

OSSERVAZIONI SULLA NEOTETTONICA DELLA PENISOLA DI CAPO SAN VITO (SICILIA NORD-OCCIDENTALE)

U. D'Angelo - A. Giorgianni - G. Giunta - F. Nigro - S. Vernuccio
 Dip.to di Geologia e Geodesia, Università di Palermo, Palermo

ABSTRACT - Consideration on the neotectonic setting of the Capo San Vito peninsula (NW Sicily, Italy) - *Il Quaternario Italian Journal of Quaternary Sciences*, 10(2), 1997, 349-354 - The paper presents the results of a preliminary study of the neotectonic deformations observed in the San Vito Peninsula in NW Sicily. In the studied area, several Maghrebian thrust sheets, which piled up during the Mio-Pliocene tectonic phases, crop out. These are crossed by brittle deformations, which may be related to the southern Tyrrhenian margin recent evolution. Morphotectonic and structural analyses indicate the presence of several fault systems, the chronology of which can be traced. An initial NW-SE/N-S trending extensional system was followed by an E-W trending right strike-slip system and its associate NW-SE trending synthetic and N-S/NE-SW trending antithetic conjugate minor systems. The most recent deformations are the effect of a NW-SE to N-S trending dip and net-slip system, which locally reactivated previous structures. The comparison between field data and off-shore high resolution seismic profiles confirmed the hypothesised chronological sequence of neotectonic deformations. On the basis of these data, a kinematic model of the neotectonic evolution of the studied area was elaborated.

Parole chiave: Neotettonica, evoluzione cinematica, Sicilia occidentale, Italia
 Key words: Neotectonics, kinematic evolution, NW Sicily, Italy

1. INTRODUZIONE

Nel promontorio di Capo S. Vito, ad andamento N-S per circa 11 km sulla costa nord-occidentale della Sicilia, affiora una porzione esterna della catena maghrebide siciliana, la cui costruzione è da riferire per buona parte alle principali fasi tettonogenetiche del Miocene medio-superiore e del Pliocene (Giunta & Liguori, 1972-1973; Abate *et al.*, 1993). Tale tettonogenesi ha determinato le prime deformazioni e le sovrapposizioni a vergenza meridionale di unità tettoniche costituite da successioni mesozoiche prevalentemente carbonatiche, derivanti dalla deformazione di domini paleogeografici individuabili a partire dal Giurassico inferiore-medio nel paleomargine settentrionale africano. Dal basso verso l'alto (Fig. 1), sull'Unità M. Ramalloro, si sovrappongono le Unità M. Monaco e M. Sparagio; queste ultime sopportano la più elevata Unità M. Acci; sull'Unità M. Ramalloro sovrascorre anche l'Unità M. Bosco (Giunta & Liguori, 1972-1973).

Nell'ambito di uno studio preliminare di alcune zone costiere della Sicilia settentrionale, è stato rilevato l'andamento, la tipologia e l'ordine gerarchico dei sistemi di faglie recenti anche attraverso il riconoscimento di morfologie conseguenti ad attività neotettonica. Contestualmente si è proceduto all'acquisizione delle orientazioni spaziali di popolazioni di faglie, strie e fibre associate in diverse aree campione.

In letteratura le deformazioni post-plioceniche sono solo in parte descritte alla scala regionale (Carta Neotettonica d'Italia, 1980), e vengono generalmente riferite ad eventi distensivi collegati con la "apertura" del Bacino Tirrenico.

L'osservazione delle strutture fragili appare indicare una più complessa evoluzione tettonica recente. Tale complessità è evidenziata dalla presenza di diverse famiglie di faglie neotettoniche a varia orientazione, che

