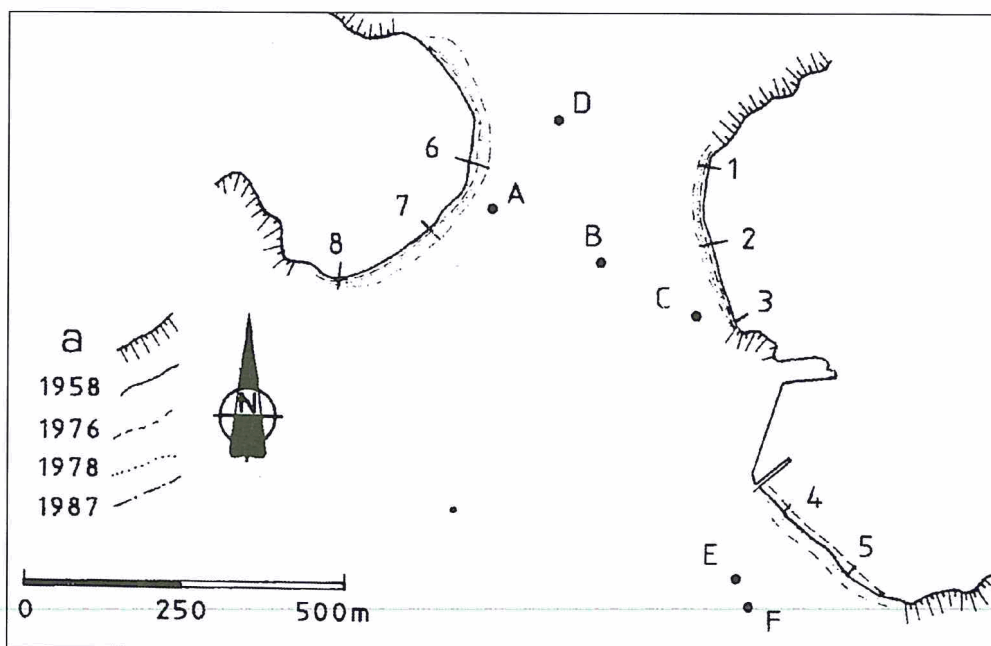


Figura 8 - Linee di riva delle spiagge di Porto Levante e Porto Ponente fra il 1958 e il 1987 ricavate dalle carte topografiche IGM al 25000 del 1958 e del 1978, e da foto aeree del 1976 e del 1987; a - coste rocciose. Le lettere maiuscole indicano i capisaldi individuati a terra in corrispondenza di costruzioni fisse nel tempo; i numeri indicano i transetti rispetto ai quali dai capisaldi sono state ottenute le misure riportate in Tabella 2.

**Caratteri meteomarini**

Per la definizione del regime anemometrico sono stati utilizzati i dati - rilevati direttamente sull'Isola - forniti dall'Istituto Internazionale di Vulcanologia del C.N.R. di Catania, quelli della stazione meteorologica di Lipari-Castellaro (Cicala, 1987) e quelli della stazione meteorologica dell'Isola di Stromboli (Istituto Idrografico della Marina, 1979). I venti regnanti e dominanti sono quelli occidentali, in particolare del IV quadrante (Fig. 9); ad essi corrisponde il massimo fetch della spiaggia di Porto Ponente (valutato in circa 331 miglia nautiche). In particolare i dati disponibili indicano come venti dominanti quelli da NW e solo limitatamente ai mesi di novembre, dicembre, marzo e aprile quelli da SE, comunque subordinati ai primi. Di conseguenza le mareggiate più significative (mare 6-8) sono quelle del IV quadrante (limitate quelle del III); esse raggiungono la massima intensità nei mesi di gennaio, aprile e ottobre, con frequenze massime di due giorni/mese in gennaio e febbraio (mare 7-8). Il moto ondoso che ne deriva giunge all'imboccatura dell'insenatura molto poco attenuato; alla sua energia è da imputare il veloce arretramento delle falesie, instabili per le caratteristiche del corpo litologico e per la loro altezza, e la conseguente presenza di grosse quantità di detrito e di ciottolame sul fondale. Il rifornimento continuo di materiale terrigeno grossolano, a causa della sua continua redistribuzione sul fondale, non consente l'attecchimento e la conseguente estensione areale della prateria a *P. oceanica*.

