

INTERMITTENZA E STRUTTURA DELLA CALDERA RISORGENTE ATTIVA DELL'ISOLA D'ISCHIA

A. Tibaldi - L. Vezzoli

Dip.to di Scienze della Terra, Università di Milano, Milano

ABSTRACT - *Timing and structure in the active resurgent caldera of the island of Ischia (Italy)* - Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences, 10(2), 1997, 465-470 - The island of Ischia (Bay of Naples, Italy) is a highly-exposed, ongoing resurgent caldera. The stages of development of the uplift are linked to a dome-like monocline-bounded structure and piston-like fault-bounded structure. During the piston-like stage, on the western and eastern flanks of the resurgent core, uplift occurred along NNW-striking faults, that have inclination from sub-vertical to vertical (>85°) and outward dips. In an ENE-WSW section, the geometry of these faults suggests a negligible extensional deformation. Along the northern flank, uplift was accomplished by ENE-striking normal faults. They have inclination of 60°-85°, dip northwards (outward) and show striae which indicate almost pure dip-slip. The southern flank is characterized by a monocline with hinge lines trending ENE associated with vertical faults. In a NNW-SSE section, the resulting resurgence has a wedge shape. This structure can be reconciled by the contemporaneous regional extension along NE to E-W striking normal faults, whose motion creates space for uplift with no deformation of the surrounding caldera floor.

Parole chiave: Caldera, risorgenza, fessura, geologia strutturale, Pleistocene, Olocene, Ischia, Italia
Key words: Caldera, resurgence, monocline, structural geology, Pleistocene, Holocene, Ischia, Italy

1. INTRODUZIONE

Modelli strutturali tridimensionali di risorgenza calderica sono scarsamente disponibili in letteratura, a causa soprattutto della limitata esposizione delle strutture nelle caldere quaternarie. L'isola d'Ischia, il cui vulcanismo è databile almeno dal Pleistocene superiore al Presente, è un eccellente esempio di studio, in quanto la struttura principale della sua caldera risorgente attiva è eccezionalmente esposta e vincolata temporalmente da unità vulcaniche datate. Orsi *et al.* (1991) hanno applicato alla risorgenza di Ischia un modello teorico, in cui si presuppone che il blocco sollevato sia limitato da due faglie parallele immergenti verso sud, cioè da una faglia inversa sul lato settentrionale e una faglia normale sul lato meridionale. In base a dati stratigrafici e strutturali di terreno Fusi *et al.* (1990) hanno mostrato che le faglie principali delimitanti il blocco risorgente sono sub-verticali o hanno immersione verso l'esterno del blocco stesso e Tibaldi & Vezzoli (1997) hanno riconosciuto sul suo fianco meridionale una doppia fessura, che in profondità si trasforma in due faglie verticali. Ulteriori dati geologici e strutturali di terreno ci permettono di proporre un modello tridimensionale della risorgenza calderica ischitana che richiede una contemporanea deformazione tettonica regionale.

2. STRUTTURA DELLA CALDERA

La storia geologica ed eruttiva dell'isola d'Ischia è stata delineata da Gillot *et al.* (1982), Vezzoli (1988) e Poli *et al.* (1989). Ulteriori ricerche stratigrafiche e strutturali, svolte dai presenti autori nell'ultimo decennio, hanno permesso di precisare la struttura della caldera e le sue fasi di evoluzione (Fig. 1).