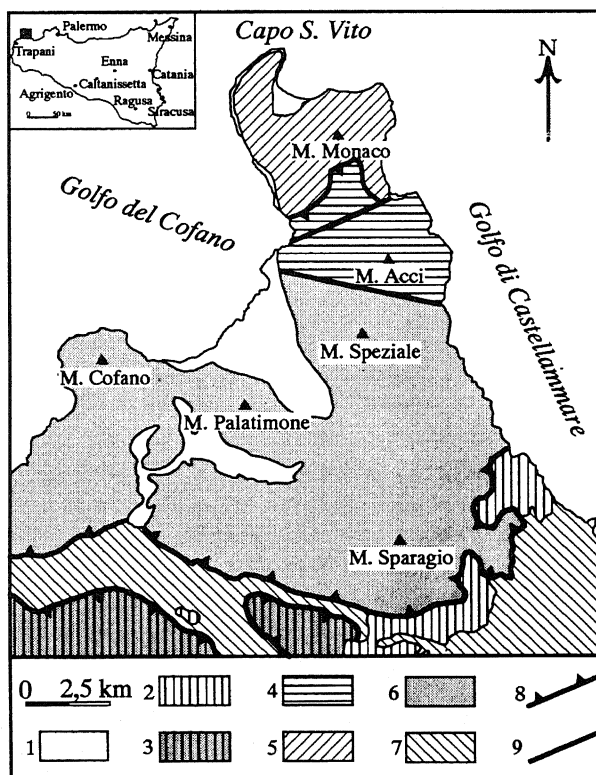


Fig. 1 - Schema strutturale dell'area esaminata. 1) depositi pleistocenici; 2) depositi molassici tortoniani. Unità imeresi: 3) Unità M. Bosco. Unità nord-trapanesi: 4) Unità M. Acci; 5) Unità M. Monaco; 6) Unità M. Sparagio. Unità trapanesi: 7) Unità M. Ramalloro; 8) sovrascorrimenti principali; 9) faglie principali.

Structural map of the studied area. 1) Pleistocene deposits; 2) "Molassa" deposits (Tortonian). 3) M. Bosco Unit. 4) M. Acci Unit; 5) M. Monaco Unit; 6) M. Sparagio Unit; 7) M. Ramalloro Unit; 8) main thrusts; 9) main faults.

a luoghi interessano anche le successioni pleistoceniche. Inoltre, in talune di queste faglie si rilevano sovrapposizioni di indicatori cinematici, che permettono di ricostruire le componenti di movimento che si sono succedute.

Il confronto e l'analisi dei dati morfologici e strutturali, e di quelli derivanti dall'interpretazione di un profilo sismico *off-shore* hanno permesso di verificare una generale e congruente sovrapposizione di indizi utili per l'elaborazione di un modello preliminare di evoluzione cinematica recente del settore in studio.

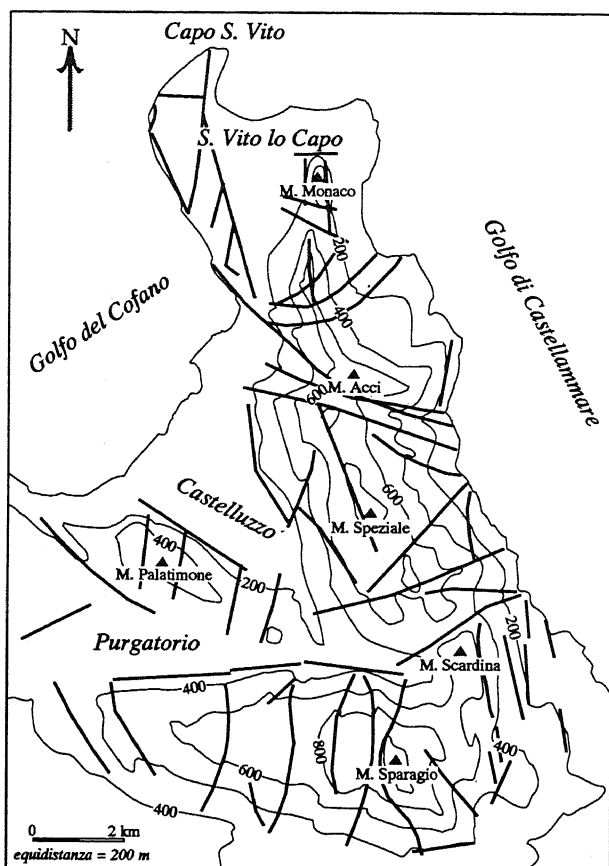


Fig. 2 - Carta dei lineamenti da foto aerea.
Aerial photo lineaments map.

2. INDIZI MORFONEOTETTONICI

Attraverso l'osservazione stereoscopica di strisciate di foto aeree alla scala 1:10.000 sono state riconosciute quattro principali famiglie di lineamenti con direzioni medie N-S, NW-SE, NE-SW ed W-E (Fig. 2). Le direttrici statisticamente prevalenti sono quelle ad andamento circa N-S che caratterizzano le aree di Capo S. Vito e di M. Sparagio; abbastanza evidenti appaiono quelle comprese nel picco di frequenza W-E, le quali talora generano ampie valli come quelle che delimitano a nord e a sud il complesso di Monte Sparagio. I lineamenti diretti NW-SE sono presenti prevalentemente nell'area tra M. Acci e M. Speziale, mentre quelli diretti NE-SW sono concentrati spesso nei settori costieri orientali del promontorio.