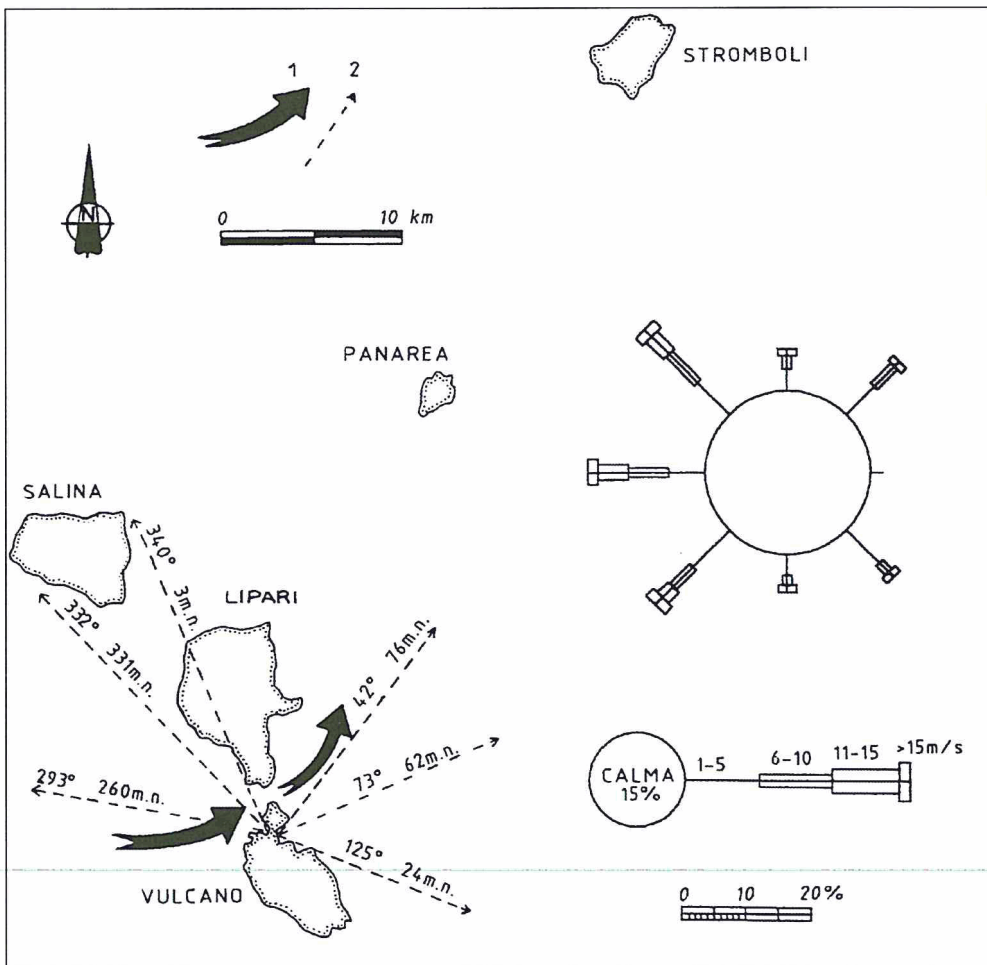


Figura 9 - Direzione dei venti, dei relativi fetch e delle correnti superficiali nel corso dell'anno (queste ultime esclusivamente nel mese di ottobre sono invertite di 180°) per le Isole Eolie (da: Istituto Idrografico della Marina, 1979): 1 - direzione prevalente delle correnti superficiali; 2 - direzione fetch principali.

Le spiagge di Porto Levante, cui corrisponde un fetch di 24-76 miglia nautiche, sono esposte a venti dei quadranti orientali, poco o nulla importanti. Le mareggiate che raggiungono direttamente tale insenatura, con moto ondoso non attenuato da Vulcanello o Vulcano, sono solo quelle nel mese di novembre con mare 6 e frequenza di 3 giorni/mese.