L'attuale caldera ha forma ellittica, con l'asse maggiore in direzione E-O e dimensioni di 10x7 km. Essa si è formata circa 55 ka BP, in seguito ad una complessa eruzione esplosiva (Vezzoli, 1993) che ha messo in posto i flussi piroclastici alcalitrichitici costituenti il Tufo Verde del Monte Epomeo (TVE) (Vezzoli, 1988). Questa caldera ha riattivato una precedente struttura, che troncava la sommità di un campo vulcanico costituito dalle unità più antiche affioranti (>147-130 ka BP), e il cui orlo è sottolineato da un anello discontinuo di duomi lavici (130-73 ka BP) (Fig. 1a). Le faglie anulari del collasso calderico tagliano vulcaniti più antiche di 73 ka BP e sono mantellate da depositi piroclastici di 48-33 ka BP. La caldera è stata riempita dal TVE con spessori tra 140 e 400 m, mentre all'esterno del suo orlo il TVE raggiunge spessori di 60 m e si può seguire fino al Monte di Procida (Campi Flegrei) (Rosi *et al.*, 1988). Il collasso della caldera è imputabile allo sprofondamento a pistone dell'intero blocco intracalderico di TVE. Nel periodo tra 55 e 33 ka BP il fondo della caldera è stato coperto dal mare mentre centri esplosivi idromagmatici erano attivi lungo le porzioni esterne dell'orlo calderico (Tufo di Citara; Vezzoli, 1988). Durante questa fase circa 200 m di tefra distali e di sedimenti marini, con batimetria massima di deposizione tra -70 e -120 m (Barra *et al.*, 1993), si sono accumulati sul fondo calderico (Tufite del Monte Epomeo e Formazione di Colle Jetto; Vezzoli, 1988) (Fig. 1a).

3. STRUTTURA DELLA RISORGENZA

La risorgenza calderica dell'isola d'Ischia è iniziata circa 33 ka fa (Gillot *et al.*, 1982), ha sollevato la parte centro-occidentale del fondo della caldera creando l'horst vulcano-tettonico del M. Epomeo (Rittmann, 1930). Il Tufo

