

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA
DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE IL COORDINAMENTO E GLI
AFFARI ECONOMICI - SAUS
PROGRAMMI DI RICERCA SCIENTIFICA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE
RICHIESTA DI COFINANZIAMENTO
(DM n. 20 del 19 febbraio 2002)
PROGRAMMA DI RICERCA - MODELLO A
Anno 2002 - prot. 2002043912

Programma di Ricerca di tipo INTERUNIVERSITARIO

Area Scientifico Disciplinare: SCIENZE DELLA TERRA

Titolo del Programma di Ricerca: EVOLUZIONE STRUTTURALE DI ZONE E SISTEMI DI FAGLIE

Abstract del Programma di Ricerca

La comprensione dei processi evolutivi che caratterizzano differenti tipologie di faglie è fondamentale sia da un punto di vista scientifico sia per l'esplorazione e la gestione di georisorse. Il progetto di ricerca proposto è focalizzato principalmente all'analisi di zone di faglia esposte in differenti contesti geotettonici (nelle zone assiali dell'Appennino e nelle aree di avampaese, in Sicilia settentrionale, nelle Alpi meridionali e nella Terra Vittoria settentrionale, in Antartide). L'obiettivo fondamentale della ricerca è quello di caratterizzare, attraverso l'analisi geologica, le relazioni tra le proprietà spaziali, geometriche e cinematiche dei diversi tipi di faglie e i principali fattori che ne condizionano la genesi e l'evoluzione. A tal fine, lo studio includerà l'analisi delle strutture esposte nelle aree di interesse e la definizione dei meccanismi di localizzazione dello strain operanti durante le varie fasi della storia deformativa dei settori orogenici analizzati. Le informazioni derivanti da questo studio forniranno un database sufficientemente dettagliato per poter discriminare tra le differenti modalità evolutive dei sistemi di faglie esaminati.

Durata del Programma di Ricerca: 24 mesi

Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

Prof. CELLO GIUSEPPE
Università degli Studi di CAMERINO
Dipartimento di SCIENZE DELLA TERRA
Via Gentile III da Varano
62032, Camerino, MC
Tel.: 0737/402622
Fax. 0737/402644
E-mail: giuseppe.cello@unicam.it

Elenco delle Unità di Ricerca

1. Prof. CELLO GIUSEPPE , Università di Camerino, Dipartimento di Scienze Della Terra.
2. Prof. SALVINI FRANCESCO, Università di Roma Tre, Dipartimento di Scienze Geologiche.
3. Dott. ZAMPIERI DARIO , Università di Padova, Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica.

Obiettivo del Programma di Ricerca

Caratterizzazione geologica di differenti tipologie di faglie presenti in diversi contesti geotettonici e definizione delle loro modalità di evoluzione attraverso l'analisi sistematica dei principali indicatori strutturali di interesse per la valutazione delle proprietà spaziali, cinematiche e cronologiche delle stesse e per possibili applicazioni nel settore delle georisorse.

Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

Nell'ultimo decennio, l'interesse per lo studio delle zone di faglia si è andato sviluppando rapidamente, specie a livello internazionale, a causa della grande rilevanza che queste strutture hanno assunto sia come siti preferenziali per l'accumulo e/o la migrazione di fluidi di interesse economico (per esempio per la localizzazione e la produzione di giacimenti minerali, di idrocarburi e campi geotermici) sia a fini geo-ambientali (ad esempio per la caratterizzazione e la gestione di acquiferi profondi e, più in generale, degli ambienti ipogei).

I risultati più significativi conseguiti nel corso di questi studi (si vedano, ad esempio Knott et al. 1996; Vermilye and Scholz, 1998; Cello, 2000) evidenziano che, in natura, le zone di faglia risultano costituite da una complessa architettura interna controllata da clusters e networks di discontinuità strutturali di rango inferiore e dalle associate rocce di faglia. Conseguentemente, la localizzazione dello strain e le modalità di evoluzione di zone e sistemi di faglie dipendono soprattutto dalla natura e distribuzione spaziale delle rocce di faglia, nonché dal grado di connettività dei network di discontinuità (Walsh et al., 2001). Questi ultimi definiscono, a loro volta, le caratteristiche di permeabilità strutturale del sistema che, di norma, condizionano fortemente il comportamento reologico delle faglie.