### Discussione

L'assenza di un reticolo idrografico permanente e il regime pluviometrico di tipo mediterraneo, fanno sì che gli apporti a mare da parte dei corpi solidi superficiali siano scarsi e concentrati in corrispondenza dei soli periodi più piovosi. Il settore più interessato da questi apporti è la parte meridionale di Porto Levante; esso è limitato dai versanti di Vulcano incisi da corsi d'acqua effimeri e a carattere torrentizio. L'apporto di sedimento dovuto allo smantellamento dei corpi rocciosi della fascia costiera ad opera degli agenti meteo-marini è più importante e continuo. A causa della cementificazione a scopo edilizio dell'istmo, è ormai trascurabile il trasporto di sabbie spinte da quel bacino di ablazione verso mare, specialmente verso Porto Levante. Una volta a mare comunque il sedimento, date le caratteristiche dei fondali, viene impoverito della parte finissima che viene facilmente allontanata dal moto ondoso e dalle correnti verso la base della struttura vulcanica dell'isola. Solo una parte del materiale fine viene trattenuta dalle irregolarità del fondo dovuta alle opere antropiche, in particolare quelle di Porto Levante. La parte più grossolana, proveniente dalle falesie, tende a conservarsi alimentando le spiagge.

Nell'insenatura di Porto Ponente gli agenti meteomarinari, più intensi, sono ostacolati nella loro azione di rimaneggiamento del materiale dal potere frenante delle opere antropiche e dalla presenza di una ampia piattaforma sommersa. La presenza della banchina della Protezione Civile a SO e della scogliera frangionde a NE condiziona la granulometria delle sabbie che a ridosso di queste strutture, in B1 e in D2, sono ben più fini per la deviazione del moto ondoso. Lungo transetto il B, il materiale di battigia, che è ghiaioso-sabbioso, subisce da parte del moto ondoso una discreta selezione a -0.80 m, ma non a profondità maggiori, dove si attenua la forza del moto ondoso, probabilmente per la presenza della scogliera frangionde. La distribuzione granulometrica delle sabbie lungo il transetto C sembra la più naturale di tutto Porto Ponente perché il materiale più profondo può tranquillamente derivare per rielaborazione da quello di battigia. Tuttavia, rispetto al materiale di battigia di B2 e di D1, quello sempre di battigia di C1 è più grossolano; tale anomalia è legata evidentemente ai ripetuti e localizzati ripascimenti artificiali effettuati sfruttando la reperibilità di sabbie vulcaniche sull'isola. L'analisi delle foto aeree indica arretramenti in atto della spiaggia, nonostante l'effetto freno imposto dalle strutture antropiche. I ripascimenti hanno effetto solo nelle aree più a ridosso, mentre le code e le asimmetrie negative e la leptocurticità suggeriscono, oltre al naturale trasporto verso il largo del materiale più fine, anche un trasporto preferenziale sulla spiaggia emersa del materiale più grossolano.

Nel Porto di Levante il principale elemento di disturbo alla distribuzione dei materiali di spiaggia e alla mobilità dei fondali è rappresentato dalla banchina per il servizio turistico, approntata proprio dove già esistevano altri ostacoli naturali rappresentati dalla *beach rock* e dal faraglione. A settentrione del molo infatti, si è accentuato l'arresto della deriva proveniente da nord, riconoscibile anche nelle aereofotogrammetrie, con concentrazione di sabbie fini (H4 e H2) e percepibile avanzamento della spiaggia. Anche qui la asimmetria negativa e la leptocurticità della sabbia del fondale a nord si spiega facilmente, oltre che come indice di zona di massima energia e quindi di rimozione di materiale fine, che può tranquillamente depositarsi a maggiore profondità, come effetto del materiale immesso artificialmente sulla battigia. A sud del molo, dove sono registrati da foto aerea i massimi arretramenti della linea di riva, le sabbie di battigia sono grossolane e poco rilevante è la presenza di materiale fine relegato dalla dinamica litorale, condizionata dalla presenza del molo, a profondità maggiori.

Ne deriva una notevole pendenza della spiaggia che non smorza il moto ondoso gradualmente, determinando ulteriore perdita di materiale verso i vicini altofondali. In questa area gli apporti terrigeni (L1 e L2) che si versano direttamente in mare in occasione degli eventi piovosi, brevi ma intensi, risultano meno elaborati di quelli che si trovano sulla spiaggia (I1-I2-I3).