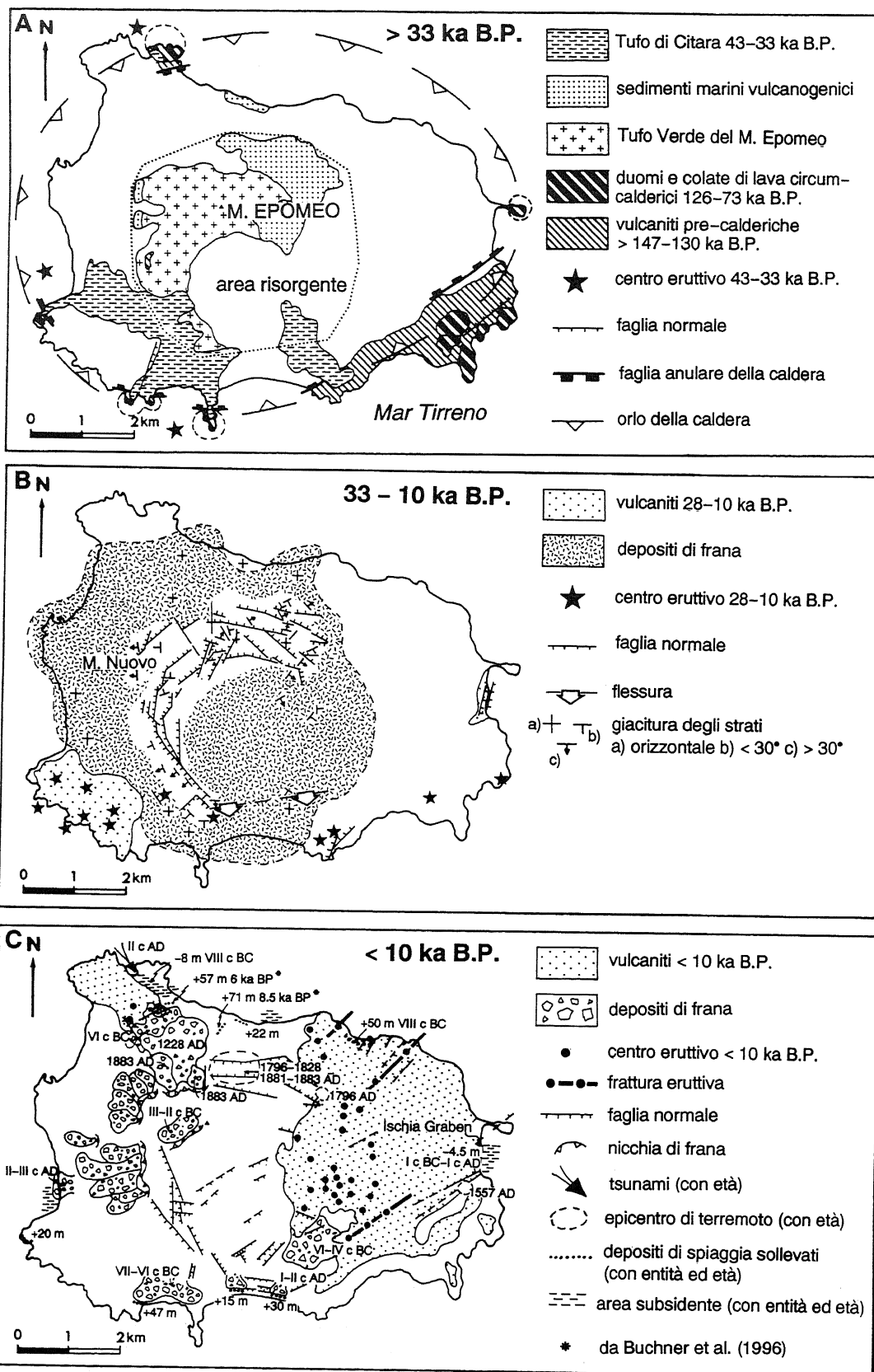


Fig. 1 - Schemi di evoluzione della caldera risorgente dell'isola d'Ischia. A: Struttura della caldera prima della risorgenza. B: Strutture legate alle fasi principali di risorgenza. C: Le deformazioni oloceniche. Sketches showing the stages of evolution of the resurgent caldera of Ischia. A: structure of the caldera before resurgence. B: Structures connected with the main stages of uplift of the caldera. C: Holocene deformations.

innescato numerosi terremoti (Cubellis, 1985; Alessio et al., 1996) e frane. Il tasso di risorgenza minimo è di 2.34 ± 0.19 cm/a, ma questo sollevamento non è stato un fenomeno continuo ed uniforme. L'attività vulcanica contemporanea alla risorgenza è ubicata lungo l'orlo della caldera e nella porzione orientale del fondo calderico ed è stata attiva fino al 1302 A.D.

di Citara e i sedimenti marini intracalderici sono deformati, basculati, sollevati e attualmente affiorano a più di 650 m sulla cresta del M. Epomeo. La risorgenza è tuttora attiva, come testimoniano le deformazioni tettoniche che tagliano depositi storici e preistorici e che hanno

Il blocco risorgente di Ischia ha in pianta una forma grossomodo circolare, con diametro di circa 4 km (Fig. 1b). La deformazione non è limitata da faglie periferiche, come indicato nella carta geologica di Vezzoli (1988) ed in tutti gli schemi da essa derivati, ma da un brusco pie-

gamento degli strati delle unità piroclastiche e sedimentarie intracalderiche. Le giaciture suborizzontali di queste unità sul fondo indeformato della caldera raggiungono immersioni radiali centrifughe con inclinazione tra 30° e 75° . All'interno di questa corona di strati piegati che formano una flessura, si individua un blocco quadrangolare delimitato sui lati occidentale, settentrionale e orientale da due o tre faglie principali, in direzione ENE e SSE, che guidano l'intero sollevamento. Questo blocco sollevato è una piastra quasi intatta di TVE, immergente omoclinamente verso SSE e culminante nella vetta del M. Epomeo (Fig. 2). Sul lato meridionale la flessura non è ulteriormente deformata in superficie (Fig. 1b).