La maggior parte di questi lineamenti coincide con elementi morfostrutturali associati a processi morfoselet-

tivi a controllo neotettonico (Fig. 3).

Si tratta principalmente di: a) crinali a sviluppo rettilineo (andamenti N-S, NW-SE e W-E) talora dislocati planimetricamente e/o altimetricamente; b) di incisioni asimmetriche rettilinee che a tratti presentano andamento angolare; c) di movimenti di massa (settore orientale), con meccanismi di tipo complesso, il cui movimento spesso avviene lungo superfici di discontinuità meccanica preesistenti (*thrust* pliocenici).

La distribuzione di tali elementi nel territorio, evidenzia una differente evoluzione morfodinamica del settore occidentale della Penisola di Capo S. Vito, rispetto a quello orientale. Quest'ultimo infatti è caratterizzato dalla pre-

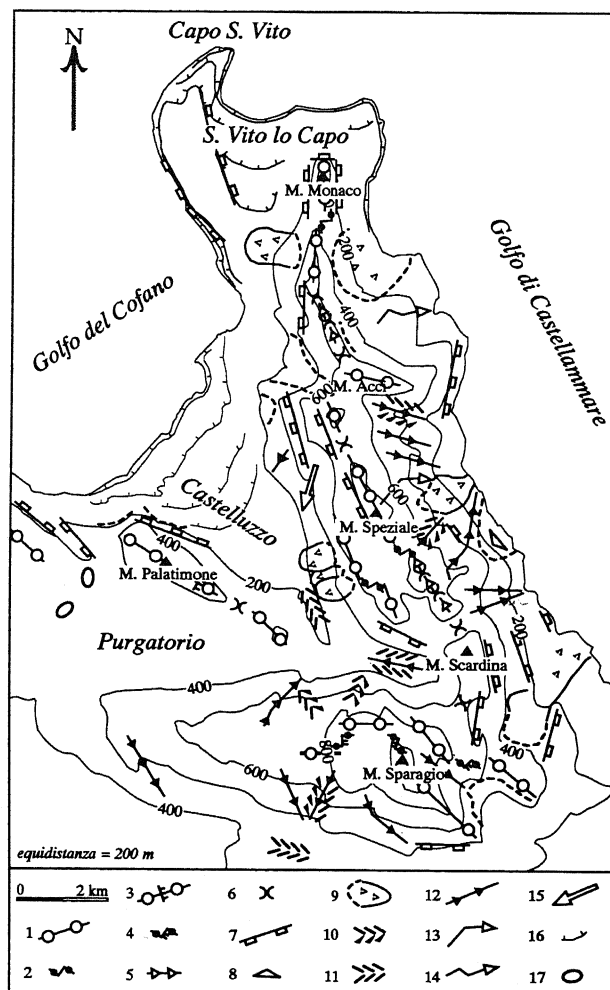


Fig. 3 - Carta dei principali indizi morfoneotettonici. 1) cresta a sviluppo rettilineo; 2) discontinuità planimetrica di crinale; 3) discontinuità altimetrica di crinale; 4) discontinuità planoaltimetrica di crinale; 5) allineamento di vette; 6) sella; 7) scarpata; 8) contropendenza; 9) fenomeno franoso; 10) asimmetria tra i due versanti di una valle; 11) valle rettilinea; 12) forra, fosso; 13) gomito; 14) doppio gomito; 15) alveo rettilineo; 16) bordo di terrazzo; 17) rilievo o picco isolato.

Map of the main morphotectonic elements. 1) straight crest; 2) planimetric crest discontinuity; 3) altimetric crest discontinuity; 4) planoaltimetric crest discontinuity; 5) peak alignment; 6) saddle; 7) scarp; 8) counterslope; 9) landslide; 10) slope asymmetry; 11) straight valley; 12) ditch; 13) elbow; 14) double elbow; 15) straight bed; 16) edge of terrace; 17) block relief or peak.

senza di fessure attive, che coincidono con superfici di faglie, e da numerosi dissesti che rappresentano l'espressione superficiale dell'attività recente di strutture fragili che coinvolgono spessori crostali più profondi. Nel settore occidentale invece l'evoluzione morfodinamica si è attuata attraverso la formazione di più ordini di terrazzi marini che a luoghi sono stati interessati dalla tettonica recente.

