

NOTE A COMPENDIO DEL FOGLIO 29 – VULCANO PALINURO

1. Inquadramento geologico dell'area

Il Mar Tirreno è un piccolo bacino di retro-arco nel Mediterraneo centrale, associato alla formazione della catena Alpina ed Appenninica. La genesi del Tirreno è legata all'assottigliamento crostale prodotto dallo sprofondamento e al conseguente arretramento da NW verso SE della cerniera di subduzione della litosfera oceanica Ionica. (Fig.1.1) [Kastens et al., 1988, 1990; Sartori 1990]. L'estensione crostale avviene in un contesto di lenta convergenza tra la placca Africana e quella di Eurasia [Malinverno e Ryan, 1986; Argus et al., 1989; Dewey et al., 1989; De Mets et al., 1990; Ward, 1994].

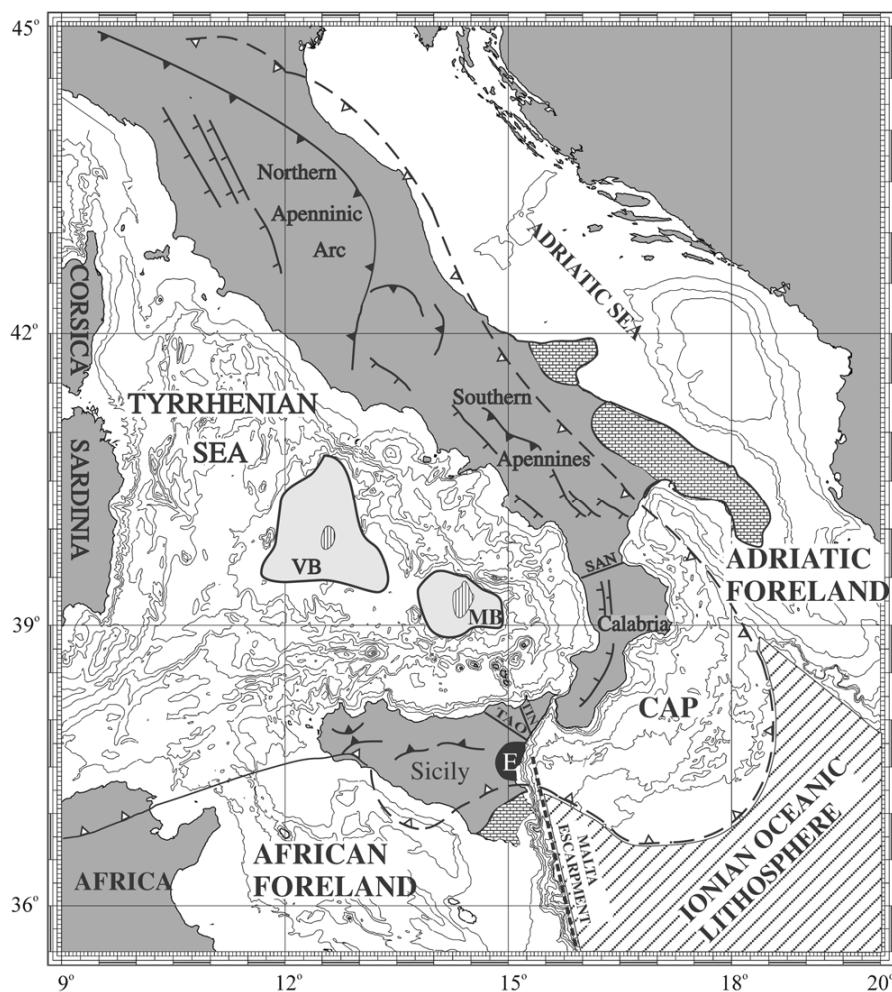


Fig 1.1- schematica mappa morfo-strutturale delle principali strutture presenti del bacino del Tirreno (da Marani e Trua 2002).

La produzione di crosta oceanica dovuta alla migrazione verso est dell'assottigliamento crostale risale al Tortoniano (circa 11 Ma) [Zitellini et al., 1986; Kastens and Mascle, 1990] portatondo alla formazione di due domini oceanici con associato vulcanismo. Durante il Pliocene la produzione di crosta oceanica è localizzata principalmente nel settore occidentale e culmina con la formazione del bacino di retro-arco del Vavilov, (4.3 -3.5Ma) [Kastens and Mascle, 1990; Serri et al., 2001]. Successivamente la direzione dello stress distensivo cambia da E-O a ESE. Ne consegue una migrazione verso est della produzione di crosta oceanica e la formazione del bacino di retro-arco del Marsili (1.9-1.7 Ma), del vulcano centrale Marsili (<0.73 Ma) e dall'associato arco vulcanico delle Isole Eolie

[Kastens and Mascle, 1990; Marani & Trua, 2002]. Il Bacino del Marsili (BdM) è un bacino di retro-arco, la natura oceanica del quale è nota sin dai risultati dell'ODP-LEG 107 site 650 (Kastens et al., 1988). Più recentemente l'anomalia magnetica del BdM è stata associata alla presenza di crosta oceanica (Nicolosi et al., 2004; Cocchi et al., 2009). La piana abissale del BdM, profonda 3500 m, è caratterizzata da un'unica grande struttura, il seamount Marsili, alto circa 3 km, lungo oltre 60 Km e largo 30 Km formato da basalti calco-alcalini e da andesiti, (Marani and Trua, 2002; Marani & Gamberi, 2004).

A nord il BdM è delimitato dal Complesso Vulcanico del Palinuro (CVP), lungo circa 50 km e allineato E-W. Il CVP è costituito da basalti e basalti andesitici datati 0.35 Ma (Beccaluva et al., 1985). La morfologia del CVP è notevolmente diversa sia da quella del vulcano Marsili sia da quella di tutti i seamount riferibili al vulcanismo eoliano: nel Palinuro si possono riconoscere almeno 8 diversi edifici che, coalescenti alla base, formano un'unica struttura topografica. La struttura del PVC è ulteriormente complicata da strutture di collasso vulcano-tettonico (Marani & Gamberi, 2004). Il CVP segna il passaggio, attraverso una scarpata di circa 1500 m, tra la crosta oceanica del BdM (a sud) le propaggini meridionali delle falde Appenniniche a Nord. Nel settore occidentale del CVP è presente una marcata alterazione idrotermale (Marani et al., 1999).

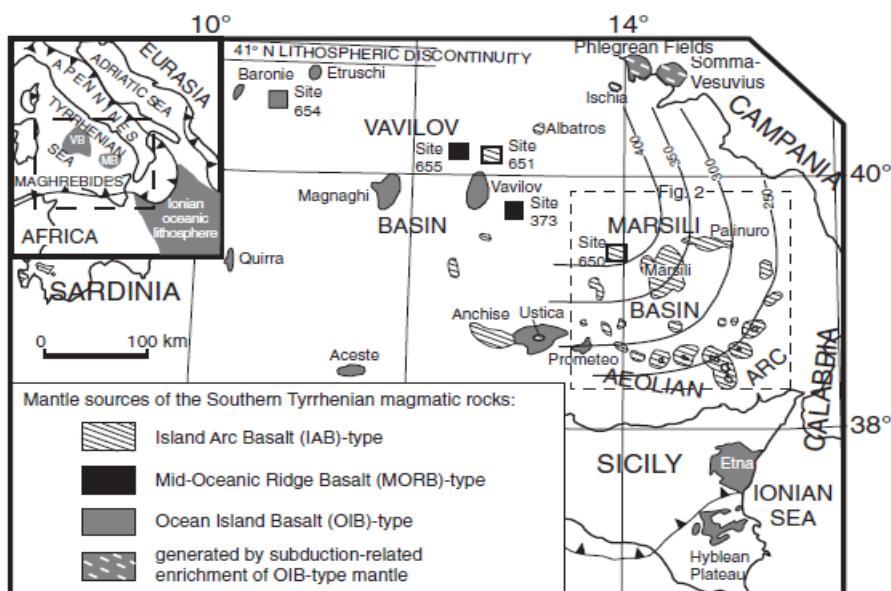


Fig 1.2- mappa schematica del magmatismo che caratterizza la regione del Tirreno meridionale e il tipo di sorgente da cui è derivato (da Trua et al., 2007).

Secondo Colantoni et al. (1981) la struttura si sarebbe accresciuta lungo un sistema di faglie E-O, che erano attive lungo il margine tirrenico come trascorrenti dal Miocene Superiore – Pliocene (Finetti e Del Ben 1986). Successivamente, nel Pliocene – Quaternario, cambiando l'orientazione del campo di stress le stesse sono state riattivate come faglie estensionali ed avrebbero favorito la risalita di magma e la crescita del CVP a partire da 0.35 Ma fa (Colantoni et al., 1981).

Lo studio di campioni di rocce raccolti nel corso degli anni sulla sommità del CVP (Colantoni et al., 1981; Marani et al., 1999; Trua et al., 2004) indica che è prevalentemente costituito da rocce vulcaniche appartenenti alla serie calc-alcalina con la composizione di andesiti basaltiche. Il magmatismo è di tipo *Island Arc Basalts* (IAB), simile a quello delle Isole e seamounts dell'arco Eoliano e rappresenterebbe il limite settentrionale del magmatismo IAB dell'Arco Eoliano.

2. Descrizione dei dati geofisici e sedimentologici disponibili nell'area del Foglio

I dati disponibili nell'area del Foglio 29 Vulcano-Palinuro consistono di:
dati morfobatimetrici, profili sismici ad alta risoluzione, dragaggi, TV Sledge e dati di riflettività del fondale.

2.1 Dati morfobatimetrici (rilievi multibeam)

I dati morfobatimetrici utilizzati sono stati acquisiti nell'ambito del "Progetto Strategico Tirreno" durante due campagne oceanografiche TIR96 e TIR99 a bordo della R/V Gelendzhik e della R/V Strakhov rispettivamente (Bortoluzzi *et al.*, 1999). In entrambe le campagne è stato utilizzato un ecoscandaglio multifascio (*multibeam*) Kongsberg-Simrad EM12/120S che, alla velocità di 6-8 nodi, ha permesso di acquisire dati di buona qualità con una copertura equivalente a 3,5 volte la profondità dell'acqua ed un *overlap* tra le linee del 20 %. Nella Fig. 2.1.1 è mostrata l'estensione dei due rilievi che hanno investigato gran parte del Mar Tirreno e dello Ionio.

I dati sono stati successivamente elaborati presso l'IGM, Istituto di Geologia Marina (attualmente ISMAR) di Bologna, con il software Kongsberg-Neptune, applicando una procedura standard che include la correzione di posizionamento e di profondità, filtri statistici e manuali per produrre DTM di dettaglio fino a 25 e 50 m.

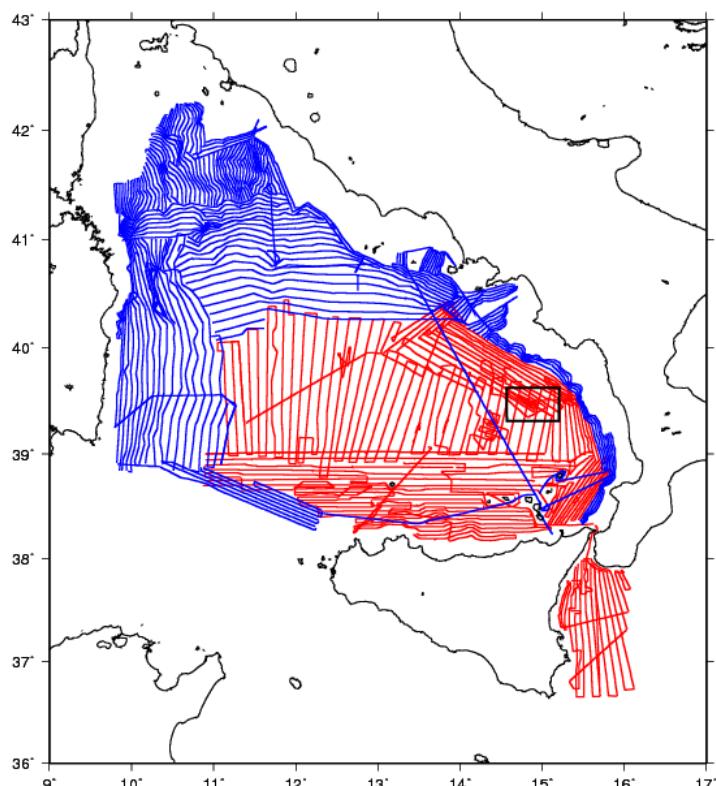


Fig. 2.1.1- estensione dei rilievi batimetrici eseguiti durante le campagne oceanografiche TIR96 (rosso) e TIR99 (blu). In nero è evidenziata l'area interessata dal Foglio 29 Vulcano-Palinuro.

2.2 Dati di riflettività e immagini del fondale (side scan sonar, rov, ecc.)

I dati di backscatter disponibili nell'area del Complesso Vulcanico Palinuro appartengono a due distinti *dataset*: dati acquisiti durante la campagna oceanografica TTR-12 (LEG 4, Giugno - Agosto 2002) condotta a bordo della R/V Professor Logachev, nell'ambito di un progetto interdisciplinare UNESCO (Fig. 2.2.1; Marani *et al.*, 2003) e dati di riflettività del fondo mare estratti dai dati batimetrici. I primi sono stati acquisiti mediante un sistema idro-acustico tipo MAK-1M trainato in profondità. Questo strumento contiene un *Side Scan*

Sonar ad alta risoluzione (frequenze di 30 - 100 kHz) con uno “swath” totale di 2 km e un *Sub Bottom Profiler* operante ad una frequenza di 5 kHz. Durante la crociera TTR-12 il MAK-1M è stato trainato ad una profondità circa costante di 100 – 150 m dal fondo mare e alla velocità di 1.5-2 nodi per i rilievi a 30 kHz e alla profondità di 50 m dal fondo mare per quelli a 100 kHz.

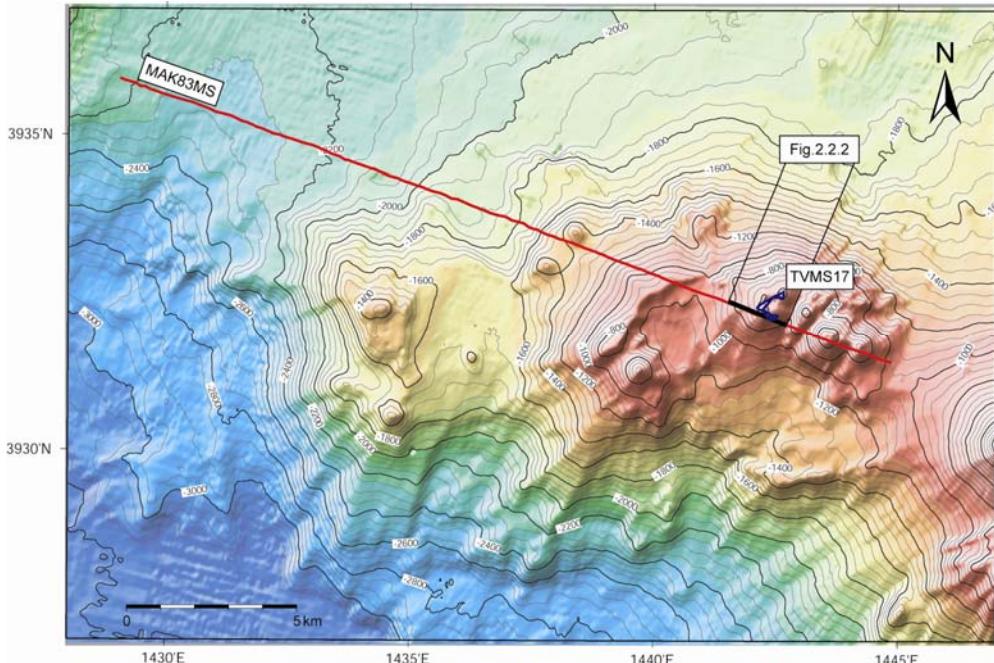


Fig. 2.2.1- rappresentazione “shaded relief” della batimetria dell'estremità occidentale del Complesso Vulcanico Palinuro con *contour lines* ogni 50 m. In rosso è indicata la navigazione del profilo SSS e SBP MAK-83 e in blu il percorso lungo il quale sono state acquisite immagini video TV17MS. In nero è evidenziata la porzione della linea MAK-83 mostrata in Fig. 2.2.2.

La linea MAK-83, lunga circa 24 km, attraversa con una orientazione SE-NO la sommità degli edifici vulcanici più occidentali che costituiscono il CVP ed il suo fianco settentrionale (Fig.2.2.2). Il profilo mostra che i coni che si trovano sulla zona sommitale sono caratterizzati da medi valori di backscatter e che gli alti valori di backscatter sono invece associati a ripide scarpate. L'intero versante settentrionale dell'edificio mostra alti valori di backscatter attribuiti all'affioramento di rocce vulcaniche.