Le suddette caratteristiche possono anche variare nel tempo (Evans et al., 1997) a causa di cambiamenti: (i) fisici (dovuti a processi di comminuzione e compattazione delle rocce di faglia e allo sviluppo di fault gouge), (ii) idraulici (a causa di variazioni spaziali della pressione dei fluidi) e (iii) chimici (in risposta a processi di corrosione stress-dipendenti e per cementazione ad opera di fluidi circolanti nella crosta). Alla scala dei tempi geologici, tutti questi processi possono essere operativi pressoché contemporaneamente facilitando così la crescita per coalescenza delle zone di faglia attraverso l'incremento, cumulato nel tempo, del rigetto e della lunghezza di segmenti originariamente isolati all'interno di un sistema di discontinuità strutturali. In natura, l'evoluzione di una zona o di un sistema di faglie e la localizzazione della deformazione, nell'ambito di queste zone di debolezza crostale, sono anche controllate da perturbazioni locali dello stato di stress remoto dovute principalmente a variazioni della pressione dei fluidi circolanti ai diversi livelli crostali (e.g. Cello & Nur, 1988; Ghisetti & Vezzani, 2000).

Indagini sperimentali sui processi di fratturazione delle rocce e simulazioni numeriche (Main, 1995 e referenze citate) mostrano inoltre che le faglie evolvono, nello spazio e nel tempo, secondo leggi di potenza che sono indipendenti dalla scala (i.e. frattali) su un ampio spettro di ordini di grandezza (e.g. Cowie et al., 1996) e che la progressione della deformazione e lo sviluppo di indicatori geologici delle modalità di deformazione sono regolati da processi di auto-organizzazione (Sornette & Davy, 1991). Ne consegue che, in un dato istante e ad una data profondità crostale, le proprietà spaziali delle zone di faglia (e/o dei network strutturali che le definiscono) registrano le condizioni di strain finito della struttura e possono quindi essere utilizzate come indicatori delle sue modalità di crescita e del grado di maturità raggiunto in risposta all'evoluzione dei processi deformativi che le caratterizzano (Cello, 1997).

Su questa base teorico-sperimentale sono state elaborate specifiche procedure di analisi geologica delle zone di faglia esposte in affioramento; queste hanno come obiettivo la comprensione dei meccanismi di fagliamento attraverso:

- la definizione delle modalità e dei tempi della deformazione, ottenuta mediante l'analisi geologica regionale (Calamita et al., 1994) e lo studio sistematico degli elementi del fabric e delle rocce di faglia (Sammis et al., 1987; Sibson, 2000);
- la valutazione della permeabilità strutturale delle faglie attraverso la definizione di appropriati indici architettonici (Caine et al, 1996);

- la valutazione delle proprietà frattali di singole strutture e/o di insiemi di faglie e la derivazione di possibili relazioni di scala tra elementi strutturali di rango diverso (Gillespie et al., 2001);
- la stima del grado di evoluzione strutturale (maturità) raggiunto da popolazioni omogenee di faglie (Cello, 1997).

Va infine rilevato che il recente sviluppo di questo filone della ricerca geologica si è potuto realizzare grazie alla implementazione di software specifico per la gestione e l'analisi di grandi quantità di dati e a seguito di una più adeguata conoscenza dei rapporti tra le strutture minori e le zone di faglia presenti in differenti contesti tettonici caratterizzati da specifiche condizioni di stress (si vedano, ad esempio, Cello et al., 1995; Colacicchi et al., 2000).

In Italia, gli studi sulle modalità di evoluzione delle zone di faglia sono ben caratterizzati per ciò che attiene agli effetti geologici connessi con lo sviluppo progressivo delle diverse tipologie di strutture in ambito regionale (si vedano, tra gli altri, Marchegiani et al., 1999; Salvini et al., 1999; Zampieri 2000), mentre la produzione scientifica relativa agli aspetti sistematici dello studio di zone di faglia e delle loro modalità evolutive appare insufficiente rispetto alla crescente domanda in campo sia scientifico che applicativo e certamente subordinata rispetto agli studi prodotti, in questo settore, in campo internazionale (si vedano, ad esempio, Barton & La Pointe, 1995; Cowie et al., 1996; Holdsworth et al., 2001).