Il fianco settentrionale del blocco risorgente mostra un comportamento diverso nei settori nord-occidentale, centrale e nord-orientale. Nel primo la flessura periferica è ancora visibile nella struttura del M. Nuovo, dove un ampio inarcamento porta gli strati orizzontali del fondo calderico a inclinazioni di 50° - 60° e quindi a inclinazioni $< 15^\circ$ a 450 m di quota. Il sollevamento è quindi guidato da due faglie principali con direzione ENE, immersione a NO ed inclinazione di 68° . Anche numerose vene qui presenti con direzione ENE e inclinazione da verticale a sub-verticale, suggeriscono una direzione di estensione NNO-SSE. Nel settore nord-orientale del fianco settentrionale, la flessura è rotta da una serie di stretti gradini limitati da faglie, costituiti da depositi marini che immergono verso nord con inclinazioni di 30° - 70° . Le faglie mostrano movimenti normali e direzione, con frequenza decrescente, ESE, SSE e ENE. Esse hanno inclinazione di 60° - 80° e immersione prevalente verso nord (esterno). La faglia più settentrionale è lunga circa 1,5 km e verso ovest è sepolta sotto una grande frana avvenuta durante il terremoto del 1883. La faglia principale del sollevamento ha movimento normale, direzione ESE e immersione NNE con inclinazione di 65° - 80° . I dati misurati sulle strie riconosciute ed elaborati con un programma simile a quello sviluppato da Carey (1979) danno un σ_3 orizzontale diretto NE-SO e un σ_1 verticale. Questi dati strutturali sono in accordo con Alessio *et al.* (1996). Le faglie tendono a sparire verso est in corrispondenza di vulcaniti datate più recenti di 10 ka BP, suggerendo una età di 33-10 ka BP per la fase principale di risorgenza. Nella zona sommitale del M. Epomeo si sviluppa un ventaglio di faglie a direzione NNE, ENE e N-S con una struttura locale a horst e graben. Le faglie con direzione NNE sono dislocate da quelle ENE. Sono state rinvenute strie solo sulle faglie con direzione ENE e immersione verso NNO, esse mostrano un σ_3 orizzontale e diretto NO-SE e un σ_1 verticale.

Il fianco occidentale del M. Epomeo è limitato da faglie da sub-verticali a verticali con direzione NNO e N-S. Esse mostrano un incremento nella dislocazione da sud a nord. La faglia principale NNO ha una traccia rettilinea ed una immersione verticale, che localmente in superficie mostra limitate variazioni verso l'interno del blocco sollevato. Le faglie N-S hanno un andamento a zig-zag, limitano blocchi con superficie topografica tiltata verso est e immergono ad alti angoli (85° - 90°) verso ovest. Livelli *marker* dislocati indicano sempre movimenti normali. In una stazione, l'elaborazione dei dati misurati sulle strie indica un σ_3 orizzontale diretto NE-SO e un σ_1

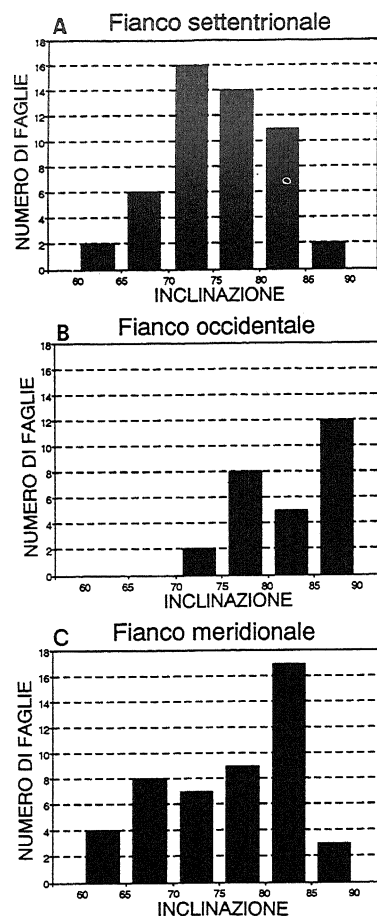


Fig. 2 - Frequenza di inclinazione delle faglie nel fianco settentrionale (A), occidentale (B) e meridionale (C) del M. Epomeo
The fault dip frequency in the northern (A), western (B) and southern (C) flank of Mt. Epomeo.

verticale. Le faglie a direzione NNO tagliano depositi vulcanici più giovani di 33 ka BP e sono coperte dai depositi di frana olocenici, mentre le faglie N-S dislocano queste frane ed hanno una chiara espressione morfologica. Lungo questo fianco sono esposte lave di 133 ka BP (Gillot *et al.*, 1982) rappresentanti il fondo calderico prima del TVE.