### Conclusioni

Le *pocket beach* dell'Isola di Vulcano traggono origine dalla cattura e dall'accumulo al fondo delle insenature più protette di materiale terrigeno proveniente essenzialmente dalla distruzione delle falesie e solo marginalmente dal ruscellamento superficiale; bassissimo è il contributo bioclastico. La costruzione del molo nell'insenatura di Porto Levante ha modificato la dinamica delle due *pocket beach* di questa insenatura. L'ostacolo antropico (il molo), il cui effetto si somma a quello di ostacoli naturali - la *beach rock* e il faraglione Nicu -, impedisce la deriva litorale diretta da nord a sud determinando accumulo di materiale più fine a nord di esso; qui si riconosce l'unica area in accrescimento delle spiagge di Vulcano. La *pocket beach* posta più a sud, costituita da materiale più grossolano, è alimentata principalmente dalla distruzione delle falesie e dagli apporti torrentizi. A Porto Ponente la pur necessaria costruzione della banchina della Protezione Civile, e quella della scogliera frangiflutti a NE condizionano la distribuzione di sedimento su questa *pocket beach*.

L'impatto dell'urbanizzazione è manifesto nella tendenza generalizzata all'arretramento della linea di riva; il massimo effetto si ha a partire dalla fine degli anni '70 con il completamento delle strutture portuali ed arretramenti di circa 6-9 m sono registrati nell'ultimo decennio. L'individuazione di forme tipo *beach rock* sotto il livello del mare e mai sopra di esso è, inoltre, indicatore di lenta subsidenza, già supposta da Ventura (1994); tale fenomeno, pur non attualmente quantificabile, rappresenta una concausa della diminuzione dei volumi di spiaggia emersa e uno dei maggiori fattori per la definizione di rischio sulla fascia costiera dell'Isola di Vulcano. In questo caso l'indisponibilità di rilievi precedenti non permette purtroppo di quantificare il fenomeno di riduzione della fascia sabbiosa emersa, lamentato dagli stessi operatori turistici che sopperiscono con localizzati interventi di ripascimento artificiale di cui, peraltro, non sono in grado di fornire dati quantitativi.

Particolare minaccia all'equilibrio della sottile fascia di spiaggia emersa è quindi rappresentata dalla costruzione di opere turistiche sin quasi sulla battigia lungo i due lati dell'istmo fra Vulcano e Vulcanello; essa ha privato le spiagge di entrambe le insenature degli spazi necessari alla loro dinamica, limitando la mobilità e la quantità di materiale necessario al ripascimento naturale. La ormai limitata estensione della spiaggia emersa e le caratteristiche orografiche dell'istmo concorrono ad esporre le aree interne ad elevata pericolosità di erosione e di inondazione; le stesse strutture che hanno modificato la dinamica della spiaggia sono esposte alla possibile azione distruttiva del moto ondoso in concomitanza degli eventi meteomarinari più intensi. Diviene quindi importante considerare questi fattori nelle definizioni di vulnerabilità, pericolosità e di rischio geomorfologico concernente la fascia costiera dell'isola e quindi nella più generale accezione di Rischio Ambientale.

### Ringraziamenti

Gli autori ringraziano sentitamente il Prof. A. De Marco e la Prof.ssa A. Iannone per le proficue discussioni sull'interpretazione dei dati granulometrici e delle tessiture della *beach rock*, il Dott. Caltabiano per aver fornito i dati anemometrici a sua disposizione, il Prof. U. Simeoni per i consigli critici, il Prof. A. Tursi e il Prof. A. Matarrese coordinatori della crociera EOCUM EOLIE'95, nonché il Comandante e l'Equipaggio della nave Raffaele Paolucci della Marina Militare per il supporto tecnico e logistico.

Lavoro eseguito nell'ambito della Collaborazione Conisma – Marina Militare, EOCUM EOLIE'95, del progetto M.U.R.S.T. 40% “Modificazioni naturali ed indotte della fascia costiera” (Resp. Naz. Prof. G. Fierro; Resp. U.O. Prof. G. Palmentola) e del progetto M.U.R.S.T. 60% “Studio e cartografia delle variazioni naturali ed indotte dell'ambiente costiero sommerso” (Resp. Dott. G. Mastronuzzi).