Riferimenti bibliografici

- Barton C.A., La Pointe P.R. (Eds.) (1995) *Fractals in the Earth Sciences*. Plenum Press, New York.
- Caine J. S., Evans J. P., Forster C. B. (1996) Fault zone architecture and permeability structure. *Geology*, 11, 1025-1028.
- Calamita F., Cello G., Deiana G., Paltrinieri W., (1994) Structural styles, cronology rates of deformation, and time-space relationships in the Umbria-Marche thrust system (central Apennines, Italy). *Tectonics*, 13, 4, 873-881.
- Cello G. (1997) Fractal analysis of a Quaternary fault array in the central Apennines, Italy, *Journal of Structural Geology* 19, 7, 945-953.
- Cello G. (2000) A quantitative structural approach to the study of active fault zones in the Apennines (peninsular Italy). In: Cello G. and Tondi E. (Eds.), "The resolution of geological analysis and models for earthquake faulting studies", *Journal of Geodynamics*, Special Issue, 29, (3/5), 265-292.
- Cello G., Nur A. (1988) Emplacement of foreland thrust systems. *Tectonics*, 7, 261-271.
- Cello G., Deiana G., Pierantoni P.P. (Eds.) (1995) *Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino*, Studi Geologici Camerti, Volume Speciale, 1995/1-2.
- Cowie P. A., Knipe R. J., Main, I. G. (Eds.) (1996) Scaling laws for fault and fracture populations: Analyses and applications. *Journal of Structural Geology*, Special Issue 18 (2/3), 135-383.
- Colacicchi R., Barchi M., Cirilli S., Decandia F. A., Lavecchia G., Menichetti M., Minelli G., Passeri. L., Peccerillo, A. (Eds.) (2000) *Evoluzione geologica e geodinamica dell'Appennino*. Convegno in Memoria di Gianpaolo Pialli, Foligno 16-18 febbraio 2000, Abstract volume.
- Evans J. P., Foster C. B., Goddard J. V. (1997) Permeability of fault-related rocks and implications for hydraulic structure of fault zones. *Journal of Structural Geology*, 19, 11, 1393-1404.
- Ghisetti F., Vezzani L. (2000) Detachment and normal faulting in the Marche fold-and-thrust belt (central Apennines, Italy): inferences on fluid migration paths, *Journal of Geodynamics*, 29, 345-369.
- Gillespie P. A., Walsh J. J., Watterson J., Bonson C. G., Manzocchi T. (2001) Scaling relationships of joint and vein arrays from the Burren Co. Clare, Ireland. *Journal of Structural Geology*, 23, 183-201.
- Holdsworth B., Magloughlin J., Knipe R. J., Strachan R. A., Searle R.C. (Eds.) (2001) The nature and significance of fault zone weakening. Joint International Research Meeting, 7-9 March, London, Abstract Volume.
- Knott S. D. Beach A., Brockbank P. J., Brown J., L., McCallum J. E., Welbon A. I. (1996) Spatial

and mechanical controls on normal fault populations. *Journal of Structural Geology*, 18, 359-372.

Main I.G. (1995) Seismogenesis and seismic hazard. *Proceedings, VIII Summer School Earth and Planetary Sciences on "Plate Tectonics: The First Twenty-Five Years"* Siena, Italy, 395-419.

Marchegiani L., Bertotti G., Cello G., Deiana G., Mazzoli S., Tondi E. (1999) Pre-orogenic tectonics in the Umbria-Marche sector of the afro-adriatic continental margin, *Tectonophysics*, 315/1-4: 123-143

Salvini F., Billi A., Wise D. U. (1999) Strike-slip fault-propagation cleavage in carbonate rocks: the Mattinata fault zone, Southern Apennines, Italy, *J. Struct. Geol.*, 21, 1731-1749.

Sammis C., King G., Biegel R. (1987) The kinematics of gouge deformation. *Pure and Appl. Geophys.*, 125: 777-812.

Sibson R.H. (2000) Fluid involvement in normal faulting. In: Cello G. and Tondi E. (Eds.), "The resolution of geological analysis and models for earthquake faulting studies", *Journal of Geodynamics, Special Issue*, 29, (3/5), 469-499.

Sornette D., Davy Ph. (1991) Fault growth model and universal fault length distribution. *Geophysical Research Letters* 18, 1079-1081.

Vermilye J.M., Scholz C. H. (1998) The process zone: A microstructural view of fault growth. *Journal of Geophysical Research*, 103, 86, 12,223-12,237.