Il fianco orientale è quello meno deformato ed è caratterizzato da faglie verticali e sub-verticali con direzione NO, NNO e ENE, in ordine di frequenza decrescente. Le prime due famiglie di faglie sono dislocate da quella a direzione ENE. L'immersione dominante delle faglie è verso ENE (esterno), mentre alcune immergono ripidamente verso l'interno. Tutte queste faglie mostrano movimenti normali. Lungo le faglie del fianco orientale si sono messe in posto, a partire da 10 ka BP, lave molto viscosse in forma di duomi endogeni ed esogeni. Depositi di frana derivanti dal blocco risorgente sono interstratificati a queste lave e permettono la definizione della cronologia del sollevamento. Localmente, faglie NO e NNO dislocano depositi di frana e vulcaniti più giovani di 4.3 ka BP.

Il fianco meridionale è marcato da una doppia flessura affacciata verso SSE con linee di cerniera orizzontali con direzione $N67^\circ E$ (Tibaldi & Vezzoli, 1997) (Fig. 3). Gli strati sono sub-orizzontali e gradualmente passa-

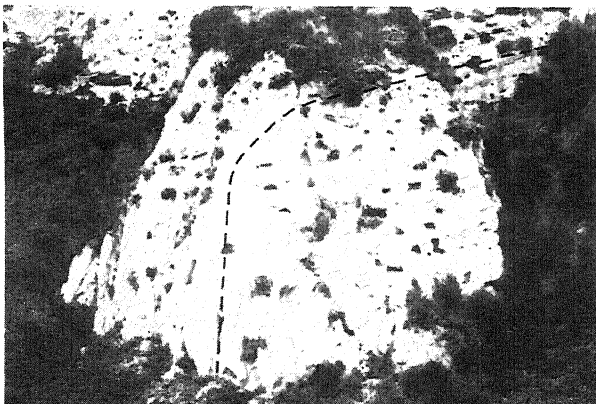


Fig. 3 - La flessura sul fianco meridionale del M. Epomeo. La linea tratteggiata sottolinea la deformazione degli strati. L'affioramento è alto circa 10 m.

Flexure marking the southern flank of Mt. Epomeo. The dashed line highlights the bedding attitude. The outcrop is about 10 m high.

no a una inclinazione $< 5^\circ$ con immersione verso SSE. Gli strati hanno bruscamente una inclinazione elevata in una fascia molto ristretta. Nel fianco intermedio gli strati immergono verso SSE con inclinazione di 80° . Più a sud gli strati in pochi metri raggiungono una immersione verso SSE con inclinazione $< 10^\circ$ e creano una cerniera sinclinale. Una ulteriore inclinazione degli strati a 85° indica la presenza di una seconda anticlinale. Le cerniere delle anticlinali sono interessate in profondità da una faglia verticale. Deformazioni di raccorciamento non sono presenti nella cerniera sinclinale e nelle altre zone della flessura. Questa struttura coinvolge depositi piroclastici datati a 38,4 ka (Vezzoli, 1988).

4. DATI SULLA DEFORMAZIONE OLOCENICA

La direzione prevalente di faglie e fratture che intersecano depositi olocenici affioranti a Ischia è NNE, E-O e ENE, in ordine decrescente di frequenza (Fig. 1c). La struttura più rilevante creata da queste faglie è il graben di Ischia, nel settore orientale dell'isola, che è riempito di depositi vulcanici ed epiclastici più recenti di 22 ka BP. Dati archeologici indicano un abbassamento del suolo in quest'area allungata in direzione ENE, che deforma anche la scarpata interna e l'orlo della caldera. Durante l'Olocene l'isola d'Ischia è stata inoltre sede di numerosi terremoti, eruzioni vulcaniche, frane e movimenti verticali del suolo. I centri vulcanici olocenici sono concentrati nel settore orientale della caldera (Fig. 1c), sul fianco del blocco risorgente, dove la deformazione di sollevamento è minima. La risalita del magma può essere stata favorita dall'intersezione delle faglie della risorgenza a direzione NNO con quelle a direzione NNE che delimitano il graben di Ischia. Numerosi centri vulcanici, fratture eruttive e dicchi alimentatori olocenici sono allineati lungo una direzione NNE. I maggiori terremoti storici sono quelli del 1228, 1796, 1828, 1881 e 1883 e sono localizzati in un'area molto ristretta sul fianco settentrionale della risorgenza e non sono apparentemente collegati ad attività vulcanica. In concomitanza con questi terremoti,