Le immagini acquisite tramite una TV digitale lungo il percorso mostrato in Fig.2.2.1, sono servite non solo ad osservare le varie morfologie vulcaniche che costituiscono il CVP (Fig. 2.2.3), ma anche ad investigare l'estensione di depositi idrotermali e la presenza di camini idrotermali attivi (Marani et al., 2003).

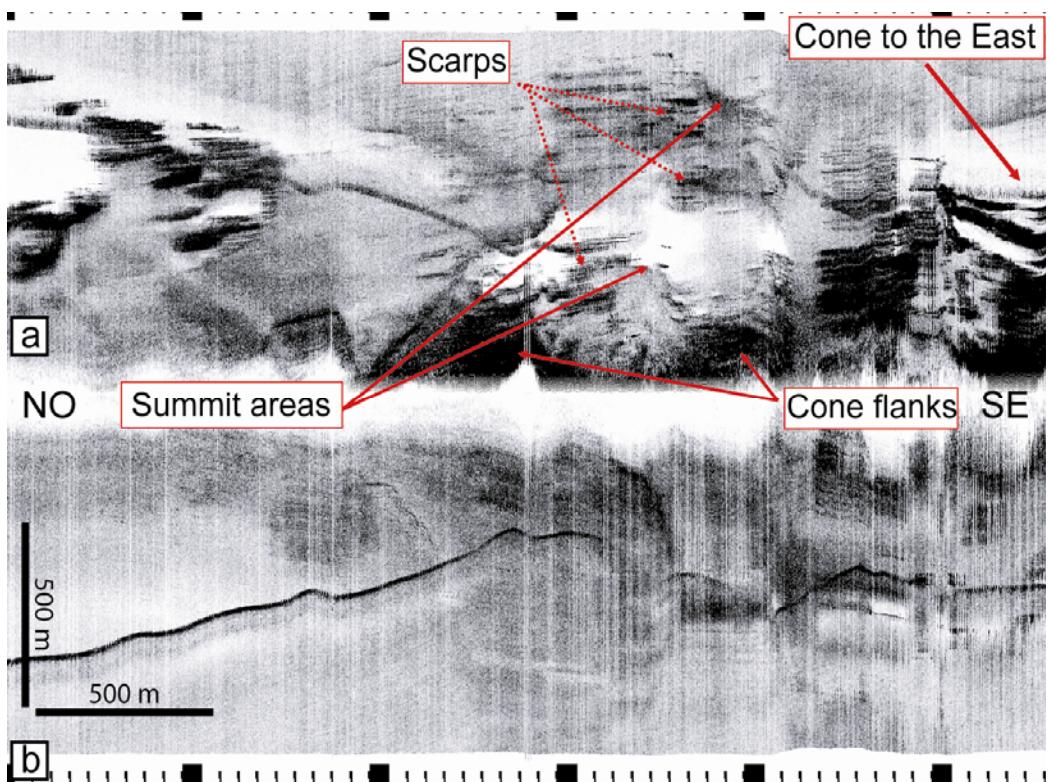


Fig. 2.2.2- porzione del profilo sidescan sonar MAK-83 che mette in evidenza le strutture morfologiche peculiari sulla sommità del Palinuro; (immagine modificata da Marani et al., 2003).

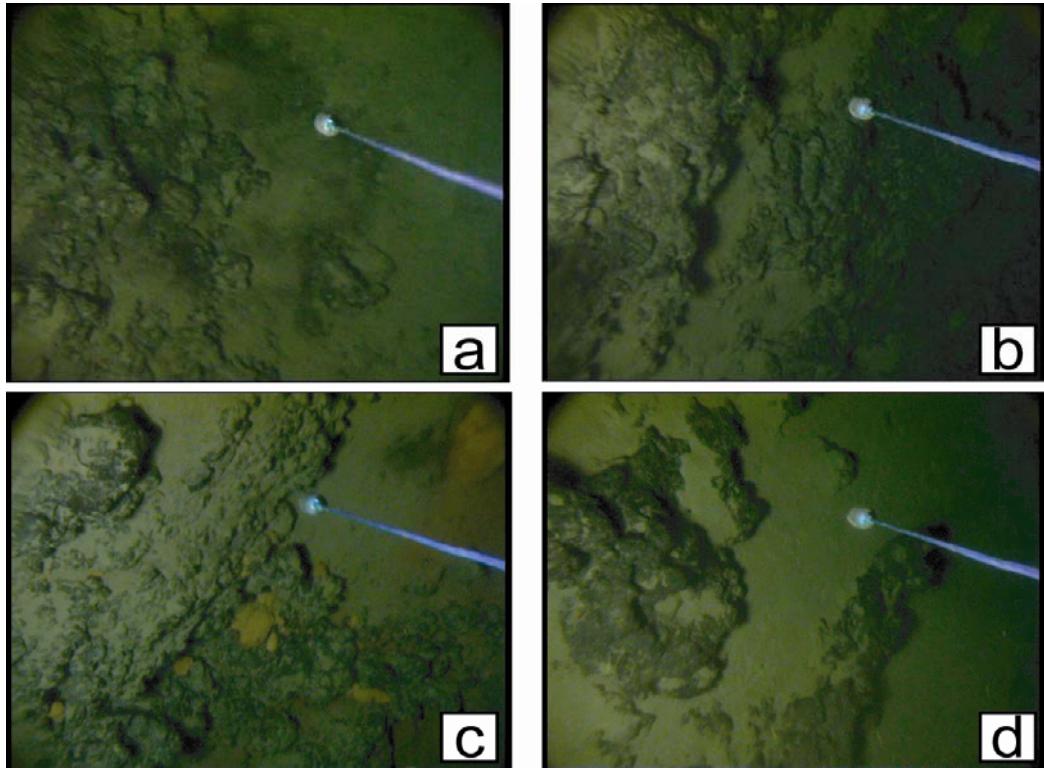


Fig. 2.2.3- morfologie vulcaniche osservate mediante un sistema televisivo. a) fianco di un cono con detriti e sedimenti; b) parete di lava a bande; c) e d) lave stratificate e massive rispettivamente sulla sommità di coni vulcanici. Immagini fornite da M.P. Marani.

Il transetto TVMS17, acquisito ad una profondità di 700 m mostra immagini relative a camini idrotermali alti più di un metro e ricoperti da idrossidi di Fe (Fig. 2.2.4) . Localmente sono state osservate ampie zone popolate da colonie di organismi che hanno sfruttato la risalita di fluidi idrotermali.

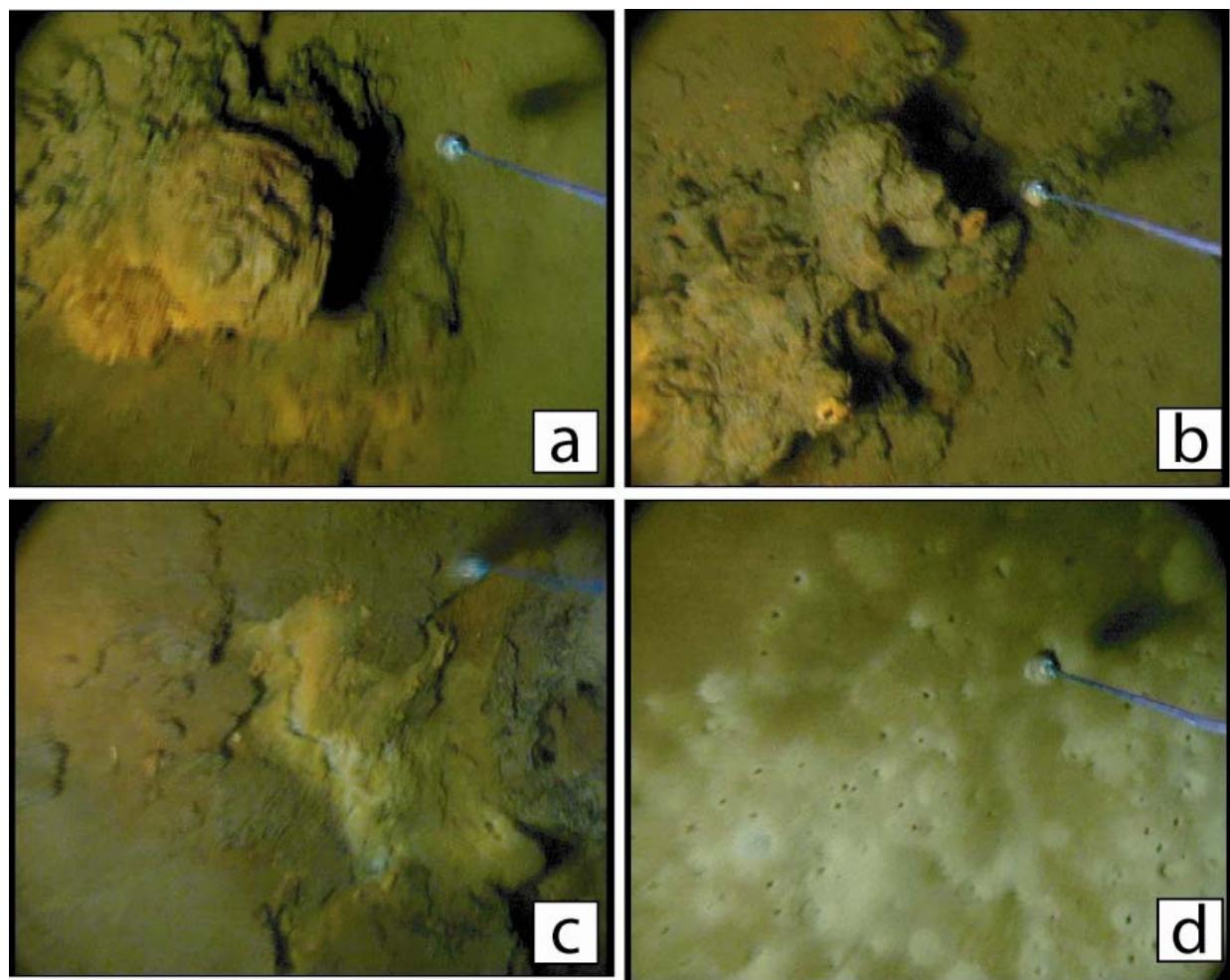


Fig. 2.2.4- esempi di attività idrotermale osservata tramite TV17MS. a) camino dalla morfologia a cavolfiore; b) camino con fuoriuscita di fluidi; c) fratture con mineralizzazioni; d) colonia idrotermale. Immagini fornite da M.P. Marani.

2.3 Dati di sismica a riflessione

I dati sismici disponibili nell'area consistono di profili sismici monocanale acquisiti durante la campagna TIR96. Questi sono stati acquisiti con una sorgente costituita da due *air-gun* sincronizzati. La capacità di ciascun cannone variava tra 0,5 e 1 L e la pressione di utilizzo tra 70 e 100 bar. L'intervallo di sparo era programmato ogni 8 s. Lo *streamer* (15 m attivo) era costituito da 30 elementi ceramici contenuti in un rivestimento di poliuretano e riempito di acqua di mare per incrementare il rapporto rumore/segnale. Il *tow leader* era costituito da un cavo d'acciaio e una sezione *stretch*. La lunghezza totale della sezione attiva era 150 m da poppa. I cannoni e lo *streamer* erano immersi rispettivamente a 2-5 m, e a 11 m (Bortoluzzi *et al.*, 1999).

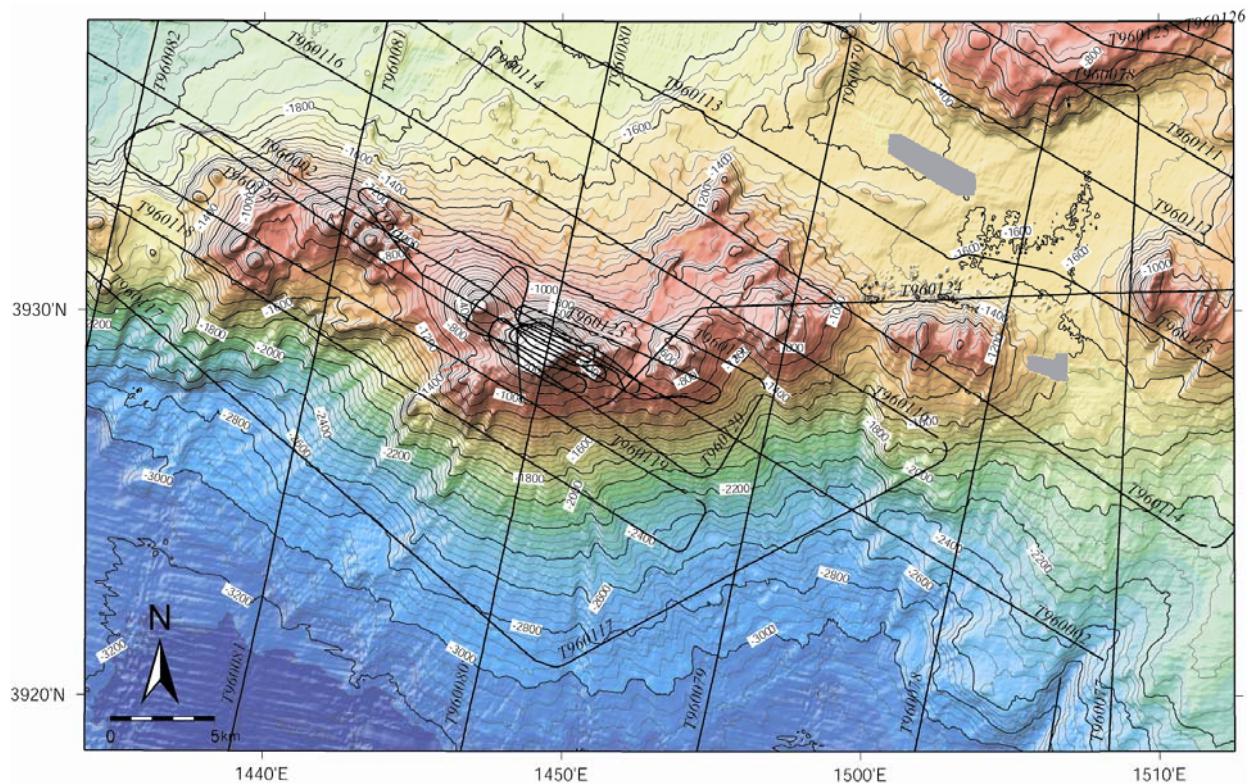


Fig. 2.3.1: rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro con *contour lines* ogni 50 m. E’ inoltre indicata la navigazione delle linee sismiche monocanale ad alta risoluzione acquisite durante la campagna oceanografica TIR96.

Questo tipo di dato ha permesso di investigare nelle aree di bacino, ad alti tassi di sedimentazione, le strutture geologiche di sotto-superficie fino a profondità di circa 1-1.5 secondi (T.W.T.) con una risoluzione verticale dell’ordine del metro ed ha permesso non solo di ottenere informazioni sulla stratigrafia sismica dei depositi ma anche di caratterizzare il tipo di deformazione tettonica che li coinvolge. Nelle zone ove prevale l’affioramento vulcanico o comunque roccioso, l’utilizzo di questi dati è stato marginale a causa della bassa penetrazione dell’impulso acustico nel substrato. In questo caso i dati sono stati utilizzati prevalentemente per il riconoscimento delle strutture tettoniche che dislocano la zona di scarpata continentale inferiore e alcuni edifici vulcanici lungo la sommità del CVP.

2.4 Dati Magnetici e Gravimetrici

Il CVP risulta estremamente interessante sia come vulcano sia per la posizione che occupa, tra la crosta oceanica del BdM a sud e la crosta continentale a nord. Per il CVP è stato realizzato un modello diretto per cercare di identificare un pattern gravimetrico e magnetico in accordo con i dati acquisiti. Allo stato attuale del lavoro è stato realizzato un modello su di unica linea orientata N-S che taglia il Palinuro in prossimità dei crateri centrali.