3. TERRAZZI MARINI

Le porzioni occidentale e settentrionale della penisola, caratterizzate da una morfologia pianeggiante, presentano una gradinata di terrazzi marini che dall'attuale livello del mare si elevano in quattro ordini fino a quota 82 m.

E' stato possibile distinguere un terrazzo tirreniano (I di Fig. 4) da una gradinata di terrazzi del Pleistocene medio (II, III e IV di Fig. 4).

Il terrazzo tirreniano (I), compreso tra le quote 3 e 10 metri, si presenta come una piatta superficie di abrasione marina che a luoghi è ricoperta da un sottile deposito arenitico a *Strombus bubonius*. La gradinata di terrazzi a quote comprese tra 15 e 33 m (II), 34 e 52 m (III), 55 e 82 m (IV) si sarebbe identificata durante il Pleistocene medio, in analogia a quanto interpretato in Sicilia occidentale (D'Angelo & Vernuccio, 1996). Le superfici di questi terrazzi sono caratterizzate, lungo il margine occidentale della penisola (Castelluzzo), dalla presenza di una copertura calcarenitica il cui spessore non supera mai i 2 m. Tale copertura, procedendo verso nord, si assottiglia fino a scomparire lasciando chiaramente visibili le superfici di abrasione che incidono le successioni carbonatiche mesozoico-terziarie. Invece, in corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di depositi di copertura di terrazzi, questi sono stati modellati su un substrato calcarenitico del Pleistocene inferiore tipo "Calcarenite di Marsala" (Ruggieri *et al.*, 1974).

A luoghi i terrazzi sono ricoperti da sottili depositi continentali.

4. OSSERVAZIONI STRUTTURALI

Il rilevamento geologico-strutturale, condotto con l'ausilio di diverse stazioni mesostrutturali, ha permesso di identificare, in molti dei lineamenti da foto aerea e degli indizi morfotettonici, diverse famiglie di faglie in parte corrispondenti con quelle riportate nelle carte geologiche di Giunta & Liguori (1972-1973) ed Abate *et al.* (1993). Le famiglie di faglie con evidenze di attività neotettonica, mostrano picchi principali di frequenza distribuiti nelle direzioni NNW-SSE, N-S, W-E, NW-SE e NE-SW. Sono stati riconosciuti almeno i seguenti due principali sistemi di faglie (Fig. 4):

a) sistema di faglie coniugate, a componente strike-slip dei rigetti, con direzioni disperse da NE-SW a W-E, con addensamenti nelle direzioni citate e a N-S, NNW-SSE e NW-SE.

b) sistema di faglie estensionale con componenti di movimento da *dip* a *net-slip*, con direzioni N-S e disperse da NW-SE a NNW-SSE. Parte delle strutture corrispondenti al picco N-S (M. Sparagio) è probabilmente da