Walsh J. J., Childs C., Meyer V., Manzocchi T., Imber J., Nicol A., Tuckwell G., Bailey W. R., Bonson C. G., Watterson J., Nell P. A., Strand J. (2001) Geometric controls on the evolution of normal fault systems. From: Holdsworth R. E., Strachan R. A., Magloughlin J. F. & Knipe R. J. (Eds). "The Nature and Tectonic Significance of Fault Zone Weakening". Geological Society, London, Special Publication, 186, 157-170.

Zampieri D. (2000) Segmentation and linkage of the Lessini Mountains normal faults, Southern Alps, Italy. *Tectonophysics*, 319, 19-31.

Numero di fasi del Programma di Ricerca: 2

Fase 1 - La ricerca proposta è articolata in due fasi, ciascuna di dodici mesi, ed è finalizzata all'analisi geologico-strutturale di popolazioni di faglie esposte in affioramento nelle zone di interesse, nonché allo studio delle loro modalità di evoluzione. La ricerca sarà focalizzata principalmente alla definizione della storia deformativa degli elementi strutturali principali nei diversi stadi di strutturazione della catena appenninica (compresa la porzione nord-siciliana e l'area di avampaese garganica) e del settore sudalpino, nonché al loro confronto con importanti zone di faglia che interessano la Terra Vittoria Settentrionale, in Antartide, le quali sono oggetto di studio da parte dei ricercatori afferenti all'Unità di Ricerca Roma 3 (Salvini et al., 1997).

Nell'ambito della catena appenninica affiorano diverse unità tettono-stratigrafiche derivate dalla deformazione neogenica di domini paleogeografici pre-miocenici (e.g. Patacca & Scandone, 1989; Monaco et al., 1998; Cello & Mazzoli, 1999) inglobanti pre-esistenti anisotropie e disomogeneità strutturali. I suddetti domini sono rappresentativi dei seguenti elementi paleotettonici (Cello et al., 1995 e referenze citate nel testo):

- il margine continentale iberico-europeo, da cui derivano le unità cristallino-metamorfiche dell'Arco Calabro (Amodio-Morelli et al., 1976; Cello et al., 1996);
- la Neotetide, dalla cui strutturazione in cuneo di accrezione oceanico si originano le unità Liguridi e Sicilidi (Ogniben, 1969);
- il margine Afro-Adriatico, rappresentato da unità che derivano sia da domini bacinali che di piattaforma carbonatica. Queste ultime sono rappresentate anche in Sicilia settentrionale (Lentini et al., 1991; Catalano et al., 1996, Adam et al., 2000) e nel settore sudalpino della catena, dove la deformazione neogenica ha riattivato e esumato numerose strutture ereditate dalla fase di rifting norico-liassica (Bertotti et al., 1993).

I dati geologici e geofisici disponibili (CARG, EGT, CROP) per l'Italia peninsulare e la Sicilia evidenziano chiaramente l'importanza dei processi di fagliamento durante le varie fasi di

costruzione della catena e il loro ruolo nella definizione dell'assetto strutturale dei diversi settori oggetto dello studio (si vedano, tra gli altri, Castellarin et al., 1992; Doglioni, 1992; Barchi et al., 1998; Decandia et al., 1998; Rossetti et al., 2001; Calamita et al., 2002). Per questo motivo nella prima fase della ricerca si procederà allo studio dei maggiori elementi strutturali che caratterizzano i settori in esame e verranno affrontati i temi relativi alla identificazione, discriminazione, caratterizzazione e mapping delle diverse tipologie di faglie presenti in affioramento (i.e. strutture sin-sedimentarie, sin-diagenetiche e post-diagenetiche con caratteri cinematici normali, trascorrenti e inversi). In parallelo con questi studi di terreno saranno acquisiti e esaminati criticamente i dati geologici e geofisici (anche di sottosuolo) disponibili, con l'obiettivo di giungere ad un inquadramento di dettaglio degli assetti, degli stili strutturali e della cronologia della deformazione nei settori oggetto di studio.

Durante lo svolgimento della ricerca saranno programmate interazioni ed incontri scientifici con ricercatori di altri Progetti su tematiche affini.

Per quanto attiene alle faglie affioranti nella Terra Vittoria Settentrionale (in Antartide), lo studio sarà focalizzato essenzialmente all'analisi delle zone terminali della Lanterman Fault e della Priestley Fault e ai meccanismi di distribuzione e assorbimento delle dislocazioni ivi operativi.