Dall’analisi delle carte magnetiche e gravimetriche (Fig. 2.4.1) si possono ricavare le seguenti informazioni:

1. il CVP è caratterizzato da un pattern magnetico articolato, dovuto probabilmente alla presenza di diversi gradi di magnetizzazione e alterazione dei prodotti vulcanici

2. la presenza di strutture riferibili a fenomeni di risorgenza nel settore interessato da un precedente collasso vulcano-tettonico
3. i prodotti la cui magnetizzazione e densità delle rocce è riferibile a prodotti erutti dal CVP sembrano interessare uno spessore limitato
4. l'asimmetria N-S dell'anomalia magnetica sembra evidenziare una discontinuità E-W
5. la presenza di crosta a bassa densità sotto la struttura vulcanica del Palinuro è interpretabile come crosta continentale; questo implica che, proprio in corrispondenza del CVP, avviene la transizione oceano-continentale
6. il valore di 2.4 g/cm^3 della crosta continentale sotto il CVP implica la presenza o di una porosità elevata o di un'alterazione idrotermale dei prodotti tale da giustificare il basso valore di densità
7. la smagnetizzazione relativa presente nel settore W del Palinuro è compatibile con la presenza di un idrotermalismo diffuso

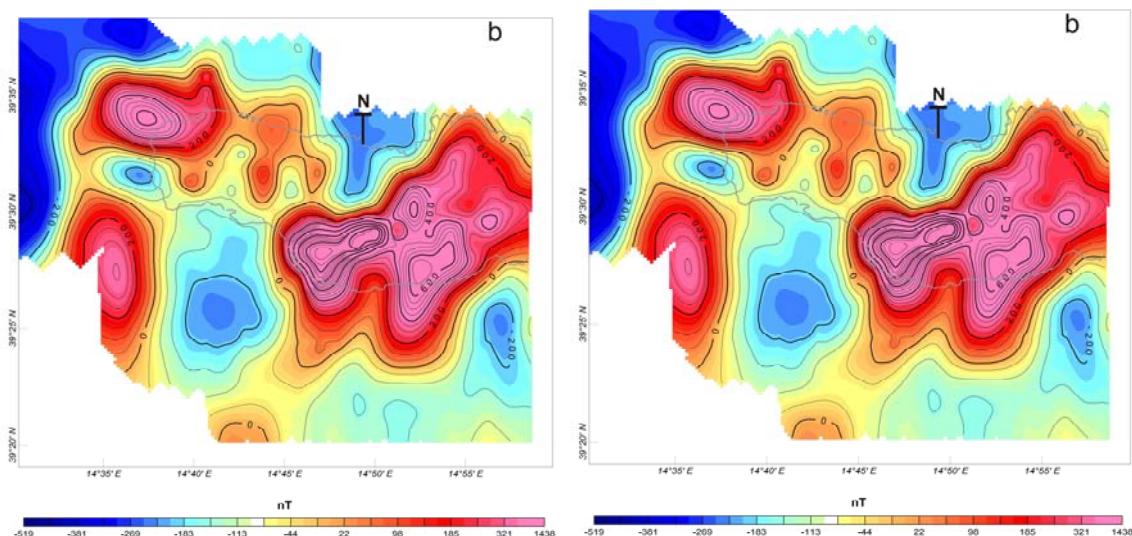


Fig. 2.4.1 b) mappa dell'anomalia Magnetica ridotta al polo e d) anomalia di Bouger riferita al mantello

2.5 Dati di campionamento

I dati di campionamento disponibili sono prevalentemente noti dalla bibliografia (Colantoni et al., 1981; Minniti e Bonavia, 1984; Beccaluva et al., 1985; Eckhardt et al., 1997; Marani et al., 2003). I vari autori riportano la presenza di basalti sulla sommità degli edifici vulcanici e lungo i fianchi del CVP; pomice e depositi idrotermali di bassa temperatura (incrostazioni di Mn e di Fe-Mn) sono stati descritti nella zona centrale del CVP, tra $14^{\circ}40'$ e $14^{\circ}45'$ E, in corrispondenza di una caldera e di un gruppo di coni probabilmente formatosi per risalita di magma successivamente allo sprofondamento della caldera. In questo stesso settore si sono concentrate le operazioni di dragaggio e carotaggio condotte durante la campagna oceanografica MAR-98 (Marani et al., 1999). La principale metodologia utilizzata per il campionamento è stata il dragaggio. Nella Figura 2.4.1 è riportato il posizionamento dei vari campioni.

Le informazioni ottenute da questo tipo di dato non hanno apportato un contributo essenziale all'interpretazione degli elementi morfobatimetrici del foglio, ma hanno contribuito a descrivere con maggiore completezza il quadro geodinamico e petrografico di questa zona e di quelle adiacenti (facendo riferimento al Vulcano Marsili, F21 e all'arco Eoliano, F19 e F20).

Dal punto di vista petrografico il CVP delimita il margine nord-occidentale del vulcanismo dell'arco Eoliano. I campioni prelevati dalla sommità mostrano un'affinità calc-alkalina. Si tratta di basalti ed andesiti basaltiche Pleistoceniche a medio contenuto in potassio, che mostrano un andamento tipo IAB (Island Arc Basalts) molto diffuso nel Tirreno meridionale (Colantoni et al., 1981; Marani et al., 1999; Trua et al., 2004). L'età (circa 0.35 ma, Beccaluva et al., 1985) e la petrochimica delle rocce campionate sono pressoché identiche a quelle delle rocce che costituiscono le isole Eolie ed i loro seamounts, legate alla subduzione del Tirreno meridionale sotto l'arco Calabro. La stessa tipologia di rocce, anche se geneticamente diverse, si ritrovano sulla sommità del vulcano Marsili.

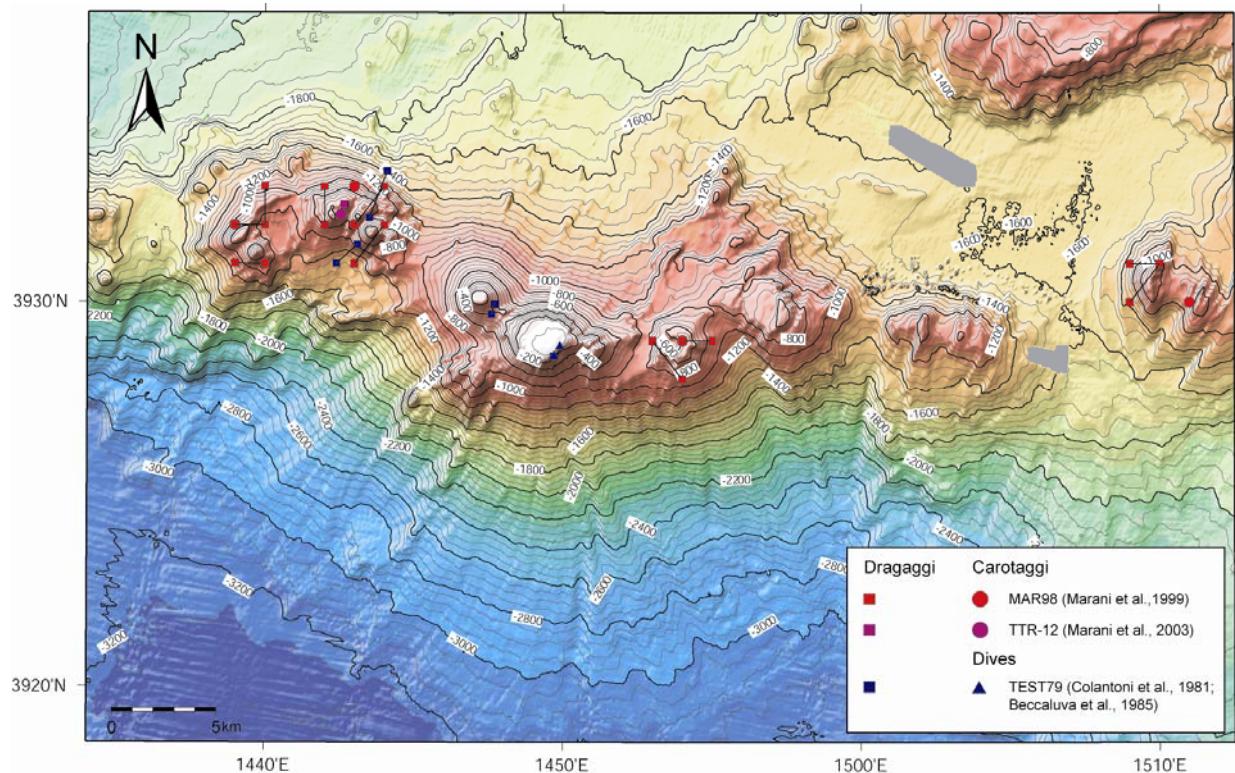


Fig. 2.5.1: rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro con *contour lines* ogni 50 m. Sulla mappa è riportata l’ubicazione dei vari campionamenti e le fonti bibliografiche dai quali sono stati derivati.

3. Elementi Morfobatimetrici e “pericolosità” geologica

3.1 Sintesi descrittiva del Livello 3

Il Foglio F29-Vulcano Palinuro comprende al suo interno una porzione di scarpata continentale inferiore (settore nord-orientale), che alla profondità di circa 1600 m si raccorda ad un piccolo bacino di intra-scarpata. La morfologia della scarpata inferiore si presenta molto articolata. “Una scarpata di faglia” dall’andamento rettilineo si estende per una lunghezza di circa 14 km in prossimità del margine nord-orientale del Foglio. Essa si presenta con orientazione NE-SO ed immersione verso SE e produce sul fondo mare un rigetto verticale massimo di circa 810 m. Scarpate minori, con una lunghezza media di 3-3.5 km e un’altezza di 150-200 m sono invece orientate prevalentemente N-S. Tra la scarpata continentale ed il Complesso Vulcanico Palinuro (CVP) si estende un piccolo bacino di intra-scarpata caratterizzato da una morfologia del fondo pressoché pianeggiante che da profondità di 1600 m, nel settore orientale, arriva a circa 2100 m in quello occidentale. Il settore centrale del foglio è occupato dal complesso vulcanico

Palinuro. Questa struttura si estende per circa 50 km con una orientazione E-O ed è caratterizzata da un profilo topografico trasversale asimmetrico. Il versante settentrionale del complesso termina a profondità di circa 2000 m mentre quello meridionale si raccorda alla piana batiale rappresentata dal bacino Marsili a 3400 m di profondità. Il CVP è costituito da 8 edifici vulcanici coalescenti. Le profondità minori si trovano nella regione centrale con due edifici tra 14°45' e 14°50' ove si raggiungono 175 e 84 m di profondità, rispettivamente. Questi edifici sono caratterizzati dalla sommità piatta. Ad ovest di questi edifici, tra 14°40' e 14°45', un gruppo di piccoli coni circonda una zona depressa, una caldera di collasso. Nel settore nord-occidentale è visibile la traccia del cratere che delimitava il precedente edificio. Nel settore orientale, tra 14°50' e 15°00', si sono sviluppati numerosi piccoli coni dalla morfologia a ferro di cavallo e dalla sommità caratterizzata da crateri. Ancora più ad est, due piccoli coni allungati sono intersecati da scarpate di faglia dalla morfologia arcuata ma con una orientazione generale N-S. I fianchi del CVP sono caratterizzati dalla presenza di colate laviche e dicchi lineari di varia estensione e lunghezza. Il fianco meridionale è inoltre interessato da fenomeni gravitativi che si esplicano attraverso nicchie di frana, solchi erosivi e canaloni lungo i quali il materiale proveniente dalla sommità del CVP arriva nella piana batiale.

A est del CVP si trova il vulcano Glabro, un vulcano isolato dalla morfologia stretta (circa 5 km di larghezza) ed allungata (7.64 km di lunghezza). Il vulcano è diviso in due settori da una serie di scarpate di faglia dalla morfologia arcuata. Ciascun settore è caratterizzato da zone sommitali lineari con orientazione N-S. Le scarpate più ripide sono rivolte verso l'interno del vulcano e delimitano una porzione sommitale orientale (a profondità di 870 m) ed una occidentale (830 m). Le due zone sono separate da una sella ampia 1.8 km che giace ad una profondità di 1100 m. Il settore occidentale di Glabro è più largo (4 km di diametro) ed alto (670 m rispetto al fondo mare) e presenta la morfologia di un cono allungato dai fianchi lisci e diviso in due verticalmente. I fianchi della porzione orientale hanno una morfologia irregolare costituita da dicchi dall'andamento arcuato e dalla sezione trasversale asimmetrica, con il fianco occidentale più inclinato. È possibile pensare che queste strutture siano cresciute utilizzando linee di debolezza preferenziali (faglie immergenti verso ovest) per la risalita di magma. Un'altra ipotesi, che è quella attualmente accettata nell'interpretazione degli elementi morfobatimetrici, propone un meccanismo di "gravitational spreading" verso E-NE secondo il quale il versante orientale di Glabro rappresenterebbe l'espressione superficiale di una compressione dovuta alla presenza di una superficie di scivolamento ad di sotto dell'edificio. Il fondo mare circostante Glabro è caratterizzato dalla presenza di tre faglie che immagazzinano tutte verso ovest e che circondano l'apparato vulcanico. Due di queste faglie si trovano ad ovest dell'edificio e sul fondo mare sono visibili come scarpate della lunghezza media di 6 km che producono rigetti di 40 m (la faglia più esterna) e di 125 m (la faglia più interna). Le faglie che hanno dislocato Glabro, sia quelle che interessano il vulcano in senso stretto che quelle periferiche, hanno due distinte caratteristiche: hanno una forma arcuata che comunque presenta una orientazione N-S; tutte le faglie interessano esclusivamente l'area contigua al vulcano e presentano un rigetto morfologico che diminuisce in altezza fino a terminare in corrispondenza del perimetro esterno dell'edificio.

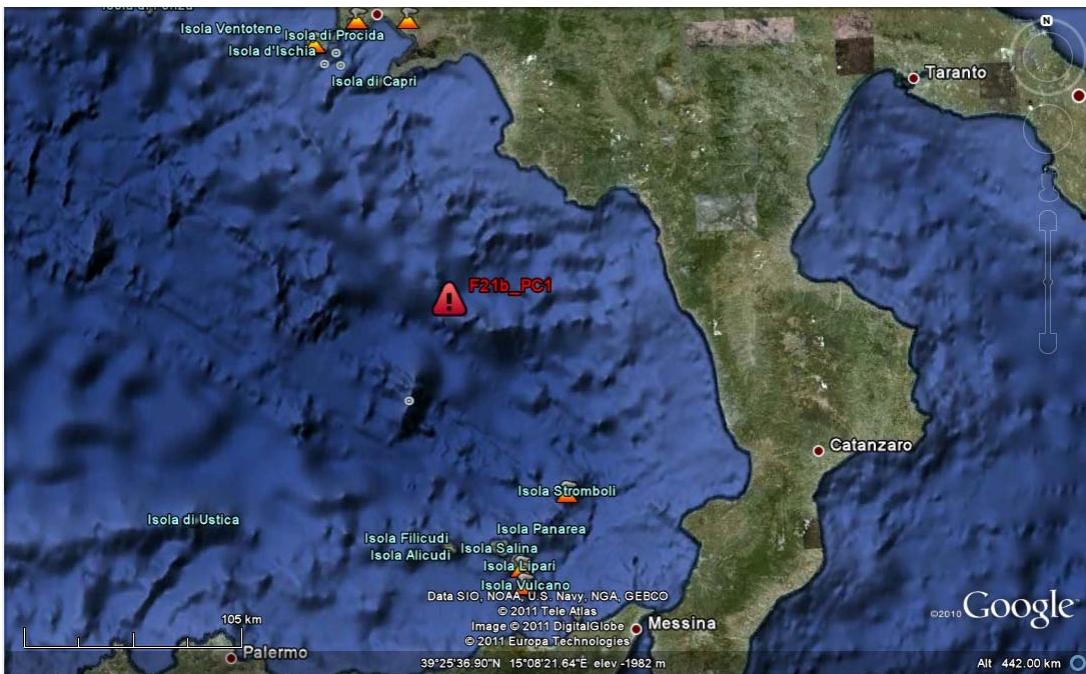


Fig.3 PC1_F29: visuale tratta da Google Earth per indicare l'ubicazione del Complesso Vulcanico di Palinuro (CVP) rispetto alle coste dell'Italia meridionale e alle isole dell'arcipelago Eoliano. Tali zone sono potenzialmente soggette alla pericolosità geologiche del PVC.

3.2 Aspetti salienti in chiave di pericolosità geologica non direttamente esprimibili attraverso la rappresentazione del Livello 3

Il CVP segna il passaggio, attraverso una scarpata di circa 1500 m, tra la crosta oceanica del BdM (a sud) le propaggini meridionali delle falde Appenniniche a Nord. Secondo Colantoni et al. (1981) la struttura si sarebbe accresciuta lungo un sistema di faglie E-O, che erano attive lungo il margine tirrenico come trascorrenti dal Miocene Superiore – Pliocene (Finetti e Del Ben 1986). Successivamente, nel Pliocene – Quaternario, cambiando l'orientazione del campo di stress le stesse sono state riattivate come faglie estensionali ed avrebbero favorito la risalita di magma e la crescita del CVP a partire da 0.35 Ma fa. Il CVP risulta estremamente interessante per la posizione che occupa, tra la crosta oceanica del BdM a sud e la crosta continentale a nord.