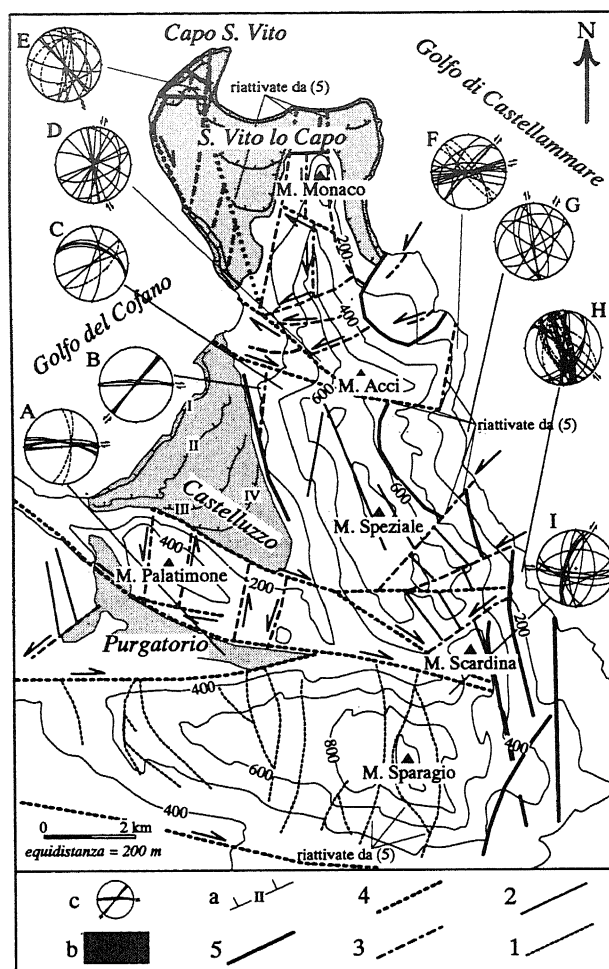


Fig. 4 - Carta delle principali discontinuità neotettoniche. 1) faglie *dip-slip* connesse con lo sviluppo di anticlinali da ramp; 2) faglie estensionali, a luoghi *net-slip*; 3) faglie *strike-slip* a prevalente movimento sinistro; 4) faglie *strike-slip* e *Riedel* associati, a prevalente movimento destro; 5) ultima generazione di faglie estensionali, a luoghi *net-slip*, che in parte si impongono su precedenti superfici di discontinuità. a) orlo di terrazzo; b) terrazzi marini; c) *stereonet* delle ciclografiche dei piani di faglia. Proiezione equiareale di Schmidt-Lambert, emisfero inferiore.

Map of main neotectonic faults. *Dip-slip* faults related to a ramp anticlines development; 2) *dip- and net-slip* normal faults; 3) left *strike-slip* faults; 4) right *strike-slip* faults and *Riedel*; 5) last *dip- and net-slip* faults generation, locally connected with older systems. a) edge of terrace; b) marine terraces; c) cyclographic fault surfaces *stereonet*. Schmidt-Lambert equal area projection, lower emisphere.

collegare alla messa in posto dell'U. Monte Sparagio lungo una anticlinale da *ramp* ad asse W-E, e solo a luoghi mostra indizi di riattivazione successiva.

Per quanto riguarda il sistema a), a componente *strike-slip*, si è osservato che:

– le faglie ad andamento variabile da NW-SE a W-E sono caratterizzate da movimenti prevalentemente destri (cfr. *stereonet* A, B, C, E, F, H e I di Fig. 4).

– le faglie a prevalente andamento da N-S a NE-SW (rilevate soprattutto nei settori orientali e nord-occidentali del promontorio), possiedono una componente sinistra del rigetto (cfr. *stereonet* B, C, D, F, G e I di Fig. 4);

Il sistema b) a componente *dip- e net-slip*, è com-

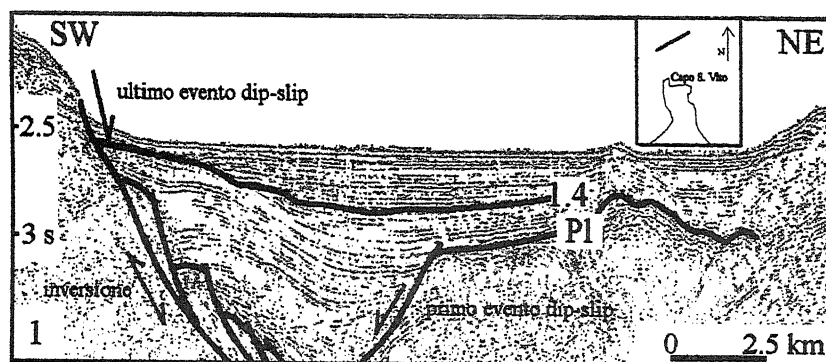


Fig. 5 - Linea sismica a riflessione, ad alta risoluzione, ubicata qualche chilometro a nord della Penisola di Capo S. Vito. (PI) base delle successioni plioceniche. Da Agate *et al.* (1993), modificata.

High resolution seismic reflection line located northward of S. Vito Peninsula (PI) base of Pliocene sequences. Modified from Agate *et al.* (1993).

preensivo di faglie coniugate ad andamento NW-SE (cfr. stereonet E, F ed H di Fig. 4) che caratterizzano in prevalenza i settori orientali del promontorio, mentre solo a luoghi sono state osservate direttrici ad andamento variabile da W-E a WNW-ESE nelle aree circostanti il Capo S. Vito ed il M. Speziale (cfr. stereonet C di Fig. 4).

Le sovrapposizioni di fibre di calcite, rilevate in alcune stazioni, evidenziano che talune strutture sono state riattivate con differenti componenti di movimento.