In Appennino, nel Gargano, in Sicilia settentrionale e nel settore Sudalpino, si procederà allo studio di dettaglio delle zone di faglia individuate e delle strutture di rango inferiore ad esse associate, attraverso:

- l'interpretazione di immagini telederivate;
- l'acquisizione in campagna di dati geologico-strutturali relativi sia a singole strutture che a popolazioni di faglie;
- l'analisi di laboratorio delle rocce di faglia (attraverso studi di microscopia ottica e al SEM e analisi diffrattometriche delle frazioni argillose) e delle inclusioni fluide (mediante analisi microtermometriche) con l'obiettivo di stimare le condizioni chimico-fisiche della deformazione.

Le Unità di Ricerca afferenti al progetto si coordineranno, durante la fase 1, principalmente attraverso l'organizzazione di workshop e escursioni aperte anche ad esperti non partecipanti al Programma di ricerca; nel corso di questi incontri verranno illustrate e discusse le conoscenze geologiche regionali e si confronteranno le interpretazioni proposte sull'assetto strutturale e sull'evoluzione tettonica delle aree di interesse. Contestualmente verrà concordato un approccio metodologico comune per le fasi di raccolta dati e per la campionatura sistematica delle zone di faglia.

Fase 2 - La seconda fase delle ricerche consentirà di completare le indagini avviate e di estenderle, se necessario, anche in altre zone di interesse individuate a seguito degli studi effettuati durante la fase 1.

La fase 2 è mirata essenzialmente allo studio delle diverse generazioni di discontinuità strutturali cartografate nel corso della Fase 1 ed ha per obiettivo quello di comprendere le modalità di evoluzione di singole strutture e/o di insiemi di faglie. A tale scopo saranno decodificati i rapporti di cronologia relativa tra strutture e saranno derivate appropriate relazioni di scala tra elementi strutturali di diverso rango e tipologia. Saranno evidenziate eventuali correlazioni tra i parametri dimensionali delle faglie esaminate (lunghezza, spessore, rigetto, etc.) e verranno definiti una serie di indici architetturali, nonché le loro eventuali variazioni spaziali, con l'obiettivo di cartografare possibili anisotropie e differenze nella permeabilità strutturale di differenti sezioni di faglia. Infine, si procederà all'analisi statistica frattale delle popolazioni di faglie e fratture cartografate a diverse scale.

Il coordinamento tra le Unità di Ricerca, durante la Fase 2, avverrà principalmente: (i) attraverso riunioni di lavoro indirizzate soprattutto ad integrare le competenze specifiche dei diversi ricercatori, al fine di elaborare appropriati schemi tettonici delle aree di interesse, (ii) mediante una attività di "servizio" delle singole Unità per l'intero progetto. In questo quadro collaborativo l'Unità di Ricerca Padova fornirà un contributo di servizio per l'interpretazione strutturale di immagini

telederivate, l'Unità di Ricerca Roma3 coordinerà l'uso integrato di software specifico per la modellazione delle relazioni spaziali e temporali tra strutture geologiche regionali e strutture minori e l'Unità di Ricerca Camerino fornirà il necessario supporto per le analisi di laboratorio delle rocce di faglia e delle inclusioni fluide, nonché per l'analisi statistica frattale.

Gli studi effettuati nel corso della seconda fase del progetto consentiranno di:

- acquisire i dati di input necessari per elaborare appropriati modelli 3D di volumi crostali fagliati e per individuare, al loro interno, comparti con differenti caratteristiche di permeabilità (barriere/condotti) rispetto ai flussi di fluidi;
- stimare il grado di maturità delle zone di faglia esaminate e le tipologie di interazione (soft/hard linkage) dei network strutturali che le caratterizzano;
- validare possibili modelli evolutivi, nel dominio spazio-temporale, per specifiche zone e sistemi di faglie di cui si potrà disporre di sufficienti dati geologico-strutturali.