numerose frane si sono verificate nell'angolo nord-occidentale del blocco risorgente (Fig. 1c). All'interno del blocco risorgente, su una ideale prosecuzione del graben di Ischia, vi sono faglie normali, formanti strutture a graben, che dislocano suoli, morfologie oloceniche e sono indicate da faccette triangolari e idrografia dislocata (Fig. 4). Lungo le coste settentrionale e meridionale il fondo della caldera è frequentemente sollevato a terra ed abbassato a mare (Fig. 1c). A nord depositi marini affioranti all'interno dell'isola e datati a partire da 10 ka BP circa sono sollevati in più fasi fino a +70 m s.l.m. (Buchner *et al.*, 1996; Barra *et al.*, 1992), mentre sulla costa prospiciente reperti archeologici hanno subito una subsidenza fino a circa 8 m negli ultimi 2,7 ka (Buchner, 1975). A sud i movimenti verticali del suolo sono stati più complessi, infatti ad esempio si rinvergono, a quote variabili tra +50 m a ovest e +20 m a est, i depositi di tre terrazzi marini sovrapposti ed intercalati a depositi di frana, che indicherebbero una continua subsidenza dell'area prima del suo sollevamento.



Fig. 4 - Una scarpata di faglia olocenica nei depositi di frana all'interno del blocco risorgente. La scarpata è alta circa 75 m, è subverticale e con direzione ENE.

Holocene fault scarp in landslide deposits on the resurgent block. The scarp is sub-vertical, about 75 m high and strikes ENE.

5. IL MODELLO DI RISORGENZA AD ISCHIA

I dati geologici e strutturali presentati indicano per la risorgenza di Ischia almeno due fasi di sollevamento. La prima ha una struttura a domo, bordata da flessure che hanno deformato le unità costituenti il fondo della caldera. Durante il bombamento domico, la risultante estensione è stata accomodata da scorrimenti strato su strato nelle unità piroclastiche e sedimentarie e dalla formazione di un graben apicale con esposizione del TVE. Nella seconda fase, un sollevamento di maggiore entità ha causato il taglio del domo da parte di faglie limitanti un blocco a pistone. L'entità del sollevamento risultante in entrambe le fasi è minore sui lati orientale e meridionale e quindi la struttura risorgente è asimmetrica sia in direzione E-O che N-S. Il pistone risorgente della seconda fase non ha quindi la forma di un cilindro, ma è un cuneo con uno spigolo verso l'alto nell'angolo NNO del blocco sollevato. L'inclinazione sub-verticale e verticale

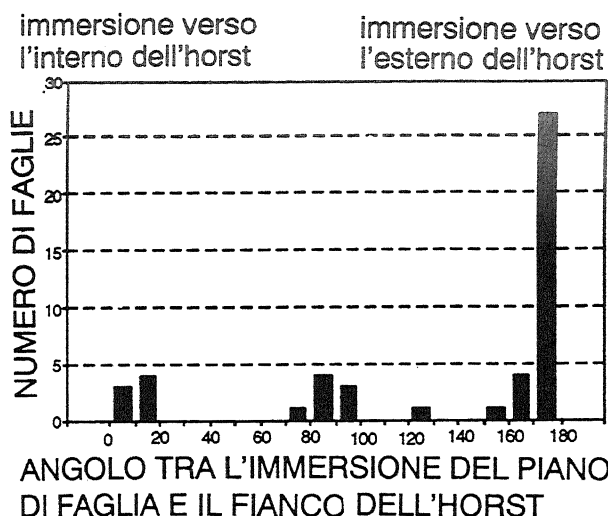


Fig. 5 - Orientazione delle faglie principali che delimitano il blocco risorgente di Ischia, rispetto alla posizione del blocco stesso, espressa come angoli tra l'immersione delle faglie e una linea congiungente le faglie con il centro del blocco. Si può osservare che la maggioranza delle faglie immerge verso l'esterno, alcune faglie sono perpendicolari, mentre una immerge verso l'interno.