Per il CVP è stato realizzato un modello magnetico/gravimetrico diretto per cercare di identificare un pattern gravimetrico e magnetico in accordo con i dati acquisiti. Risulta che il CVP occupa una zona di crosta continentale anomala dal punto di vista della sua densità che verosimilmente segue l'andamento del E-W del CVP, segnando una area di shear probabilmente trascorrente fra la stretta transizione dalla scarpata continentale a circa 2000 metri di profondità e la piana batiale del Bacino Marsili a posta a 3500 metri.

L'alto gradiente della scarpata meridionale del CVP e la consistenza del differenziale gravitativo derivato da un dislivello di circa 1500 m rende tutta la porzione meridionale del CVP da considerarsi area di pericolosità perché l'ampia area potrebbe alimentare frane sottomarine di grandi entità.

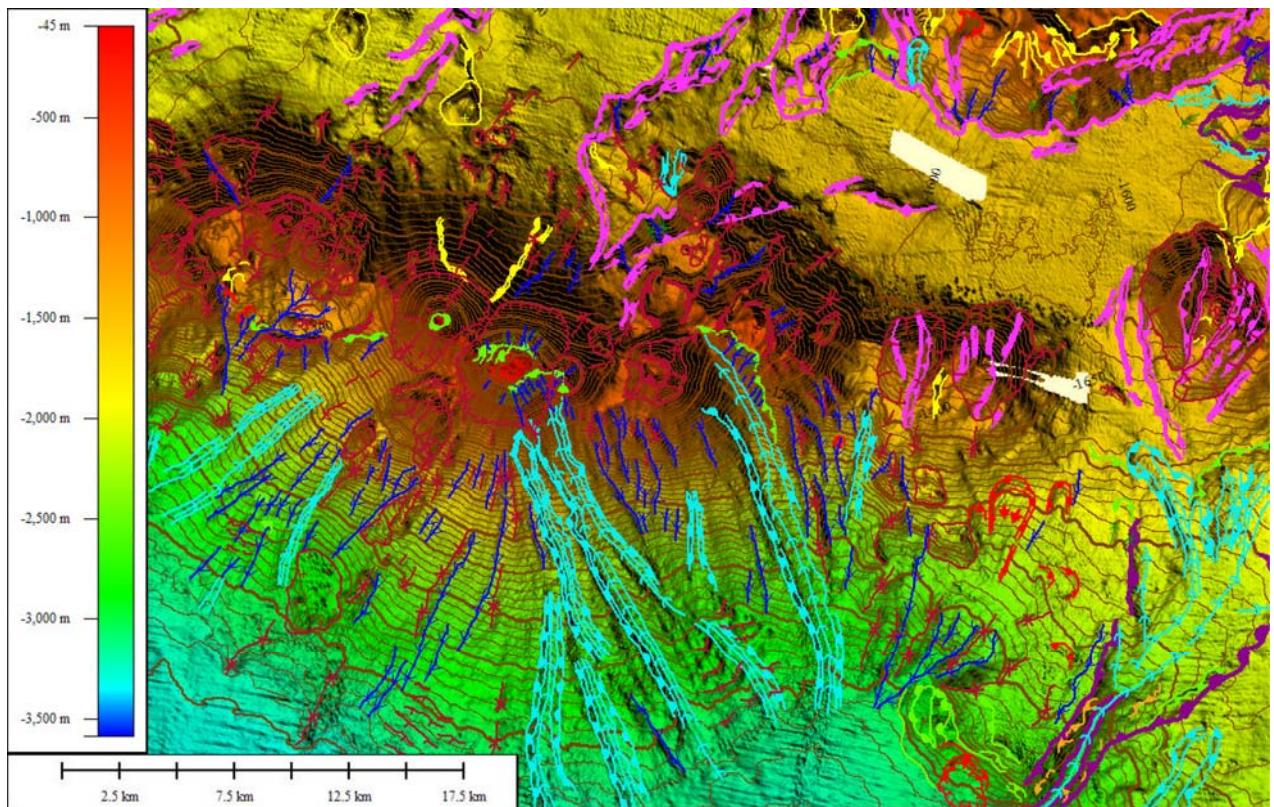


Fig. 3.1.1- rappresentazione “shaded relief” della batimetria del foglio F29 - Vulcano Palinuro con sovrapposti gli Elementi Morfobatimetrici. Le *contour lines* sono ogni 50 m.

3.3 Bibliografia citata

- Beccaluva, L., Gabbianielli, G., Lucchini, F., Rossi, P.L., 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.
- Bortoluzzi, G., Carrara, G., Fabretti, P., Gamberi, F., Marani, M., Penitenti, D., Stanghellini, G., Tonani, M., Zitellini, N., Bonazzi, C., Lippolis, S., Musacchio, M., Daviddi, A., Diroma, G., Ferrarini, A., Leotta, A., Gilod, D., Nikaronenkov, B., Efimov, V. & Erofeev, S., 1999. Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea report on bathymetric, magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99. *IGM technical Report*, **52**.
- L. Cocchi,
1
Cocchi,F., F. Caratori Tontini, F. Muccini, M.P. Marani, G. Bortoluzzi C. Carmisciano (2009) Chronology of the transition from a spreading ridge to an accretional seamount in the Marsili backarc basin (Tyrrhenian Sea). *Terra Nova*, 00, 1–6, 2009.

Colantoni, P., Lucchini, L., Rossi, P.L., and Savelli, C., 1981. The Palinuro volcano and magmatism of the south-eastern Tyrrhenian Sea (Mediterranean). *Mar. Geol.*, **39**, M1-M12.

Eckhardt, J.D., Glasby, G.P., Puchelt, H. and Berner, Z., 1997. Hydrothermal Manganese crusts from Enarete and Palinuro Seamounts in the Tyrrhenian Sea. *Mar. Geres. Geotech.*, **15**, 175-208.

Finetti I, Del Ben A (1986) Geophysical study of the Tyrrhenian opening. *Boll Geofis Teor Appl* **28** (110), 75–155.

- Marani, M.P., Gamberi, F., Casoni, L., Carrara, G., Landuzzi, V., Musacchio, M., Penitenti, D., Rossi, L., Trua,T., 1999. New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian Sea: the MAR-98 research cruise. *G. Geol.* **61**, 3-24.
- Marani, M., Gamberi, F., Ivanov M. and the Shipboard Scientific Party of TTR-12, LEG 4, 2003. Tyrrhenian Sea (LEG 4) in Interdisciplinary Geoscience research on the North East Atlantic Margin, Mediterranean Sea and Mid-Atlantic Ridge (12th training-through-research cruise, June-August 2002). IOC Technical Series No. **67**, 72-90.
- Marani M. & Gamberi F., 2004. Distribution and nature of submarine volcanic landforms in the Tyrrhenian Sea: the arc vs the back-arc In: Marani, M. P., Gamberi, F., Bonatti, E. (Eds) From seafloor to deep mantle: Architecture of the Tyrrhenian backarc basin. *APAT, Mem. Descr. Carta Geologica d'Italia*, **44**, pl. 1-2.
- Marani, M.P., and T. Trua, 2002. Thermal constriction and slab tearing at the origin of a superinflated spreading ridge: Marsili volcano (Tyrrhenian Sea), *J. Geophys. Res.*, **107(B9)**, 2188, doi:10.1029/2001JB000285.
- Minniti, M., Bonaria, F.F., 1984. Copper-ore grade hydrothermal mineralization discovered in a seamount in the Tyrrhenian Sea (Mediterranean): is the mineralization related to porphyry-copper or to base metal lodes? *Mar. Geol.*, **59**, 271-282.
- Trua, T., G. Serri, A. Renzulli, M. Marani, and F. Gamberi, 2002. Volcanological and petrological evolution of Marsili seamount (southern Tyrrhenian Sea), *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **114**, 441– 464.
- Trua, T., Serri G., Rossi P.L., 2004. Coexistence of IAB-type and IOB-type magmas in the southern Tyrrhenian back-arc basin: evidence from recent seafloor sampling and geodynamic implications, in From seafloor to deep mantle: architecture of the Tyrrhenian back-arc basin. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, LXIV, Marani, M.P., Gamberi F., Bonatti E. (Ed.), 83-96.

4. Punti di Criticità presenti nel Foglio

4.1 F29_PC1_ Apparato Vulcanico sulla sommità del Complesso Vulcanico Palinuro.

4.1.1 Riassunto

Il punto di criticità F29_PC1 è ubicato nel settore occidentale del Complesso Vulcanico Palinuro (CVP) ad una longitudine di 14°36.02' E ed è costituito da uno degli edifici vulcanici che ne formano la sommità. La criticità in questo settore del CVP è data fondamentalmente dalla presenza di un cono "risorgente" lungo il margine meridionale di una caldera la cui genesi potrebbe essere legata ad un episodio più recente di vulcanismo. In questo settore inoltre sono presenti evidenze di instabilità gravitativa associate a nicchie e depositi di frana non ancora evacuati.

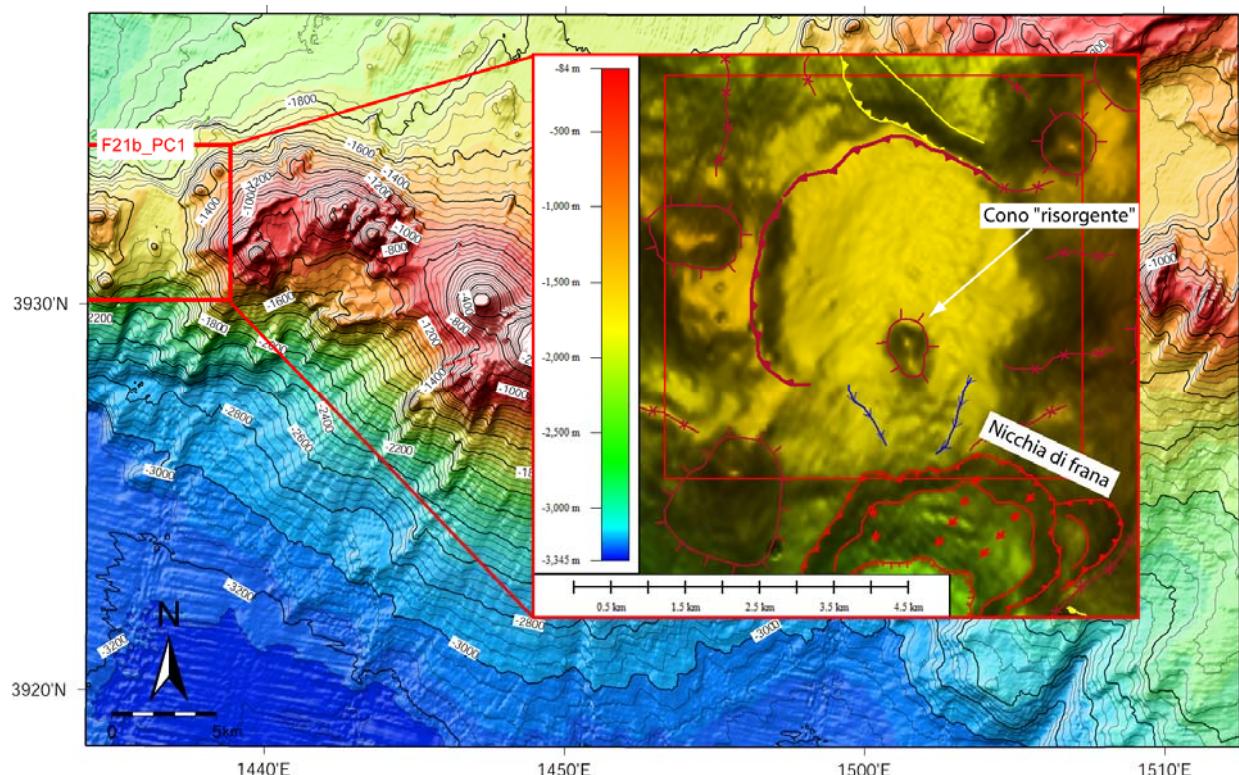


Fig.1 PC1_F29- rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro e *contour lines* ogni 50 m. In rosso è indicato il poligono relativo al punto di criticità F29_PC1. A destra particolare della sommità dell’edificio vulcanico e rappresentazione degli elementi morfobatimetrici ai quali è associata la criticità dell’area.

4.1.2 Tipo di rischio

Eruzione vulcanica sottomarina; frane interamente sottomarine; possibilità di innesco di tsunami.

4.1.3 Descrizione del lineamento

Il punto di criticità F29_PC1 è costituito da un edificio conico che sulla sommità presenta una caldera di circa 4 km di diametro (Fig.1 PC1_F29). La caldera ha una morfologia pressoché pianeggiante che giace ad una profondità media di circa 1640 m (sotto il livello del mare). Una scarpata arcuata è stata cartografata nel settore nord-occidentale per una lunghezza complessiva di 6900 m. Questa è stata interpretata come il ciglio della caldera che però assume espressioni morfologiche diverse. Due profili topografici orientati circa N-S (Profili A e B di Fig.2 PC1_F29) mostrano che nel settore settentrionale prevale una scarpata dalla debole espressione morfologica che si innalza, rispetto alla caldera, di 10

m. Nel settore meridionale il ciglio è invece completamente assente, fatta eccezione per un piccolo cono isolato ($39^{\circ}31.49' N$ $14^{\circ}36.28' E$) la cui sommità si trova a una profondità di 1583 m.

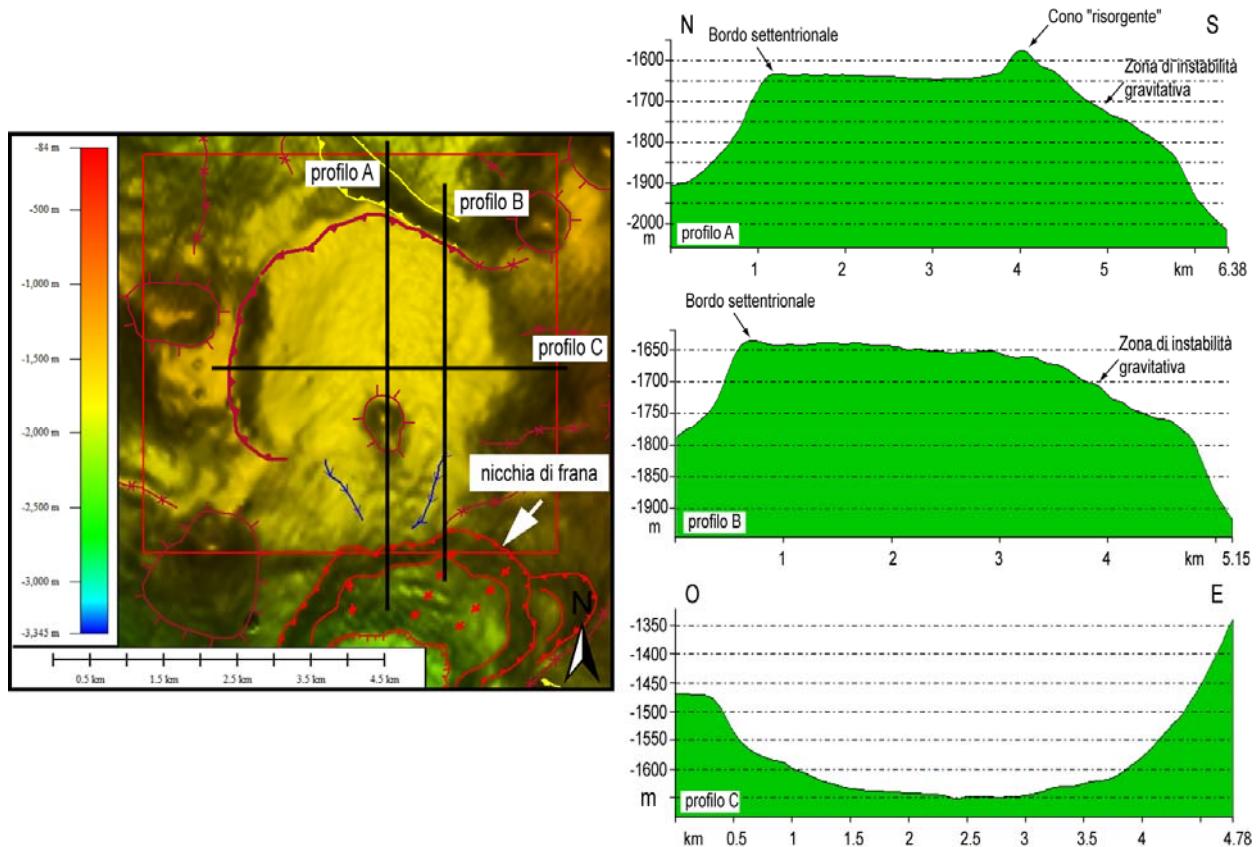


Fig.2 PC1_F29: rappresentazione “shaded relief” della batimetria del più occidentale tra gli edifici vulcanici che costituiscono la sommità del CVP. In rosso è evidenziata l'estensione del Punto di Criticità F29_PC1; in nero la traccia dei tre profili topografici rappresentati a destra e descritti nel testo.