Riferimenti bibliografici

- Adam J., Reuther C. D., Grasso M., Torelli L. (2000) Active fault kinematics and crustal stresses along the Ionian margin of southeastern Sicily. *Tectonophysics*, 326, 217-239
- Amodio-Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccareta G., Russo M., Scandone P., Zanettin-Lorenzoni E., Zuppetta A. (1976) L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico-Maghrebide. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 17, 1-60
- Barchi M., Minelli G., Pialli G. (1998) The CROP03 profile: a synthesis of results on deep structures of the Northern Apennines. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 52, 383-400
- Bertotti G., Picotti V., Bernoulli D., Castellarin A. (1993) From rifting to drifting: tectonic evolution of the South-Alpine upper crust from the Triassic to the Early Cretaceous. *Sedimentary Geology*, 86, 53-76
- Calamita F., Scisciani V., Ben M'Barek M., Pelorosso M. (2002) Il sistema a thrust del Gran Sasso d'Italia (Appennino centrale). *Studi Geologici Camerti*, 1, 19-32
- Castellarin A., Cantelli L., Fesce A. M., Mercier J. L., Picotti V., Pini G.A., Prosser G., Selli L. (1992) Alpine compressional tectonics in the Southern Alps: Relationship with the N-Apennines. *Annales Tectonicae*, 6, 62-94
- Catalano R., Di Stefano P., Sulli A., Vitale F.P. (1996) Paleogeography and structure of the central Mediterranean: Sicily and its offshore area. *Tectonophysics*, 260, 291-323
- Cello G., Turco E., Zuppetta A. (1995) Cinematica del settore centrale del Mediterraneo ed implicazioni sulla strutturazione dell'Arco Calabro. In: Bonardi, P. Gasparini, A. Vallario (Eds), *Cinquanta anni di attività didattica e scientifica del Prof. Felice Ippolito*, 293-301, Liguori Editore, Napoli.
- Cello G., Invernizzi C., Mazzoli S. (1996) Structural signature of tectonic processes in the Calabrian Arc (southern Italy): evidence from the ophiolite-bearing Diamante-Terranova unit. *Tectonics*, 15, 187-200
- Cello G., Mazzoli S. (1999) Apennine tectonics in southern Italy: a review. *Journal of Geodynamics*, 27, 191-211
- Decandia F. A., Lazzarotto A., Liotta D., Cernobori L., Nicolich R. (1998) The CROP03 traverse: insights on post-collisional evolution of Northern Apennines. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 52, 427-440
- Dogliani C. (1992) Main differences between thrust belts. *Terra Nova*, 4, 152-164
- Lentini F., Carbone S., Catalano S., Monaco C. (1991) Tettonica a thrust della catena appenninico-maghrebide: esempi della Lucania e della Sicilia. In: Boccaletti et al. (Eds), *Neogene thrust Tectonics*. *Studi Geologici Camerti*, Vol. Spec., 19-26
- Monaco C., Tortorici L., Paltrinieri W. (1998) Structural evolution of the Lucanian Apennines, *Journal of Structural Geology*, 20, 617-63
- Ogniben L. (1969) Schema introduttivo alla geologia del confine Calabro-Lucano, *Memorie della*

Società Geologica Italiana, 8, 453-763

Patacca E., Scandone P. (1989) Post-Tortonian mountain building in the Apennines; the role of the passive sinking of a relic lithospheric slab, In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G. B., Vai G.B. (Eds), The Lithosphere in Italy, Advances in Earth Science Research, Accademia Nazionale dei Lincei, Rome, 79, 46-65

Rossetti F., Faccenna C., Funiciello R., Pascucci V., Pietrini M., Sandrelli F. (2001) Neogene strike-slip faulting and pluton emplacement in the colline metallifere region (Southern Tuscany, Italy): the Gavorrano-Capanne Vecchie area. Bollettino Società Geologica Italiana, 120, 15-30

Salvini F., Brancolini G., Busetti M., Storti F., Mazzarini F., Coren F. (1997) Cenozoic geodynamics of the Ross Sea, Antarctica: crustal extension, intraplate strike-slip faulting and tectonic inheritance. Journal of Geophysical Research, 102, 24669-24696

Criteri suggeriti per la valutazione globale e delle singole fasi

a) Workshop e escursioni aperte a ricercatori non partecipanti al progetto e esperti nelle aree di interesse; b) Pubblicazioni scientifiche; c) Partecipazione a congressi e convegni nazionali ed internazionali; d) Attivazione di un sito Internet; e) Eventuali presentazioni e/o precisazioni da parte del Coordinatore scientifico; f) Presentazione dei risultati finali del Progetto al Congresso Geologico Internazionale, Firenze 2004

INFORMAZIONI PIU' DETTAGLIATE SUL PROGETTO SONO DISPONIBILI AL SITO:

<http://web.unicam.it/discite/progetti/fault.htm>