Inoltre, nelle aree ad occidente del M. Monaco e di S. Vito lo Capo, le famiglie di faglie *strike-slip*, sia sinistre (N-S e NE-SW) che destre (NW-SE), dislocano le superfici terrazzate pleistoceniche.

Sulla base di quanto osservato, sembra che la sequenza cronologica delle geometrie deformative più recenti, sia la seguente:

1) un iniziale sistema di faglie estensionali a prevalente andamento da NW-SE a N-S, interrotto da:

2) un complicato sistema di taglio all'interno del quale si riconoscono famiglie di faglie *strike-slip* sinistre ad andamento da N-S a NE-SW, dislocate dallo sviluppo di più importanti famiglie di faglie *strike-slip* destre ad andamento W-E, alle quali si associano faglie *strike-slip* prevalentemente destre ad andamento NW-SE e strutture a fiore positive a varia scala. Una siffatta geometria deformazionale per taglio destrale sarebbe verosimilmente riconducibile a sistemi di *Riedel* di vario ordine;

3) un ultimo sistema di faglie di tipo *dip-* e *net-slip*, con direzioni disperse da NW-SE a N-S, che per buona parte si imposta sulle precedenti superfici di discontinuità.

5. DATI GEOFISICI OFF-SHORE

La recente interpretazione di profili sismici a riflessione e ad alta risoluzione (Agate *et al.*, 1993) sembra poter essere correlata con quanto osservato in terra e più sopra descritto.

La linea sismica presentata in Figura 5, con orientamento circa SW-NE, ubicata in mare, a nord della Penisola di Capo S. Vito, indica la presenza di una prima fase neotettonica estensionale, posteriore all'impilamento delle unità tettoniche. Questa sarebbe rappresentata da un importante sistema di faglie listriche principali con strutture antitetliche associate, la cui attività ha inizio durante il Pliocene inferiore (PI) ed ha continuato fino al Pleistocene inferiore, determinando "accomodation space in crescita" dei sedimenti pliocenici. A questo evento seguirebbe una fase di inversione di parte delle prece-

denti geometrie, ascrivibile ad 1.4 Ma sulla base dei dati delle correlazioni sismostratigrafiche.

Questa configurazione è stata progressivamente nuovamente modificata, anche attraverso la riattivazione delle strutture più antiche che rievdenziano caratteristiche estensionali, coinvolgendo le successioni fino al Pleistocene superiore e determinando un *uplift* relativo dei settori sommersi collegabili con la Penisola di Capo S. Vito.

6. DISCUSSIONE

Il confronto tra le geometrie deformative riconosciute nella Penisola di Capo S. Vito e quelle ricostruite attraverso l'interpretazione del profilo sismico dell'antistante *off-shore*, mostrano che le strutture e la successione cronologica delle fasi deformative risultano abbastanza correlabili. La sequenza deformazionale riconosciuta in terra risulta equivalente a quella che caratterizza i settori sommersi, dove la sismostratigrafia fornisce una buona scansione cronologica. Difatti, l'andamento variabile da NW-SE a N-S del primo sistema estensionale riconosciuto in terra corrisponde con quello del primo sistema *dip-slip* presente nei settori sommersi, di età Pliocene inferiore. Il taglio destrale, che in terra viene rappresentato da un complicato sistema *strike-slip*, è probabilmente espresso nell'*off-shore* da strutture di inversione di età 1.4 Ma. Anche l'ultimo evento estensionale, che in terra presenta direzioni variabili da NW-SE a N-S, è riconoscibile nel profilo sismico, dove sembra riattivare strutture precedenti.

La ricostruzione dell'assetto geometrico recente, più sopra esposta, ha permesso di elaborare un modello di evoluzione cinematica neotettonica dell'area studiata, che viene proposto in Figura 6 e qui di seguito sintetizzato. Su di un edificio tettonico costituito da alcune unità sovrapposte a partire dal Miocene-Pliocene basale (cfr. schema 1 di Fig. 6) si sarebbero succeduti i seguenti eventi deformativi:

a) primo evento estensionale, corrispondente al sistema con direzioni da NW-SE a N-S, di probabile età Messiniano superiore - Pliocene inferiore (cfr. schema 2 di Fig. 6);

b) evento transpressivo testimoniato dalla presenza di un sistema di taglio destrale, con associate inversioni di strutture precedenti e *flower* positive, presumibilmente attivo già dal Pleistocene inferiore. Il maggiore rigetto lungo la componente *strike-slip* si sarebbe realizzato nel-