Un profilo topografico con orientazione O-E (Profilo C di Fig.2 PC1_F29) mostra invece che il bordo occidentale è marcato da una scarpata alta circa 100 m mentre quello orientale è obliterato dal fianco occidentale dell'edificio vulcanico adiacente. Secondo Passaro et al. (2010, 2011) la morfologia pianeggiante della sommità, circondata localmente da ripide scarpate è riconducibile ad una caldera riempita da sedimenti fini. L'assenza del margine meridionale del cratere potrebbe allora essere associata a un evento franoso, forse lo stesso collasso calderico, mentre il piccolo cono isolato potrebbe invece essere interpretato o come un residuo isolato del cratere o come un cono “risorgente” successivo.

4.1.4 Rischio potenziale

a) tipo di evoluzione possibile:

L'attività di questo vulcano non è documentata da testimonianze storiche. Tuttavia le caratteristiche morfologiche ossevate ci permettono di ipotizzare una evoluzione che comprende i seguenti stadi: crescita di un apparato vulcanico principale, collasso calderico per svuotamento della camera magmatica e successiva crescita di edifici minori per la risalita di magma da condotti secondari. Questa sorta di ringiovanimento dell'attività vulcanica suggerisce che possano verificarsi nuove eruzioni sottomarine, probabilmente localizzate nella zona del cono “risorgente”, seguite da fenomeni franosi dei margini dell'edificio.

b) potenziali effetti diretti o indiretti:

Benchè l'attività di questo vulcano non sia confermata da testimonianze storiche, le

evidenze geofisiche e geologiche suggeriscono una forte instabilità sui fianchi.

c) *beni esposti agli effetti dell'evento:*

Il punto di criticità F29_PC1 è il più occidentale degli edifici vulcanici che formano la sommità del CVP. Esso si trova a circa 110 km di distanza dalle isole che compongono l'Arco Eoliano, a sud, e a circa 80 km dalla costa campana a E (Capo Palinuro). I beni che sarebbero maggiormente esposti a danni in caso di tsunami sarebbero le strutture antropiche (porti, cavi sottomarini per vari tipi di comunicazione, condutture ecc.) in queste zone (Fig.3 PC1_F29).

d) *tempi di ricorrenza o stato di attività presunto:*

non vi è nessuna informazione circa la ricorrenza di eventi vulcanici eruttivi e collassi gravitativi.

e) *eventi pregressi:*

non sono disponibili informazioni dirette circa eventi pregressi.

f) *dati disponibili nell'area:*

Le osservazioni, relative al punto di criticità, si basano prevalentemente sull'interpretazione geomorfologica di dati batimetrici *multibeam* integrate da informazioni sulle caratteristiche acustiche del fondale marino (*backscatter*). La maggior parte dei dati batimetrici e di riflettività del fondo mare sono stati acquisiti nell'ambito del "Progetto Strategico Tirreno" durante due campagne oceanografiche TIR96 e TIR99 (Bortoluzzi *et al.*, 1999; Marani *et al.*, 1999, 2004).

Liberatoria da responsabilità:

Essendo il progetto MaGIC rivolto alla sola mappatura e individuazione degli elementi di pericolosità dei fondali marini, la definizione del rischio esula dagli scopi del progetto e non sono state previste indagini ad hoc. Quindi la definizione dei punti di criticità si basa su dati acquisiti per altri scopi e non omogenei nell'area. Similmente non sono disponibili informazioni sugli insediamenti e le infrastrutture marine e costiere presenti nell'area.

Bibliografia:

Bortoluzzi, G., Carrara, G., Fabretti, P., Gamberi, F., Marani, M., Penitenti, D., Stanghellini, G., Tonani, M., Zitellini, N., Bonazzi, C., Lippolis, S., Musacchio, M., Daviddi, A., Diroma, G., Ferrarini, A., Leotta, A., Gilod, D., Nikaronenkov, B., Efimov, V. & Erofeev, S., 1999. Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea report on bathymetric, magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99. *IGM technical Report*, **52**.

Marani, M.P., Gamberi, F., Casoni, L.; Carrara, G., Landuzzi, V., Musacchio ,M., Penitenti, D., Rossi, L., Trua, T., 1999. New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian sea: the MAR-98 research cruise. *Giornale di geologia*, **61**, 3-24

Marani, M.P. & Gamberi, F., 2004. Distribution and nature of submarine volcanic landforms in the Tyrrhenian Sea: the arc vs the back-arc In: Marani, M. P., Gamberi, F., Bonatti, E. (Eds) From seafloor to deep mantle: Architecture of the Tyrrhenian backarc basin. *APAT, Mem. Desc. Carta Geol. d'It.*, **44**, pl. 1-2.

Passaro, S., Milano, G., D'isanto, C., Ruggieri, S., Tonielli, R., Bruno, P., Sprovieri, M., Marsella, E., 2010. DTM-based morphometry of the Palinuro seamount (Italy, Eastern Tyrrhenian Sea): geomorphological and volcanological implication. *Geomorphology* , **115**, 129e140.

Passaro, S., Milano, G., Sprovieri, M., Ruggieri, S., Marsella, E., 2011. Quaternary still-stand landforms and relations with flank instability events of the Palinuro Bank (southeastern Tyrrhenian Sea), *Quaternary International*, **232**, 1-2, 228-237. DOI:10.1016/j.quaint.2010.08.006.

4.2 F29_PC2_ Apparato Vulcanico con caldera e coni "risorgenti" sulla sommità del Complesso Vulcanico Palinuro.

4.2.1 Riassunto

Il Punto di Criticità F29_PC2 racchiude un edificio vulcanico ubicato nel settore occidentale del Complesso Vulcanico Palinuro (CVP) ad una longitudine compresa tra 14°37' E e 14°45' E (Fig. 1 PC2_F29). La criticità di questa zona deriva dalla presenza di strutture peculiari, quali una ampia caldera ed una serie di coni cresciuti sul suo bordo nord-orientale, che indicano la possibilità di innesco di fenomeni gravitativi e fenomeni eruttivi. La presenza di questa caldera è infatti associata a fenomeni di instabilità gravitativa che interessano la sommità del vulcano ma possono anche estendersi lungo i suoi versanti, mentre la crescita di piccoli coni lungo il bordo della caldera, successivi al collasso calderico, indica che la camera magmatica non è svuotata e contiene del magma che tende a risalire in superficie. Il vulcano è, quindi, ancora potenzialmente attivo. Tale ipotesi sembra essere ulteriormente confermata dal ritrovamento di depositi idrotermali di alta e bassa temperatura e di camini idrotermali attivi (Marani et al., 2003).

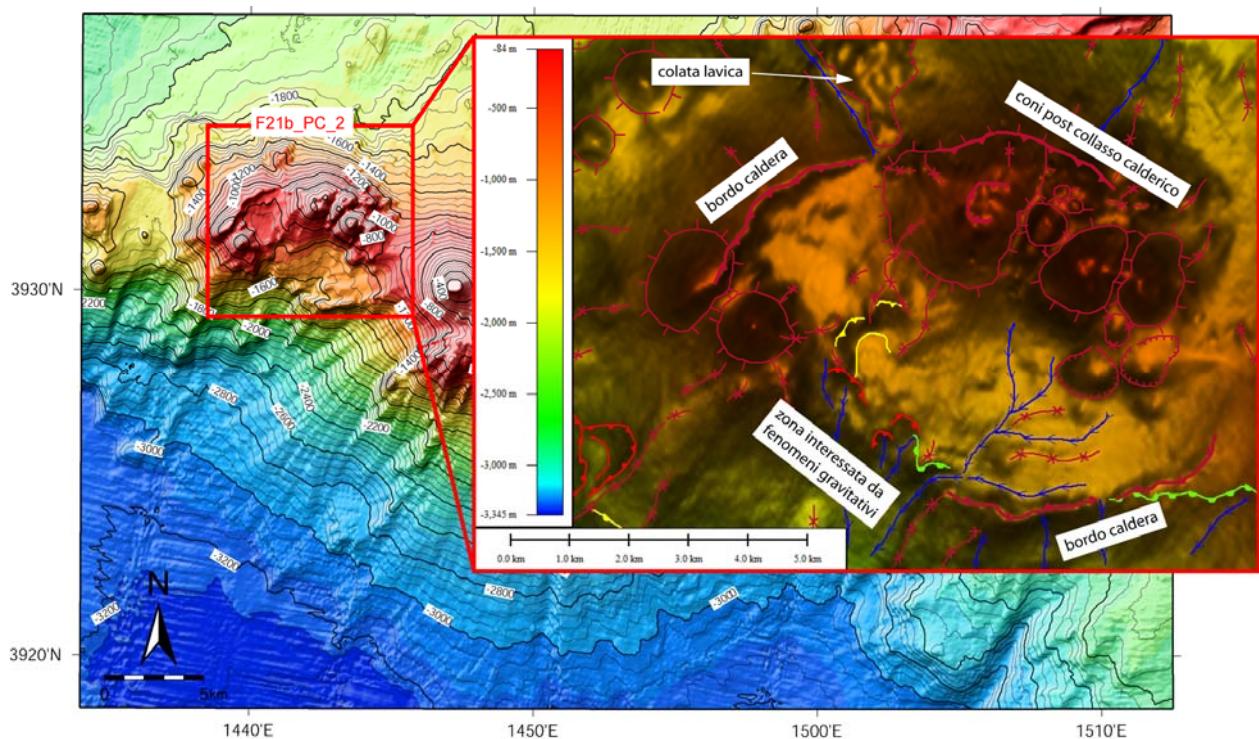


Fig.1 PC2_F29: rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro e contor lines ogni 50 m. In rosso è indicata l'estensione del punto di criticità F29_PC2. A destra particolare della sommità dell'edificio vulcanico dove sono indicati gli elementi morfobatimetrici ai quali è associata la criticità dell'area.

4.2.2 Tipo di rischio

Frane interamente sottomarine; eruzione vulcanica sottomarina; possibilità di innesco di tsunami.

4.2.3 Descrizione del lineamento

L'edificio vulcanico è costituito da un cono allungato in direzione ONO-ESE che giace sulla sommità del CVP ad una longitudine compresa tra 14°37' e 14°45'E (Fig.1 PC2_F29). Il suo versante settentrionale mostra pendenze elevate (15°-20°) ed una morfologia regolare, interrotta solo da una colata lavica ubicata a 14°41' E. Il fianco meridionale, al contrario, si presenta inciso da numerosi solchi erosivi che convergono in una zona ad

erosione diffusa che interessa l'intero versante meridionale del CVP fino al bacino Marsili. La sommità di questo vulcano è caratterizzata da un'area depressa ampia circa 15 km^2 e dalla morfologia irregolare. Scarpate orientate circa SO-NE causano il progressivo approfondimento da NO a SE di questo settore fino alla profondità massima di 1375 m s.l.m (Fig.2 PC2_F29).

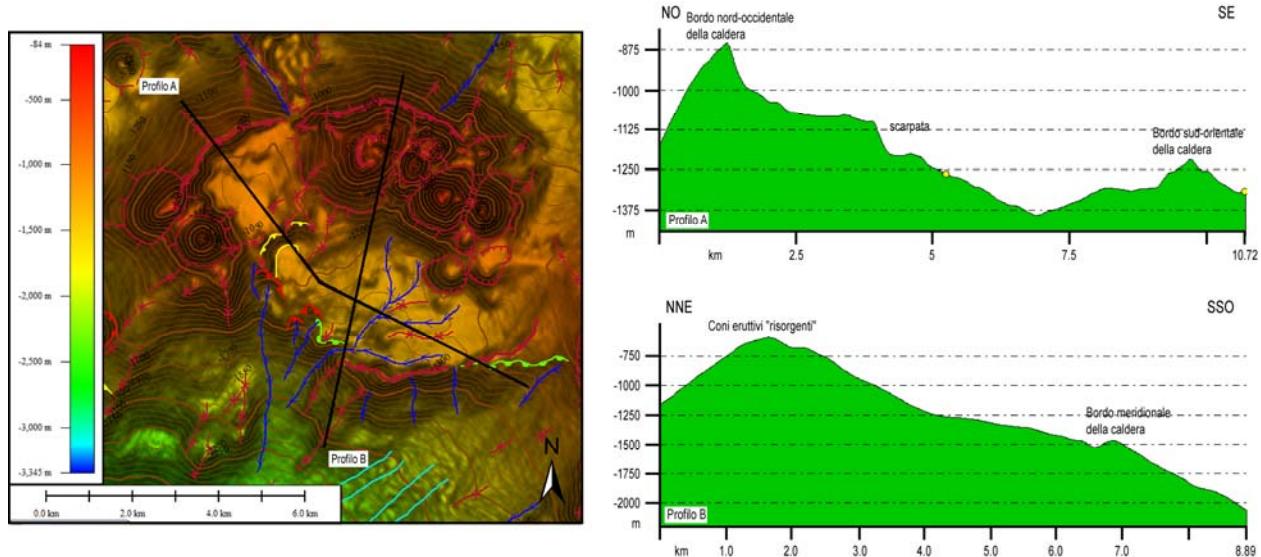


Fig.2 PC2_F29: a destra rappresentazione “shaded relief” della batimetria dell’edificio vulcanico sulla sommità del CVP. In nero è indicata l’ubicazione dei profili topografici attraverso la depressione calderica e la zona dei coni eruttivi “risorgenti”. A sinistra profili batimetrici.

Secondo Marani e Gamberi (2004) si tratterebbe di una caldera formatasi in seguito al collasso gravitativo della sommità di un pre-esistente edificio vulcanico. Lungo il bordo nord-occidentale della caldera una cresta arcuata, lunga circa 3.2 km con ripide scarpate, marca ciò che rimane del precedente edificio. Una struttura analoga, lunga circa 4.4 km è visibile anche lungo il bordo sud-orientale. Il margine nord-orientale della caldera è invece delimitato da un gruppo di piccoli coni che si sono sviluppati lungo una direzione NO-SE. La sommità di questi coni giace ad una profondità media di 650 m b.s.l. e raggiunge il valore minimo di 500 m.

Questi coni sono stati interpretati come coni eruttivi “risorgenti” e quindi posteriori all’evento del collasso calderico (Marani e Gamberi, 2004). Un altro cono, la cui sommità arriva a 650 m di profondità, è visibile ad ovest della cresta arcuata nord-occidentale. La sua genesi potrebbe essere analoga a quella dei coni descritti precedentemente. Un evento gravitativo sembra invece responsabile dell’assenza di una morfologia ben definita lungo il bordo sud-occidentale della caldera. In questo settore infatti la base della caldera si raccorda al versante meridionale del CVP attraverso una serie di solchi erosivi e piccole nicchie di frana.

Nel corso degli anni questo edificio vulcanico è stato sede di numerosi dragaggi e carotaggi. I frammenti di roccia riportati in superficie (Colantoni et al., 1981, Marani et al., 1999; Marani et al., 2003) e le successive analisi petrochimiche e petrografiche (Beccaluva et al., 1985; Trua et al., 2004) hanno permesso di definire la composizione e l’età del vulcano. Le rocce analizzate appartengono alla serie Calc-Alcalina e mostrano una composizione tipo andesiti basaltiche a medio contenuto in potassio. Queste derivano da una attività magmatica tipo IAB, molto diffusa nel Tirreno Meridionale (isole Eolie e loro seamounts, Vulcano Marsili).

L’età ottenuta tramite la datazione K/Ar è di $0.35 \pm 0.05 \text{ ma}$ (Colantoni et al., 1981).

Le osservazioni dirette, tramite telecamera, effettuate durante la campagna oceanografica

TTR-12 (Marani et al., 2003) mostrano immagini della sommità del cono più occidentale tra quelli cresciuti lungo il margine della caldera e testimoniano la presenza un attività idrotermale attuale con depositi idrotermali e camini attivi attorno ai quali sono cresciute estese comunità di organismi termofile.