Orientation of the main faults delimiting the Ischia resurgent block with respect to the position of the block itself, expressed as angle between the fault dip and a line linking the fault to the block centre. It can be seen that the majority of main faults dip outward, some faults strike perpendicular to the block flanks, whereas only one fault dips inward.

delle faglie che limitano i suoi fianchi orientale e occidentale implicano un ammontare di deformazione estensionale trascurabile (Fig. 5). Il limite settentrionale del cuneo è una grande faglia normale con immersione dominante verso l'esterno. Nel fianco meridionale le parti profonde della zona di cerniera anticlinale della doppia flessura mostrano il passaggio ad una faglia verticale.

6. DISCUSSIONE

Il modello di risorgenza a Ischia indica che l'estensione sul fianco settentrionale non è bilanciata da movimenti inversi lungo faglie immergenti verso l'interno sul fianco opposto, e quindi implica un problema di spazio nella ricostruzione dei movimenti di sollevamento e richiede una deformazione al di fuori della risorgenza. Il problema spaziale è ancora più importante se si considera la subsidenza storica verso mare e il sollevamento verso l'alto, con un inarcamento generalizzato del fondo della caldera. Questo problema può essere risolto se consideriamo contemporaneamente attive le faglie di sollevamento della risorgenza con faglie tettoniche con estensione in direzione NNO-SSE, in accordo anche con Alessio *et al.* (1996).

L'analisi strutturale dedotta da deformazioni fragili in sedimenti e vulcaniti pleistoceniche dell'isola di Zannone (Pantosti & Velonà, 1986) e della penisola Sorrentina (Fusi & Garduno, 1992) evidenziano che la fase più recente è rappresentata da un campo di stress estensionale regionale N-S attivo dal Pleistocene medio

al Presente. Anche soluzioni focali ai Campi Flegrei mostrano un'estensione principale N-S (Dal Pezzo *et al.*, 1987). Prospezioni sismiche lungo la piattaforma continentale del Tirreno centro-meridionale evidenziano che la fase tettonica più recente è rappresentata da faglie normali con direzioni E-O (Pantosti & Velonà, 1986; Zitellini *et al.*, 1984). Nella catena Appenninica Hippolyte *et al.* (1994) hanno individuato deformazioni estensionali con *dip-slip* puro, risultanti da σ_3 orizzontale in direzione NE-SO (intervallo di variazione da NNE a ESE) e attive dal Pleistocene medio al Presente.

Anche i dati sulla deformazione olocenica lungo zone allungate in direzione NE-SO attraverso l'isola d'Ischia, interessate da faglie normali dirette NNE ed E-O, sono compatibili con la coesistenza tra le deformazioni tettoniche regionali e quelle della risorgenza calderica. La tettonica estensionale NO-SE crea lo spazio per il blocco risorgente che può sollevarsi lungo le faglie immergenti verso l'esterno senza deformare le rocce del circostante fondo calderico.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro svolto con i contributi del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia (CNR) e del MURST.