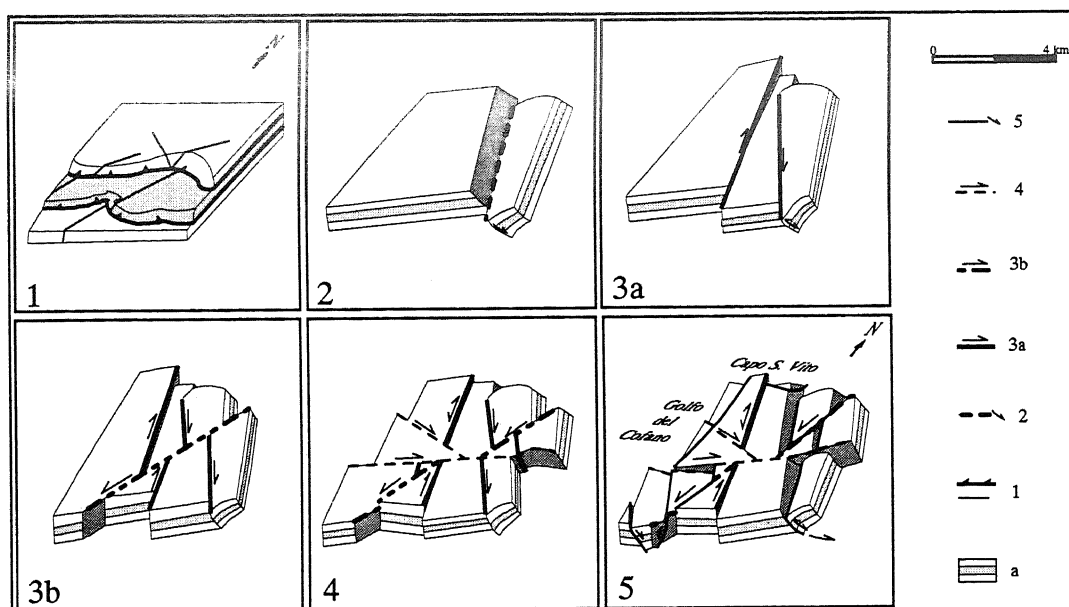


Fig. 6 - Ricostruzione cinematica tridimensionale neotettonica della Penisola di Capo S. Vito. 1) Superfici di thrust e faglie ad alto angolo associate che esprimono la deformazione miocenica; 2) faglie estensionali, a luoghi net-slip; 3a) faglie strike-slip che a luoghi invertono le precedenti strutture estensionali; 3b) faglie strike-slip a prevalente movimento sinistro che dislocano le famiglie più antiche; 4) faglie strike- e net-slip e Riedel associati a prevalente movimento destro; 5) ultima generazione di faglie estensionali, a luoghi net-slip, che si impostano in parte su precedenti superfici di discontinuità; a) multilivello che rappresenta schematicamente il gruppo di unità tettoniche trapanesi e nord-trapanesi derivanti principalmente dalla deformazione miocenica.

3D neotectonic kinematic reconstruction of S. Vito Peninsula. 1) Thrust surfaces and associated high angle faults that represent the tectogenic deformation; 2) dip- and net-slip normal faults; 3a) strike-slip faults locally inverting older extensional structures; 3b) left strike-slip faults dislocating older structures; 4) right strike- and net-slip faults and associated Riedel; 5) last dip- and net-slip normal faults generation locally overlying older systems. a) multi-layer representing the M. Ramallo Unit, M. Sparagio Unit, M. Monaco Unit and M. Acci Unit deriving mainly from the Miocene deformation.

la direzione W-E, dopo che si sarebbero attivate famiglie di faglie antitetiche in direzione NE-SW; queste ultime avrebbero invertito strutture estensionali precedenti e generato *flower* positive (cfr. schemi 3a e 3b di Fig. 6). Famiglie di faglie sintetiche coniugate, con direzioni da NW-SE a W-E avrebbero infine favorito il complessivo movimento destrale (cfr. schema 4 di Fig. 6). L'evento descritto sarebbe stato responsabile di ridistribuzioni areali e rotazioni di porzioni dell'edificio tettonico. Le principali giustapposizioni sarebbero quelle dell'Unità M. Monaco-M. Sparagio, attraverso l'importante direttrice destra W-E di Purgatorio, e dell'Unità M. Acci e M. Sparagio, attraverso la direttrice destra a nord del M. Speziale.

c) ultimo evento estensionale diretto prevalentemente da NW-SE a N-S (cfr. schema 5 di Fig. 6), che ha anche riattivato precedenti strutture in *net-* e *dip-slip*, da connettere verosimilmente con il definitivo sollevamento della penisola.