4.2.4 Rischio potenziale

a) tipo di evoluzione possibile:

l'attività di questo vulcano non è documentata da testimonianze storiche. La presenza di coni eruttivi successivi alla formazione di una caldera e la documentata attività idrotermale in questo settore indicano che l'edificio vulcanico è potenzialmente attivo. E' quindi possibile che possano verificarsi nuove eruzioni sottomarine, probabilmente localizzate nella zona dei coni "risorgenti", seguite da nuovi sprofondamenti calderici che potrebbero provocare l'ampliamento della zona calderica esistente.

b) potenziali effetti diretti o indiretti:

come precedentemente affermato, l'attività di questo vulcano non è confermata da testimonianze storiche, ma le evidenze geofisiche e geologiche suggeriscono forte instabilità sui fianchi, soprattutto quello meridionale. Marani et al. (2003) hanno documentato la presenza di camini idrotermali attivi con altezze dell'ordine del metro. Tali strutture sembra si siano sviluppate preferibilmente in prossimità di ripide scarpate, che sono state interpretate come zone di frattura lungo le quali avviene la risalita di fluidi idrotermali. Tali zone di "debolezza" sono potenzialmente a rischio di fenomeni franosi e di instabilità gravitativa.

c) beni esposti agli effetti dell'evento:

Il punto di criticità F29_PC2 si trova a circa 90-110 km di distanza dalle isole che compongono l'Arco Eoliano, a sud, e a circa 72 km dalla costa campana meridionale a E. I beni che sarebbero maggiormente esposti a danni in caso di tsunami sarebbero le strutture antropiche (porti, cavi sottomarini per vari tipi di comunicazione, condutture ecc.) in queste zone (Fig.3 PC2_F29).

d) tempi di ricorrenza o stato di attività presunto:

non vi è nessuna informazione circa la ricorrenza.

e) eventi pregressi:

non sono disponibili informazioni dirette circa eventi pregressi.

f) dati disponibili nell'area:

le osservazioni, relative al punto di criticità, si basano prevalentemente sull'interpretazione geomorfologica di dati batimetrici *multibeam* integrate da informazioni sulle caratteristiche acustiche del fondale marino (*backscatter*). La maggior parte dei dati batimetrici e di riflettività del fondo mare sono stati acquisiti nell'ambito del "Progetto Strategico Tirreno" durante due campagne oceanografiche TIR96 e TIR99 (Bortoluzzi et al., 1999; Marani et al., 1999, 2004). Ad integrazione di questo dataset, è stato utilizzato un profilo di riflettività (linea MAK – 83), acquisito nel 2002, nell'ambito di una crociera UNESCO/TTR-12 (Marani et al., 2003).

Liberatoria da responsabilità:

Essendo il progetto MaGIC rivolto alla sola mappatura e individuazione degli elementi di pericolosità dei fondali marini, la definizione del rischio esula dagli scopi del progetto e non sono state previste indagini ad hoc. Quindi la definizione dei punti di criticità si basa su dati acquisiti per altri scopi e non omogenei nell'area. Similmente non sono disponibili informazioni sugli insediamenti e le infrastrutture marine e costiere presenti nell'area.

Bibliografia:

Beccaluva, L., Gabbianelli, G., Lucchini, F., Rossi, P.L., 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.
- Bortoluzzi, G., Carrara, G., Fabretti, P., Gamberi, F., Marani, M., Penitenti, D., Stanghellini, G., Tonani, M., Zitellini, N., Bonazzi, C., Lippolis, S., Musacchio, M. Daviddi, A., Diroma, G., Ferrarini, A., Leotta, A., Gilod, D., Nikaronenkov, B., Efimov, V. & Erofeev, S., 1999. Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea report on bathymetric, magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99. *IGM technical Report*, **52**.
- Colantoni, P., Lucchini, L., Rossi, P.L., and Savelli, C., 1981. The Palinuro volcano and magmatism of the south-eastern Tyrrhenian Sea (Mediterranean). *Mar. Geol.*, **39**, M1-M12.
- Marani, M.P., Gamberi, F., Casoni, L.; Carrara, G., Landuzzi, V., Musacchio ,M., Penitenti, D., Rossi, L., Trua, T., 1999. New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian sea: the MAR-98 research cruise. *Giornale di geologia*, **61**, 3-24
- Marani, M., Gamberi, F., Ivanov M. and the Shipboard Scientific Party of TTR-12, LEG 4, 2003. Tyrrhenian Sea (LEG 4) in Interdisciplinary Geoscience research on the North East Atlantic Margin, Mediterranean Sea and Mid-Atlantic Ridge (12th training-through-research cruise, June-August 2002). IOC Technical Series No. **67**, 72-90.
- Marani, M.P. & Gamberi, F., 2004. Distribution and nature of submarine volcanic landforms in the Tyrrhenian Sea: the arc vs the back-arc In: Marani, M. P., Gamberi, F., Bonatti, E. (Eds) From seafloor to deep mantle: Architecture of the Tyrrhenian backarc basin. *APAT, Mem. Desc. Carta Geol. d'It.*, **44**, pl. 1-2.
- Passaro, S., Milano, G., D'isanto, C., Ruggieri, S., Tonielli, R., Bruno, P., Sprovieri, M., Marsella, E., 2010. DTM-based morphometry of the Palinuro seamount (Italy, Eastern Tyrrhenian Sea): geomorphological and volcanological implication. *Geomorphology*, **115**, 129e140.
- Passaro, S., Milano, G., Sprovieri, M., Ruggieri, S., Marsella, E., 2011. Quaternary still-stand landforms and relations with flank instability events of the Palinuro Bank (southeastern Tyrrhenian Sea), *Quaternary International*, **232**, 1-2, 228-237. DOI:10.1016/j.quaint.2010.08.006.
- Trua, T., Serri G., Rossi P.L., 2004. Coexistence of IAB-type and IOB-type magmas in the southern Tyrrhenian back-arc basin: evidence from recent seafloor sampling and geodynamic implications, in From seafloor to deep mantle: architecture of the Tyrrhenian back-arc basin. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, LXIV, Marani, M.P., Gamberi F., Bonatti E. (Ed.), 83-96.

4.3 F29_PC3_ Frana sul versante meridionale del Complesso Vulcanico Palinuro

4.3.1 Riassunto

Il Complesso Vulcanico Palinuro (CVP) è un seamount di 75 km di lunghezza per 25 km di larghezza che si erge lungo una direzione E-O in una zona di transizione tra la piattaforma continentale Calabro-Campana e il Bacino del Marsili.

La sua sommità è costituita da diversi edifici vulcanici che alla profondità di circa 1400 m diventano coalescenti a formare una dorsale continua (Fig.1 PC3_F29).

I suoi fianchi si presentano fortemente asimmetrici. Il versante settentrionale, che presenta una pendenza media di 7° - 8°, si raccorda verso N con un dislivello batimetrico di 1000 m, ad un bacino di intrascarpata la cui massima profondità coincide con l'isobata - 2000 m. La sua morfologia è alquanto regolare, localmente articolata da dicchi di piccole dimensioni e colate laviche di modesta estensione. Il versante meridionale è più acclive, con una pendenza media di 10° che localmente raggiunge i 35° - 40°. Verso S il fianco meridionale si congiunge alla piana batiale del Bacino del Marsili la cui profondità media si aggira intorno a 3400m. I dislivelli batimetrici sono variabili da 2000 m nel settore occidentale ed orientale, ad un massimo di 3100 m nel settore centrale, in corrispondenza dei due edifici conici a testa piatta. Gli elementi morfologici più ricorrenti sono creste e solchi erosivi (*gullies*) che indicano processi erosivi attivi. Ampi canali trasportano probabilmente materiale vulcanoclastico dalla sommità dei vari edifici vulcanici fino al bacino, mentre nicchie di frana di varie dimensioni indicano fenomeni di instabilità gravitativa (Fig.1 PC3_F29). Benché l'intero versante meridionale del CVP possa essere considerato un "punto di criticità", sono stati individuati e descritti solo tre settori più rappresentativi.

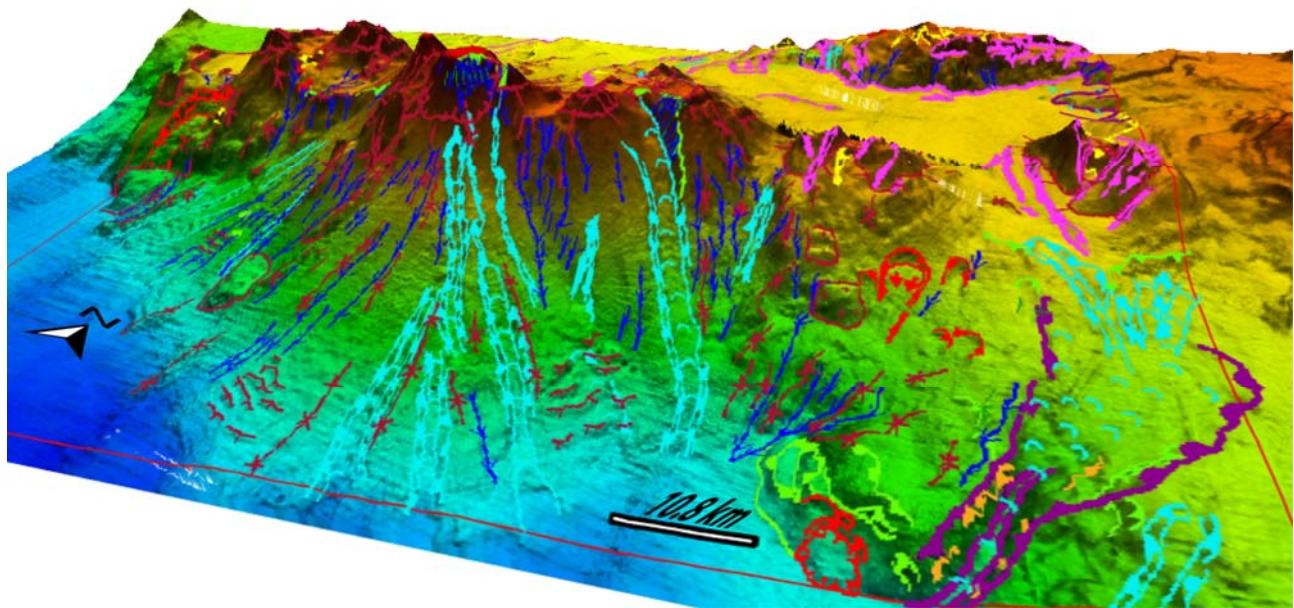


Fig.1 PC3_F29: rappresentazione 3D della batimetria del versante meridionale del Complesso Vulcanico Palinuro (esagerazione verticale X3) con sovrapposti gli elementi morfobatimetrici ai quali è associata la criticità dell'area.

Il punto di criticità F29_PC3 consiste in una frana che complessivamente (nicchia + area di traslazione + deposito) occupa una superficie di 12.76 km² (Fig.2 PC3_F29) e che presenta un deposito non ancora evacuato.

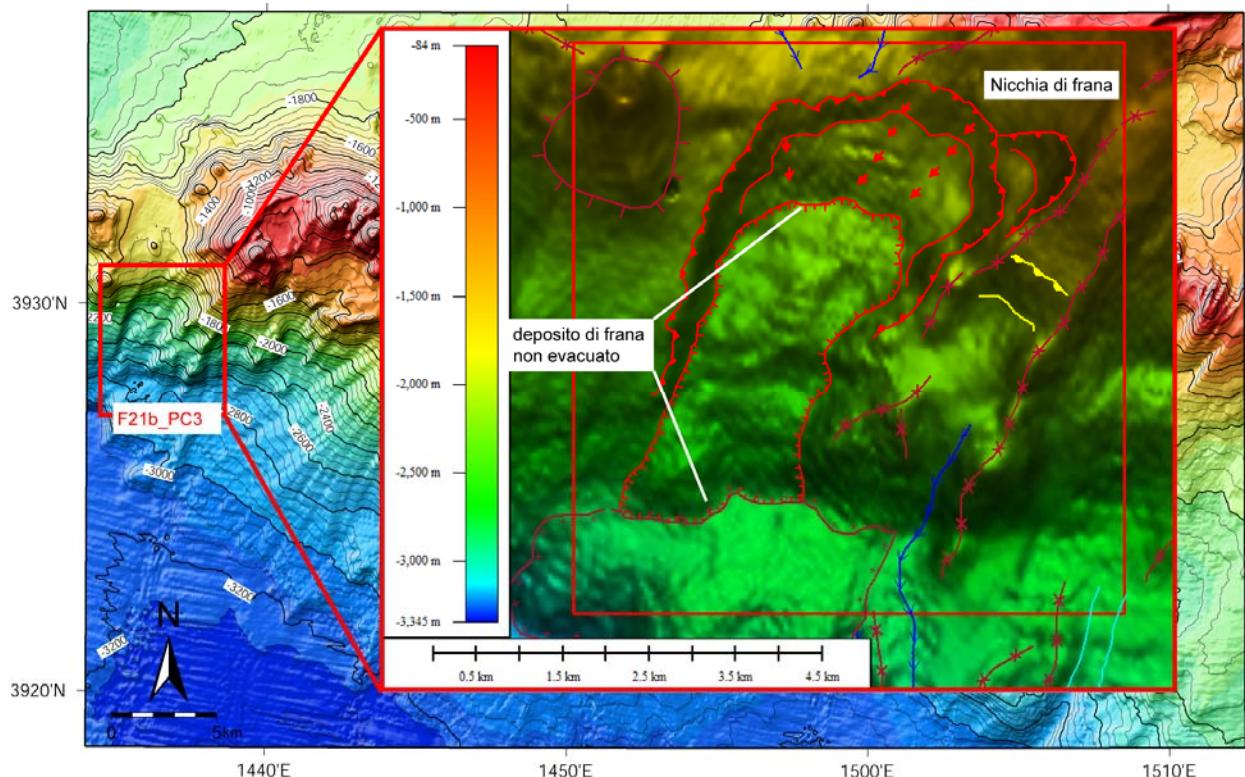


Fig.2PC3_F29: rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro e contour lines ogni 50 m. In rosso è indicato il poligono relativo al punto di criticità F29_PC3. A destra ingrandimento dove sono indicati gli elementi morfobatimetrici ai quali è associata la criticità dell'area.

4.3.2 Tipo di rischio

Frane interamente sottomarine con possibilità di innesco di tsunami.

4.3.3 Descrizione del lineamento

Nel settore occidentale del CVP il fianco meridionale è interessato da scarpata ad anfiteatro ubicata alla profondità di 1750 m. Questa morfologia è stata interpretata come una nicchia di una frana alta 170 m. A partire dalla nicchia di distacco, lungo il fianco meridionale del CVP, è stata riconosciuta una zona di traslazione (indicata con delle frecce rosse in Fig.2 PC3_F29) e un'ampia zona dalla morfologia gibbosa che si estende dalla isobata -2140 all'isobata -2824, occupando un'area di 6.46 km². Poiché alla base del versante non vi sono evidenze geomorfologiche e geofisiche di un deposito, questa zona corrugata è stata interpretata come un deposito non ancora evacuato e potenzialmente instabile. Per renderci conto dei volumi che potenzialmente potrebbero essere messi in gioco da una frana di queste dimensioni, la geometria della frana stessa è stata approssimata a quella di un cuneo (Fig.2 PC3_F29) ed utilizzando la relazione $V_L=1/2 A_S(hcosa)$ (da McAdoo et al. 2000), dove V_L è il volume della frana; A_S è l'area della frana e $hcosa$ è lo spessore del cuneo, si ottiene che il volume di questa frana è pari a 1,07 km³. Ad E della frana, una coppia di dicchi di grandi dimensioni (5–6 km di lunghezza per 700 m di larghezza e 50–100 m di altezza) percorrono l'intero versante fino al bacino. Queste strutture vulcaniche si generano per la risalita di magma attraverso fratture o faglie. L'intrusione del magma produce delle deformazioni meccaniche e termiche che tendono diminuire la resistenza della roccia incassante (Elsworth and Voight, 1995 e 1996). Dunque anche queste strutture potrebbero contribuire all'instabilità dei fianchi del vulcano.