**Bibliografia**

- Barberi F., Innocenti F., Ferrara G., Keller J. e Villari L. (1974) - *Evolution of Eolian arc volcanism (Southern Tyrrhenian Sea)*. Earth Plan. Sci. Letters, 2: 269-276.
- Beccaluva L., Gabbianelli G., Lucchini F., Rossi P.L. e Savelli C. (1985) - *Petrology and K/Ar ages of volcanics dredged from the Eolian seamounts: implications for geodynamic evolution of the Southern Tyrrhenian basin*. Earth Planet. Sci. Lett., 74: 187-208.
- Bullard F.M. (1976) - *I vulcani della terra*. Newton Compton Ed., Roma, pp. 636.
- Cicala A. (1987) - *Fisionomia climatica dell'Isola di Vulcano*. In: *Le Isole Lipari: Vulcano*. Eodinix Ed, Messina, pp. 178.
- Cortese M., Frazzetta G. e La Volpe L. (1986) - *Volcanic history of Lipari (Aeolian Island, Italy) during the last 10,000 years*. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 27: 117-133.
- Dalongeville R. e Sanlaville P. (1982) - *Le beach-rock en Méditerranée*. In: *Archéologie du Levant*. Recueil R. Saidah, Coll. Maison de l'Orient Méditerranéen, 12, Série Archéologique, 9: 9-20.
- De Muro S. e Orrù P. (1998) - *Il contributo delle beach-rock nello studio della risalita del Mare Olocenico. Le beach-rock post-glaciali della Sardegna nord-orientale*. Il Quaternario, 11 (1): 19-39.
- Ellam R.M., Hawkesworth C.J., Menzies M.A. e Rogers N.W. (1989) - *The Volcanism of Southern Italy: Role of subduction and the relationship between Potassic and Sodic Alkaline Magmatism*. Jour. Geoph. Res., 94:4589-4601.
- Folk R.L. e Ward W.C. (1957) - *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Jour. Sed. Petr., 27: 3-26.
- Frazzetta G., Lanzafame G. e Villari L. (1982) - *Deformazioni e tettonica attiva a Lipari e Vulcano*. Mem. Soc. Geol. Ital., 24:293-297.
- Frazzetta G. e La Volpe L. (1991) - *Volcanic history and maximum expected eruption at "Fossa di Vulcano" (Aeolian Island, Italy)*. Acta Volcanol., 1: 107-113.
- Gabbianelli G., Romagnoli C., Rossi P.L., Calanchi N. e Lucchini F. (1991) - *Submarine morphology and tectonics of Vulcano (Aeolian Islands, Southeastern Tyrrhenian Sea)*. Acta Vulcanologica, 1: 135-141.
- Istituto Idrografico della Marina (1979) - *Il vento e lo stato del mare lungo le coste italiane e dell'Adriatico*. Vol.3, Ist. Idrogr. 3114, Genova.
- Mercalli G., Silvestri O., Grablovitz G. e Clerici V. (1891) - *L'eruzione dell'Isola di Vulcano*. Annali dell'Ufficio Centrale di Meteor., 4-10.
- Purser B.H. (1980) - *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents*. Publications de l'Institut Français du Pétrole, tome 1, Technip.
- Romagnoli C., Calanchi N., Gabbianelli G., Lanzafame G. e Rossi P.L. (1989) - *Contributi della geologia marina alla caratterizzazione morfostrutturale ed evolutiva dei complessi vulcanici di Salina, Lipari e Vulcano (Isole Eolie)*. Boll. GNV, 2, 971-978.
- Rossi P.L., (1990) - *Ricerche di Geologia marina nelle aree vulcaniche del Tirreno meridionale e Canale di Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., 45, 927-938.
- Tramontana G., Gabbianelli G., Lanzafame P., Colantoni P.V. Curzi, Fanucci P.L. e Rossi A. Morelli (1996) - *Assetto morfo-strutturale dei fondali del settore centrale dell'Arcipelago Eoliano (Isole di Vulcano, Lipari e Salina)*. Caratterizzazione ambientale marina del sistema Eolie e dei bacini limitrofi di Cefalù e di Gioia (EOCUMM95), Data Rep., 455-462.
- Ventura G. (1994) - *Tectonics, structural evolution and caldera formation on Vulcano Island (Aeolian Archipelago, southern Tyrrhenian Sea)*. Jour. Volcanology and Geothermal Res., 60: 207-224.

Manoscritto ricevuto il 15/1/2000, accettato il 9/6/2000.