BIBLIOGRAFIA

- Alessio G., Esposito E., Ferranti L., Mastrolorenzo G. & Porfido S., 1996 - *Correlazione tra sismicità ed elementi strutturali nell'isola d'Ischia*. Il Quaternario, **9**, 303-308.
- Barra D., Cinque A., Italiano A. & Scorziello R., 1993 - *Il Pleistocene superiore marino su Ischia: paleoecologia e rapporti con l'evoluzione tettonica recente*. Studi Geologici Camerti, Spec. Vol. 1991/92, 231-243.
- Barra D., Italiano A., Allegri L., Belluomini G. & Manfra L., 1992 - *La serie marina olocenica di Cafieri (isola d'Ischia): implicazioni vulcano-tettoniche e geomorfologiche*. Il Quaternario, **5**, 17-26.
- Buchner G., 1975 - *Nuovi aspetti e problemi posti dagli scavi di Pitecusa con particolari considerazioni sulle oreficerie di stile orientalizzante antico*. In: *Contribution a l'étude de la Société et de la Colonisation Eubéennes*, Centre J. Bérard, Napoli, 59-86.
- Buchner G., Italiano A. & Vita-Finzi C., 1996 - *Recent uplift of Ischia, southern Italy*. Geol. Soc. Spec. Publ. London, **110**, 249-252.
- Carey E., 1979 - *Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population des failles*. Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn., **21**, 57-66.
- Del Pezzo E., De Natale G., Martini M. & Zollo A., 1987 - *Source parameters of microearthquakes at Phlegraean Fields (Southern Italy) volcanic area*. Physics Earth Planet. Interiors, **47**, 25-42.
- Fusi N. & Garduno V.H., 1992 - *Structural analysis of a sector of the Tyrrhenian margin of the southern Apennines: The horst of Sorrentina peninsula and Lattari mounts (Campania, Italy)*. C.R. Acad. Sci. Paris, **315**, 1747-1754.

- Fusi N., Tibaldi A. & Vezzoli L., 1990 - *Vulcanismo, risorgenza calderica e relazioni con la tettonica regionale nell'Isola di Ischia*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 971-980.
- Gillot P.Y., Chiesa S., Pasquarè G. & Vezzoli L., 1982 - *<33.000 yr K-Ar dating of the volcano-tectonic horst of the isle of Ischia, Gulf of Naples*. Nature, **229**, 242-244.
- Hippolyte J-C., Angelier J. & Roure F., 1994 - *A major geodynamic change revealed by Quaternary stress patterns in the Southern Apennines (Italy)*. Tectonophysics, **230**, 199-210.
- Orsi G., Gallo G. & Zanchi A., 1991 - *Simple-shearing block resurgence in caldera depressions: A model from Pantelleria and Ischia*. J. Volcan. Geoth. Res., **47**, 1-11.
- Pantosti D. & Velonà M., 1986 - *Tettonica recente nell'isola di Zannone e nella piattaforma circostante (arcipelago Pontino, Italia centrale)*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 623-629.
- Poli S., Chiesa S., Gillot P.Y., Guichard F. & Vezzoli L., 1989 - *Time dimension in the geochemical approach and hazard estimates of a volcanic area: the isle of Ischia case (Italy)*. J. Volcan. Geoth. Res., **36**, 327-335.
- Rittmann A., 1930 - *Geologie der Insel Ischia*. Z. f. Vulkanol. Ergänzungsband, **6**, 265 pp.
- Rosi M., Sbrana A. & Vezzoli L., 1988 - *Correlazioni tefrostratigrafiche di alcuni livelli di Ischia, Procida e Campi Flegrei*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 1015-1027.
- Tibaldi A. & Vezzoli L., 1997 - *Late Quaternary monoclinial folding induced by caldera resurgence at Ischia, Italy*. In: *Forced Drape Folds*, Geol. Soc. Spec. Publ. London.
- Vezzoli L. (ed.), 1988 - *Island of Ischia*. Quad. La Ric. Scient., **114**(10), CNR, Roma, 134 pp.
- Vezzoli L., 1993 - *Eruptive succession, depositional features and eruptive mechanism of the Monte Epomeo Green Tuff (island of Ischia, Italy)*. Accad. Naz. Lincei - British Council, Symp. "Large Explosive Eruptions", 24-25 maggio 1993, Roma, Abstract
- Zitellini N., Marani M. & Borsetti A.M., 1984 - *Post-orogenic tectonic evolution of Palmarola and Ventotene basins (Pontine Archipelago)*. Mem. Soc. Geol. It., **27**, 121-131.

Ms. ricevuto il: 1. 6. 1997
 Inviato all'A. per la revisione il: 11. 9. 1997
 Testo definitivo ricevuto il: 10. 10. 1997

Ms received: June 1, 1997
 Sent to the A. for a revision: Sept. 11, 1997
 Final text received: Oct. 10, 1997