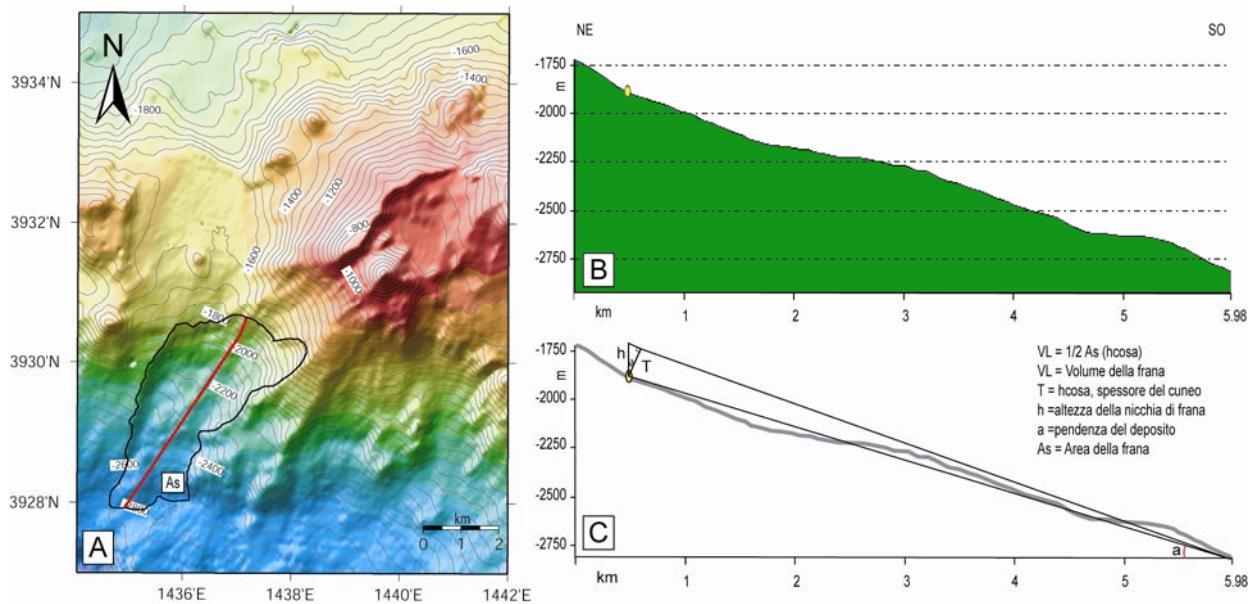


Fig.3 PC3_F29: A) rappresentazione “shaded relief” della batimetria del settore occidentale del fianco meridionale del Complesso Vulcanico Palinuro con contour lines ogni 50 m. In nero è delimitata l’area della frana A_s (nicchia + area di traslazione + deposito) descritta nel testo mentre in rosso la traccia del profilo batimetrico riportato in B) utilizzato per calcolare il volume di roccia coinvolto nella frana. C) Il calcolo del volume è stato fatto approssimando la morfologia della frana ad un cuneo come descritto in McAdoo et al. (2000).

4.3.4 Rischio potenziale

a) tipo di evoluzione possibile:

Le elevate pendenze (circa 10°) e la presenza di una frana con un deposito non ancora evacuato suggeriscono che questo settore del versante meridionale del CVP possa essere interessato da evento gravitativo che potrebbe coinvolgere un volume di materiale di circa 1 km^3 .

b) potenziali effetti diretti o indiretti:

Potenziale collasso di un settore del fianco meridionale del CVP, generazione di tsunami.

c) beni esposti agli effetti dell’evento:

Il punto di criticità descritto è ubicato a circa 80 km dalla costa campana (Capo Palinuro) e a circa 90-100 km dalle isole Eolie. Queste zone potrebbero essere raggiunte da onde di tsunami (Fig.4 PC3_F29).

d) tempi di ricorrenza o stato di attività presunto:

Non vi è nessuna informazione circa la ricorrenza.

e) eventi pregressi:

Non sono disponibili informazioni dirette circa eventi pregressi.

f) dati disponibili nell’area:

Le osservazioni, relative al punto di criticità, si basano prevalentemente sull’interpretazione geomorfologica di dati batimetrici *multibeam* integrati da informazioni sulle caratteristiche acustiche del fondale marino (*backscatter*). La maggior parte dei dati batimetrici e di riflettività del fondo mare disponibili, nonché i dati sismici ad alta risoluzione, sono stati acquisiti nell’ambito del “Progetto Strategico Tirreno” durante due campagne oceanografiche TIR96 e TIR99 (Bortoluzzi et al., 1999; Marani et al., 1999, 2004).

Liberatoria da responsabilità:

Essendo il progetto MaGIC rivolto alla sola mappatura e individuazione degli elementi di pericolosità dei fondali marini, la definizione del rischio esula dagli scopi del progetto e non sono state previste indagini ad hoc. Quindi la definizione dei punti di criticità si basa su dati

acquisiti per altri scopi e non omogenei nell'area. Similmente non sono disponibili informazioni sugli insediamenti e le infrastrutture marine e costiere presenti nell'area.

Bibliografia:

- Bortoluzzi, G., Carrara, G., Fabretti, P., Gamberi, F., Marani, M., Penitenti, D., Stanghellini, G., Tonani, M., Zitellini, N., Bonazzi, C., Lippolis, S., Musacchio, M. Daviddi, A., Diroma, G., Ferrarini, A., Leotta, A., Gilod, D., Nikaronenkov, B., Efimov, V. & Erofeev, S., 1999. Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea report on bathymetric, magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99. *IGM technical Report*, **52**.
- Elsworth, D. & Voight, B. 1995. Dike intrusion as a trigger for large earthquakes and the failure of volcano flanks. *Jour. of Geoph. Res.*, **100**, No. B4, PP. 6005-6024, doi:10.1029/94JB02884.
- Elsworth, D. & Voight, B. 1996. Evaluation of volcano flank instability triggered by dyke intrusion. *Geol. Soc. London, Special Publications*; **110**; 45-53; DOI: 10.1144/GSL.SP.1996.110.01.03.
- Marani, M.P., Gamberi, F., Casoni, L.; Carrara, G., Landuzzi, V., Musacchio ,M., Penitenti, D., Rossi, L., Trua, T., 1999. New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian sea: the MAR-98 research cruise. *Giornale di geologia*, **61**, 3-24
- Marani, M.P. & Gamberi, F., 2004. Distribution and nature of submarine volcanic landforms in the Tyrrhenian Sea: the arc vs the back-arc In: Marani, M. P., Gamberi, F., Bonatti, E. (Eds) From seafloor to deep mantle: Architecture of the Tyrrhenian backarc basin. *APAT, Mem. Desc. Carta Geol. d'It.*, **44**, pl. 1-2.
- McAdoo, B., Pratson, G., Orange, L.F., 2000. Submarine Landslide Geomorphology, U.S. Continental Slope. *Mar. Geol.* **169**, 103-136.

4.4 F29_PC4_Area caratterizzata da fenomeni gravitativi e colate laviche lungo il fianco meridionale del Complesso Vulcanico Palinuro

4.4.1 Riassunto

Il punto di criticità F29_PC4 racchiude un settore del fianco meridionale del Complesso Vulcanico Palinuro (CVP) compreso tra la longitudine 14°35.96' E e 14°48.97' E che si estende dalle pendici di tre edifici vulcanici che compongono la sommità del CVP, sino al bacino del Marsili. La pendenza media è di circa 8° distribuita su un dislivello batimetrico 2000 m (Fig.1 PC4_F29).

Le principali evidenze di instabilità del versante sono riconducibili prevalentemente alla presenza di:

- ↗ ampi canali di lava che incidono il substrato e numerosi solchi erosivi;
- ↗ dicchi di grandi dimensioni che intrudendosi diminuiscono la resistenza delle rocce incassanti;
- ↗ nicchie di frana di piccole dimensioni.

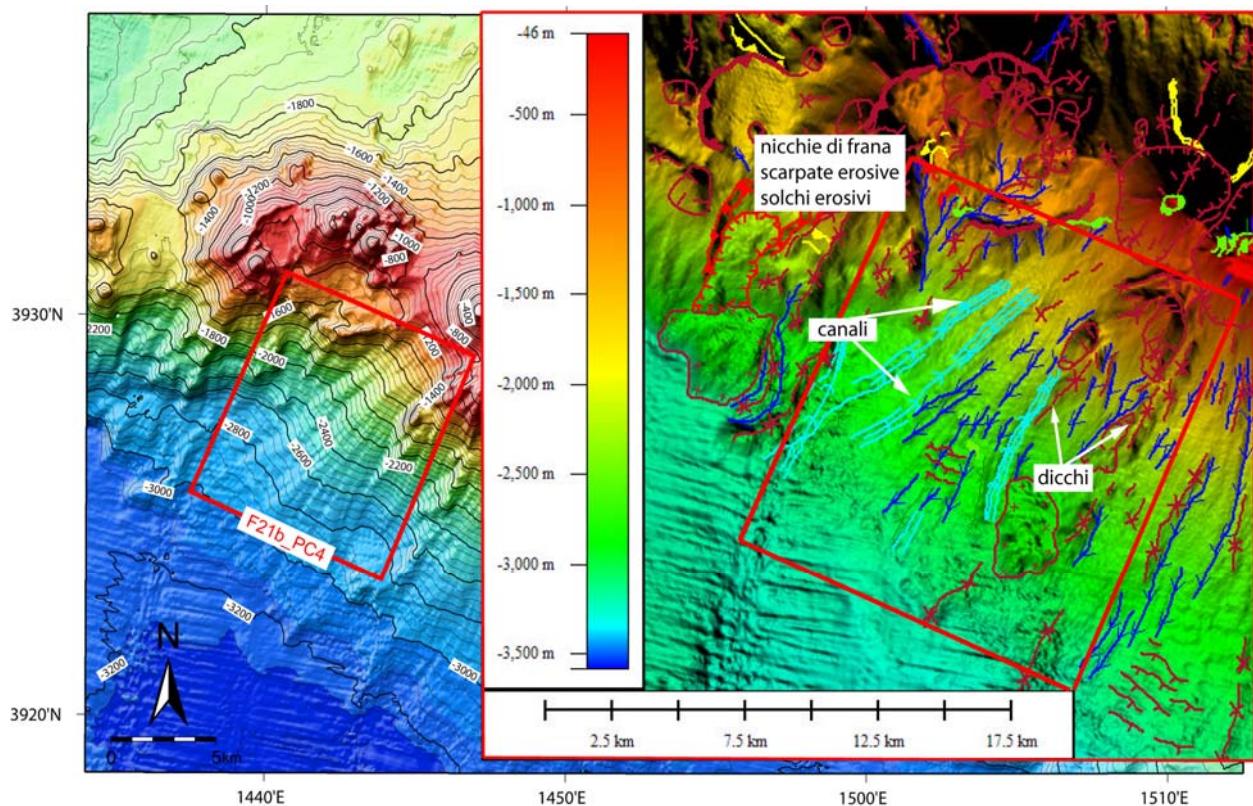


Fig.1 PC4_F29: rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro e contor lines ogni 50 m. In rosso è indicata l'estensione del punto di criticità F29_PC4. A destra ingrandimento dell'area e rappresentazione degli elementi morfobatimetrici.

4.4.2 Tipo di rischio

frane interamente sottomarine con possibilità di innescio di tsunami.

4.4.3 Descrizione del lineamento

Il punto di criticità F29_PC4 coinvolge il fianco meridionale del CVP dalle pendici degli edifici vulcanici occidentali sino alla piana batiale (Fig.1 PC4_F29). Questo settore è caratterizzato da una pendenza media di circa 8° e da un dislivello batimetrico di circa 2000 m.

All'estremità nord-occidentale del punto di criticità si osserva una zona dalla morfologia

accidentata, con nicchie di frana e scarpate erosive di piccole dimensioni ubicate prevalentemente lungo il margine meridionale di un'ampia caldera. Solchi erosivi incidono il substrato e testimoniano fenomeni erosivi ancora attivi in questo settore.

All'estremità orientale si osservano invece coni vulcanici secondari, di modeste dimensioni e dalla sezione asimmetrica, con il versante meridionale più esteso rispetto a quello settentrionale. Dicchi lineari e colate laviche sono altre morfologie vulcaniche presenti in questa zona. Nella zona centrale del punto di criticità, delimitata da queste morfologie irregolari e rilevate, si osserva un'ampia zona a "ventaglio" la cui estensione aumenta procedendo verso il bacino. All'interno di questa zona si sono riconosciute principalmente strutture associate a processi erosivi.

Le più evidenti sono dei canali lunghi fino a 8 km caratterizzati da una sezione concava ampia circa 500 m.

4.4.4 Rischio potenziale

a) tipo di evoluzione possibile:

la presenza di numerosi indicatori di instabilità gravitativa e di depositi vulcanoclastici di grandi dimensioni fanno pensare che questo settore del versante meridionale del CVP sia instabile.

b) potenziali effetti diretti o indiretti:

potenziale collasso di un settore del fianco meridionale del CVP, generazione di tsunami.

c) beni esposti agli effetti dell'evento:

la costa campana e le coste delle isole dell'arcipelago Eoliano (Fig. 2 PC4_F29)

d) *tempi di ricorrenza o stato di attività presunto*:

non vi è nessuna informazione circa la ricorrenza o lo stato di attività.

e) *eventi pregressi*:

non sono disponibili informazioni dirette circa eventi pregressi.

f) *dati disponibili nell'area*:

le osservazioni, relative al punto di criticità, si basano prevalentemente sull'interpretazione geomorfologica di dati batimetrici *multibeam* integrate da informazioni sulle caratteristiche acustiche del fondale marino (*backscatter*). La maggior parte dei dati batimetrici e di riflettività del fondo mare disponibili, nonché i dati sismici ad alta risoluzione, sono stati acquisiti nell'ambito del "Progetto Strategico Tirreno" durante due campagne oceanografiche TIR96 e TIR99 (Bortoluzzi et al., 1999; Marani et al., 1999, 2004).

Liberatoria da responsabilità:

Essendo il progetto MaGIC rivolto alla sola mappatura e individuazione degli elementi di pericolosità dei fondali marini, la definizione del rischio esula dagli scopi del progetto e non sono state previste indagini ad hoc. Quindi la definizione dei punti di criticità si basa su dati acquisiti per altri scopi e non omogenei nell'area. Similmente non sono disponibili informazioni sugli insediamenti e le infrastrutture marine e costiere presenti nell'area.

Bibliografia:

Bortoluzzi, G., Carrara, G., Fabretti, P., Gamberi, F., Marani, M., Penitenti, D., Stanghellini, G., Tonani, M., Zitellini, N., Bonazzi, C., Lippolis, S., Musacchio, M. Daviddi, A., Diroma, G., Ferrarini, A., Leotta, A., Gilod, D., Nikaronenkov, B., Efimov, V. & Erofeev, S., 1999. Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea report on bathymetric, magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99. *IGM technical Report, 52*.

Marani, M.P., Gamberi, F., Casoni, L.; Carrara, G., Landuzzi, V., Musacchio ,M., Penitenti, D., Rossi, L., Trua, T., 1999. New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian sea: the MAR-98 research cruise. *Giornale di geologia, 61, 3-24*

Marani, M.P. & Gamberi, F., 2004. Distribution and nature of submarine volcanic

landforms in the Tyrrhenian Sea: the arc vs the back-arc In: Marani, M. P., Gamberi, F., Bonatti, E. (Eds) From seafloor to deep mantle: Architecture of the Tyrrhenian backarc basin. *APAT, Mem. Desc. Carta Geol. d'It.*, **44**, pl. 1-2.

4.5 F29_PC5_Area ad erosione diffusa lungo il versante meridionale del Complesso Vulcanico Palinuro

4.5.1 Riassunto

Il versante meridionale del Complesso Vulcanico Palinuro (CVP) è da considerarsi, nella sua interezza, come una zona ad elevato rischio di frane e di fenomeni di instabilità poiché caratterizzato da un dislivello batimetrico elevato (fino a 3100 m) e da pendenze di 10°-12°. Nel settore compreso tra 14°45.34' E e 14°59.35' E di longitudine, il fianco meridionale mostra evidenze di una intensa attività erosiva con lunghe e profonde incisioni che nella parte distale, verso la base del seamount e in prossimità del bacino Marsili, danno luogo ad ampi aprons vulcanoclastici (Fig. 1 PC5_F29).