Il sollevamento della porzione emersa sarebbe confermato dalla presenza della gradinata di terrazzi marini che si conservano quasi esclusivamente nel settore occidentale dell'area studiata, la cui sequenza cronologica, in analogia a quanto desunto dalla correlazione tra i vari ordini e gli *stages* isotopici per l'estremità occidentale della Sicilia (D'Angelo & Vernuccio, 1996), induce a ritenere che il processo sia stato attivo a partire dal Pleistocene medio e almeno fino a tutto il Tirreniano.

L'attuale stile morfotettonico della Penisola di Capo S. Vito, ed in particolare dei due settori costieri orientale ed occidentale, avrebbe iniziato a delinearsi già dal primo evento estensionale, il quale sarebbe stato probabilmente accompagnato da un importante *tilting* dei blocchi fagliati. Più o meno significative rotazioni differenziali avrebbero consentito l'impostarsi dei terrazzi marini nel settore occidentale della penisola,

ed un più spiccato controllo tettonico della costa orientale.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito con fondi MURST (ex 60%, ex 40%), responsabile: Prof. G. Giunta.

BIBLIOGRAFIA

- Abate B., Di Maggio C., Incandela A. & Renda P., 1993 - *Carta Geologica dei Monti di Capo San Vito*. Stabilimento L. Salomone, Roma.
- Agate M., Catalano R., Infuso S., Lucido M., Mirabile L. & Sulli A., 1993 - *Structural evolution of the Northern Sicily Continental Margin during the Plio-Pleistocene*. In: M.D. Max & P. Colantoni (Eds.), "Geological development of the Sicilian-Tunisian Platform", Proc. Int. Sci. Meeting, University of Urbino, UNESCO Rep. in Marine Science, 58, 25-30.
- D'Angelo U., Ruggieri G., Unti M. & Vernuccio S., 1980 - *Neotettonica dei Fogli 248 (Trapani), 249 (Palermo)*,

- 250(Bagheria), 258 (Alcamo), 259 (Termini Imerese) e 266 (Sciacca). In: *Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*, Pubbl. n°356, CNR-P. F. Geodinamica, 203-236, Roma.
- D'Angelo U. & Vernuccio S., 1996 - *I terrazzi marini quaternari della estremità occidentale della Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., **LI**, 585-594.
- Giunta G. & Liguori V., 1972 - *Geologia dell'estremità Nord-Occidentale della Sicilia*. Riv. Min. Sic., **136-138**, 165-226.
- Giunta G. & Liguori V., 1973 - *Evoluzione paleotettonica della Sicilia Nord-Occidentale*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 903-924.
- Ruggieri G. & Unti M., 1974 - *Pliocene e Pleistocene nell'entroterra di Marsala*. Boll. Soc. Geol. It., **93**, 723-733.

Ms. ricevuto il: 15. 4. 1997
Inviato all'A. per la revisione il: 8. 7. 1997
Testo definitivo ricevuto il: 28. 7. 1997
Ms received: April 15, 1997
Sent to the A. for a revision: July 8, 1997
Final text received: July 28, 1997

- 250(Bagheria), 258 (Alcamo), 259 (Termini Imerese) e 266 (Sciacca). In: *Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*, Pubbl. n°356, CNR-P. F. Geodinamica, 203-236, Roma.
- D'Angelo U. & Vernuccio S., 1996 - *I terrazzi marini quaternari della estremità occidentale della Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., **LI**, 585-594.
- Giunta G. & Liguori V., 1972 - *Geologia dell'estremità Nord-Occidentale della Sicilia*. Riv. Min. Sic., **136-138**, 165-226.
- Giunta G. & Liguori V., 1973 - *Evoluzione paleotettonica della Sicilia Nord-Occidentale*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 903-924.
- Ruggieri G. & Unti M., 1974 - *Pliocene e Pleistocene nell'entroterra di Marsala*. Boll. Soc. Geol. It., **93**, 723-733.

Ms. ricevuto il: 15. 4. 1997
Inviato all'A. per la revisione il: 8. 7. 1997
Testo definitivo ricevuto il: 28. 7. 1997
Ms received: April 15, 1997
Sent to the A. for a revision: July 8, 1997
Final text received: July 28, 1997