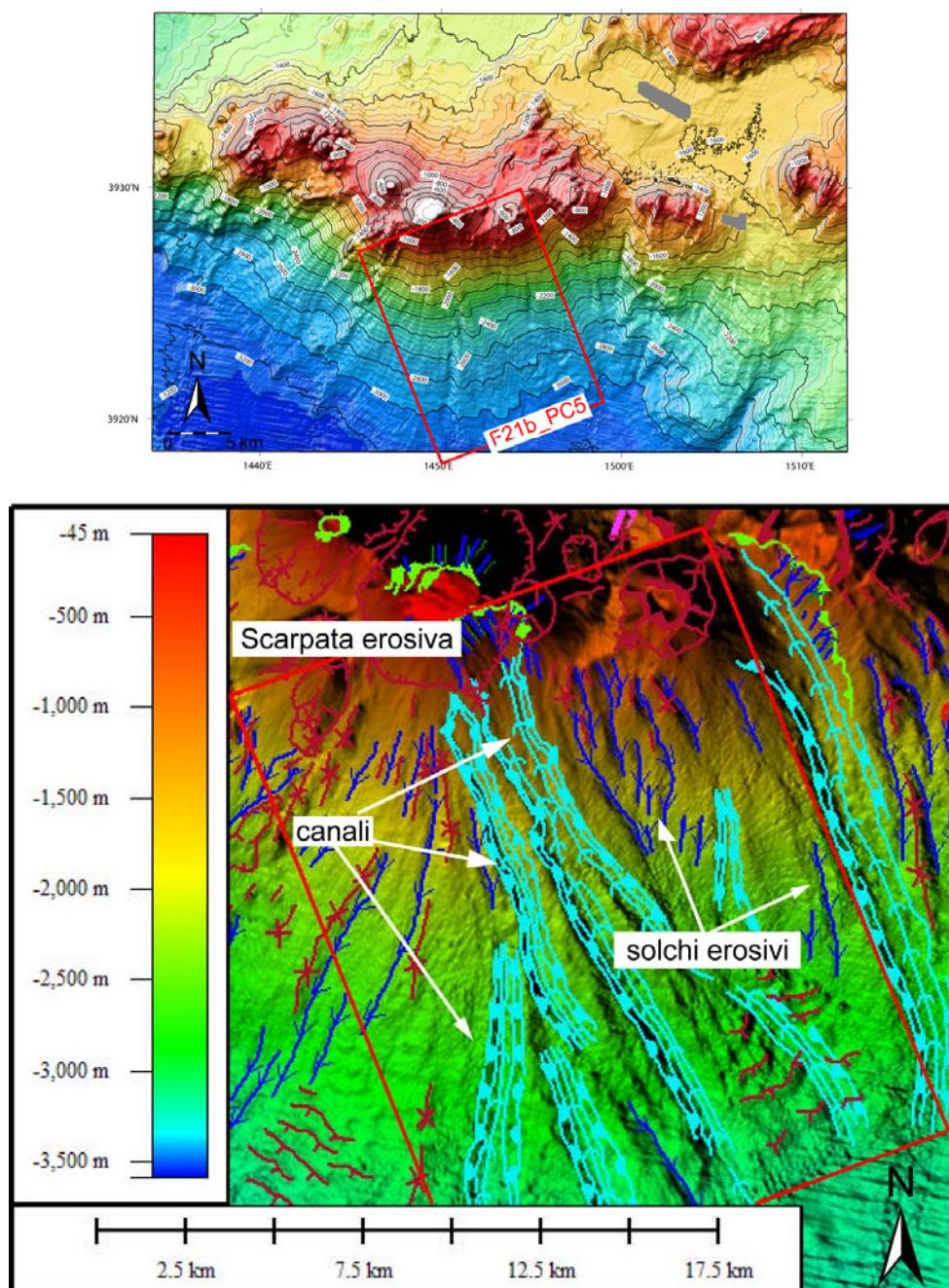


Fig.1 PC5_F29: in alto) rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro e linee batimetriche ogni 50 m. In rosso è indicata l'estensione del punto di criticità F29_PC5; in basso) dettaglio dell'area e rappresentazione degli elementi morfobatimetrici.

4.5.2 Tipo di rischio

Frane interamente sottomarine con possibilità di innescio di tsunami.

4.5.3 Descrizione del lineamento

Il punto di criticità F29_PC5 è un'ampia zona caratterizzata da erosione diffusa dove solchi erosivi e canali incidono il substrato (Fig.1 PC5_F29). Questi canali, che convogliano flussi di materiale vulcanoclastico dalla sommità del CVP alla piana batiale, presentano fianchi ripidi e un thalweg dalla sezione concava. Il più pronunciato ha una orientazione di 155°, è lungo 17.7 km e copre un dislivello di 2912 m dalla sommità al bacino. La zona della testata, il cui punto medio è ubicato a 39° 28.78' N, 14° 49.99' E, coincide con una scarpata erosiva che localmente borda il fianco meridionale di uno degli edifici a testa piatta sulla sommità del CVP. Passaro et al. (2011) osservando le caratteristiche morfologiche di questo settore di scarpata (andamento rettilineo con una direzione N50°E e creste e "gullies" disposti perpendicolarmente) hanno ipotizzato un controllo tettonico. Il canale presenta una sezione concava ampia 1 km e fianchi, nel settore più a monte, con un'altezza fino a 80 - 100 m. Alla base del versante i canali si alternano a strutture lobate che sono state interpretate come "aprons" vulcanoclastici.

4.5.4 Rischio potenziale

a) tipo di evoluzione possibile:

la presenza di canali e socchi erosivi, di depositi vulcanoclastici alla base del versante suggeriscono che questo settore sia caratterizzato da processi ancora in atto che provocano lo spostamento di materiale dalla sommità del CVP al bacino. Queste dinamiche possono contribuire ad innescare fenomeni di instabilità gravitativa.

b) potenziali effetti diretti o indiretti:

aumento dell'instabilità al piede del PVC

c) beni esposti agli effetti dell'evento:

la costa campana e le coste delle isole dell'arcipelago Eoliano (Fig. 2 PC5_F29).

d) tempi di ricorrenza o stato di attività presunto:

non vi è nessuna informazione circa la ricorrenza o lo stato di attività.

e) eventi pregressi:

non sono disponibili informazioni dirette circa eventi pregressi.

f) dati disponibili nell'area:

Le osservazioni, relative al punto di criticità, si basano prevalentemente sull'interpretazione geomorfologica di dati batimetrici *multibeam* integrate da informazioni sulle caratteristiche acustiche del fondale marino (*backscatter*). La maggior parte dei dati batimetrici e di riflettività del fondo mare disponibili, nonché i dati sismici ad alta risoluzione, sono stati acquisiti nell'ambito del "Progetto Strategico Tirreno" durante due campagne oceanografiche TIR96 e TIR99 (Bortoluzzi et al., 1999; Marani et al., 2004).

Liberatoria da responsabilità:

Essendo il progetto MaGIC rivolto alla sola mappatura e individuazione degli elementi di pericolosità dei fondali marini, la definizione del rischio esula dagli scopi del progetto e non sono state previste indagini ad hoc. Quindi la definizione dei punti di criticità si basa su dati acquisiti per altri scopi e non omogenei nell'area. Similmente non sono disponibili informazioni sugli insediamenti e le infrastrutture marine e costiere presenti nell'area.

Bibliografia:

Bortoluzzi, G., Carrara, G., Fabretti, P., Gamberi, F., Marani, M., Penitenti, D., Stanghellini, G., Tonani, M., Zitellini, N., Bonazzi, C., Lippolis, S., Musacchio, M. Daviddi, A., Diroma, G., Ferrarini, A., Leotta, A., Gilod, D., Nikaronenkov, B., Efimov, V. & Erofeev, S., 1999. Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea report on bathymetric,

magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99. *IGM technical Report, 52.*

Marani, M.P., Gamberi, F., Casoni, L.; Carrara, G., Landuzzi, V., Musacchio ,M., Penitenti, D., Rossi, L., Trua, T., 1999. New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian sea: the MAR-98 research cruise. *Giornale di geologia*, **61**, 3-24

Marani, M.P. & Gamberi, F., 2004. Distribution and nature of submarine volcanic landforms in the Tyrrhenian Sea: the arc vs the back-arc In: Marani, M. P., Gamberi, F., Bonatti, E. (Eds) From seafloor to deep mantle: Architecture of the Tyrrhenian backarc basin. *APAT, Mem. Desc. Carta Geol. d'It.*, **44**, pl. 1-2.

Passaro, S., Milano, G., Sprovieri, M., Ruggieri, S., Marsella, E., 2011. Quaternary still-stand landforms and relations with flank instability events of the Palinuro Bank (southeastern Tyrrhenian Sea), *Quaternary International*, **232**, 1-2, 228-237. DOI:10.1016/j.quaint.2010.08.006.

4.6 F29_PC6_Faglie che interessano il bacino di scarpata a nord del Complesso Vulcanico Palinuro

4.5.1 Riassunto

Tra la scarpata continentale ed il Complesso Vulcanico Palinuro (CVP) si estende un piccolo bacino di scarpata caratterizzato da una morfologia del fondo pressoché pianeggiante che da profondità di 1600 m, nel settore orientale, arriva a circa 2100 m in quello occidentale. Il progressivo approfondimento del bacino sembra essere associato alla presenza di due sistemi di faglia (a, b in Fig.1 PC6_F29) con orientazione NE-SO ed immersione NO. Queste scarpate di faglia presentano una lunghezza variabile e non esattamente determinabile poiché si estendono al di fuori dell'area cartografata. All'interno del foglio hanno una lunghezza variabile tra 11 e 6 km ed un rigetto verticale sul fondo mare di circa 200 m. A monte del bacino di intra-scarpata, la scarpata continentale presenta molto articolata. Una scarpata di origine tettonica dall'andamento rettilineo si estende per una lunghezza di circa 14 km in prossimità del margine nord-orientale del Foglio. Essa si presenta con orientazione NE-SO ed immersione verso SE e produce sul fondo mare un rigetto verticale massimo di circa 810 m (c in Fig.1 PC6_F29) ma non sembra interessare il fondo del bacino antistante, al contrario dei due sistemi 'minor' che formano gradinate sul fondo del bacino e terminano al contatto con i prodotti vulcanici del PVC.

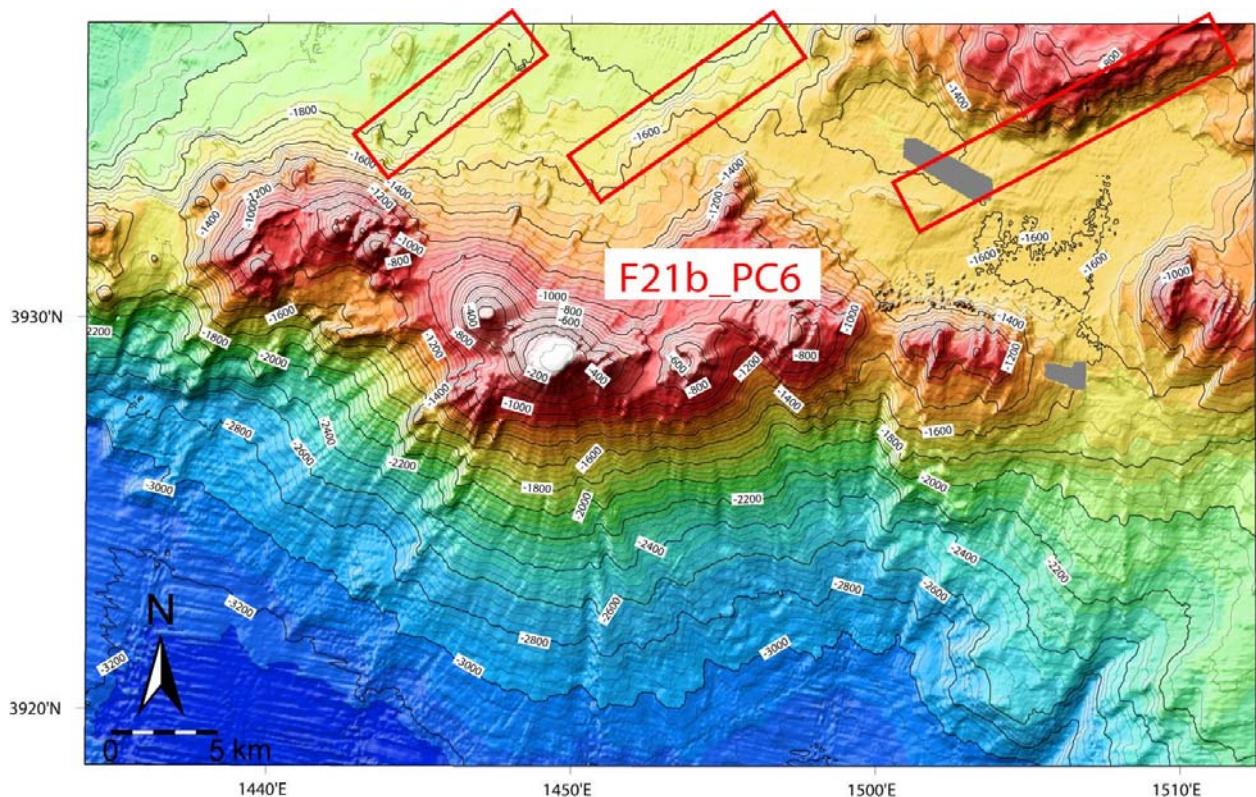


Fig.1 PC6_F29: rappresentazione “shaded relief” della batimetria del Complesso Vulcanico Palinuro e contour lines ogni 50 m. In rosso sono indicate le tre grandi strutture di faglia che costituiscono il Punto di Criticità 6.

4.5.2 Tipo di rischio

Frana sottomarina e forte instabilità dell'edificio. Possibile generazione di tsunami.

4.5.3 Descrizione del lineamento

Sistema a – una scarpata di faglie di complessivi 150 m circa con direzione NE-SO di lunghezza 7.5 km. La terminazione meridionale si perde sul fianco della caldera di colasso nella porzione Ovest del PVC.

Sistema b – una scarpata di faglie di complessivi 200 m circa con direzione NE-SO di lunghezza 10.6 km. La terminazione meridionale si perde sul fianco del PVC fra i coni centrali di basse profondità e le porzione ‘calderica’ ad Ovest del PVC.

Per entrambi i sistemi di faglia non si esclude una associazione di processi sia tettonici sia vulcanici.

Sistema c - una scarpata di origine tettonica dall'andamento rettilineo si estende per una lunghezza di circa 14 km nella zona di scarpata a NE del Foglio. Con orientazione NE-SO ed immersione verso SE, produce un rigetto verticale massimo di circa 810 m. Considerata un sistema di faglie legata alla strutturazione passata del margine, è probabile che sia una struttura non attualmente attiva.

4.5.4 Rischio potenziale

a) *tipo di evoluzione possibile:*

I sistemi di faglia a e b sono eventi tettonici che hanno caratteristiche da ritenere una loro attività recente nell'area del bacino di intra-scarpata – queste caratteristiche non sembrano invece esserci per la faglia c in ambiente di scarpata. Una ripresa di attività tettonica è quindi più probabile nei sistemi a e b piuttosto che nella faglia c.

b) *potenziali effetti diretti o indiretti:*

aumento dell'instabilità del complesso vulcanico a valle delle faglie

c) *beni esposti agli effetti dell'evento:*

la costa campana e le coste delle isole dell'arcipelago Eoliano (Fig. 2 PC5_F29).

d) *tempi di ricorrenza o stato di attività presunto:*

non vi è nessuna informazione circa la ricorrenza o lo stato di attività.

e) *eventi pregressi:*

non sono disponibili informazioni dirette circa eventi pregressi.

f) *dati disponibili nell'area:*

Le osservazioni, relative al punto di criticità, si basano prevalentemente sull'interpretazione geomorfologica di dati batimetrici *multibeam*. La maggior parte dei dati batimetrici e di riflettività del fondo mare disponibili sono stati acquisiti nell'ambito del “Progetto Strategico Tirreno” durante due campagne oceanografiche TIR96 e TIR99 (Bortoluzzi *et al.*, 1999; Marani *et al.*, 2004).

Liberatoria da responsabilità:

Essendo il progetto MaGIC rivolto alla sola mappatura e individuazione degli elementi di pericolosità dei fondali marini, la definizione del rischio esula dagli scopi del progetto e non sono state previste indagini ad hoc. Quindi la definizione dei punti di criticità si basa su dati acquisiti per altri scopi e non omogenei nell'area. Similmente non sono disponibili informazioni sugli insediamenti e le infrastrutture marine e costiere presenti nell'area.

Bibliografia:

Bortoluzzi, G., Carrara, G., Fabretti, P., Gamberi, F., Marani, M., Penitenti, D., Stanghellini, G., Tonani, M., Zitellini, N., Bonazzi, C., Lippolis, S., Musacchio, M. Daviddi, A., Diroma, G., Ferrarini, A., Leotta, A., Gilod, D., Nikaronenkov, B., Efimov, V. & Erofeev, S., 1999. Swath bathymetry and geophysical survey of the Tyrrhenian sea report on bathymetric, magnetic and gravimetric investigations during cruises TIR96 and TIR99. *IGM technical Report, 52.*

[Marani, M.P., Gamberi, F., Casoni, L.; Carrara, G., Landuzzi, V., Musacchio ,M., Penitenti,](#)

- D., Rossi, L., Trua, T., 1999. New rock and hydrothermal samples from the southern Tyrrhenian sea: the MAR-98 research cruise. *Giornale di geologia*, **61**, 3-24
- Marani, M.P. & Gamberi, F., 2004. Distribution and nature of submarine volcanic landforms in the Tyrrhenian Sea: the arc vs the back-arc In: Marani, M. P., Gamberi, F., Bonatti, E. (Eds) From seafloor to deep mantle: Architecture of the Tyrrhenian backarc basin. *APAT, Mem. Desc. Carta Geol. d'It.*, **44**, pl. 1-2.
- Passaro, S., Milano, G., Sprovieri, M., Ruggieri, S., Marsella, E., 2011. Quaternary still-stand landforms and relations with flank instability events of the Palinuro Bank (southeastern Tyrrhenian Sea), *Quaternary International*, **232**, 1-2, 228-237. DOI:10.1016/j.quaint.2010.08.006.