

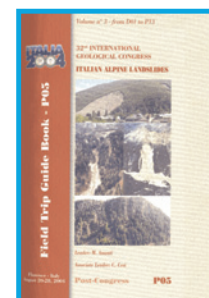
Escursioni geologiche

Field trip



Grandi frane Alpine in Italia

Italian Alpine landslides



AMANTI M. (*), CESI C. (*)

Field Trip P05: *Italian Alpine landslides* 5 days
Leader: M. AMANTI Associated Leader: C. CESI

Itinerario sintetico:

Milano (inizio *field trip*);
Corteno (stop 1.1);
Sondrio (stop 1.2);
Tirano (stop 2.1);
Val Pola (stop 2.2);
Valfurva-Ruinon (stop 2.3);
Lasa (stop 3.1);
Merano, Nalles (stop 3.2);
Bolzano, Selva Gardena, Corvara
in Badia (stop 4.1);
Valle rio Paneveggio,
Loc.Forte Buso (stop 4.2);
area estrattiva di Lases (stop 4.3);
Mezzocorona, Trento, Rovereto - Lavini di
Marco (stop 5.1);
lago di Garda, Tenno (stop 5.2);
Verona (fine *field trip*).

FOCUS SCIENTIFICO

La *field trip* ha inteso costituire una visione diretta e “commentata *in situ*” di alcune delle tipologie di dissesto contenute e descritte nel data base di IFFI, il progetto italiano a scala nazionale attraverso il quale è in via di organizzazione la conoscenza sistematica dei fenomeni franosi presenti sul nostro territorio. Nel periodo 1945-1990 si stimano, per tali fenomeni, danni incalcolabili e più di 3500 vittime. Così il progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), costituisce un’idonea risposta alle esigenze di conoscenza e di supporto alle decisioni nella riduzione del rischio da frana (AMANTI *et alii*,

2001), che APAT (ex Servizio Geologico d’Italia) ed i Servizi Geologici delle Regioni e delle Province Autonome stanno predisponendo in sinergia.

L’organizzazione stessa della “*field trip*” riflette l’elevato livello di osmosi e collaborazione raggiunto tra Amministrazione centrale dello Stato e strutture regionali e provinciali: ai Servizi Geologici della Regione Lombardia e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, è stata demandata la logistica dei singoli *stop* e l’illustrazione delle problematiche inerenti le frane visitate e delle attività a livello regionale mirate alla mitigazione dei fenomeni (anche in collaborazione con Università e CNR). Attraverso IFFI, i dati relativi alle frane sono organizzati su tre differenti livelli di dettaglio, in relazione alla effettiva conoscenza di ciascun fenomeno, ed inseriti in un GIS che costituisce uno degli strumenti per valutare, insieme ad altri parametri ed a scale adeguate alle diverse esigenze, la pericolosità ed il rischio associati al quadro dei dissesti.

Tale quadro non è ovviamente avulso dal contesto geologico e tettonico regionale. Nella fattispecie le frane inserite nella *field trip* si sviluppano in contesti propri dei domini tettonici dell’Australpino e del Sudalpino che sono il risultato della deformazione tettonica di successioni sedimentarie e subordinatamente vulcaniche, dal tardo carbonifero fino al terziario, sovrastanti un basamento cristallino (varisco) intruso dai plutoni di età carbonifero-permiano in qualche modo associati ad una linea tettonica di importanza regionale (*Periadriatic Fault*).

Plutoni di età più recente (oligocene) sono rappresentati dai massicci dell’Adamello, Masino-Bregaglia, Vedrette de Ries, Rensen, Lago verde e Gran Zebrù, a composizione calc-alkalina, relazionabili ad una fase tettonica estensionale (STAMPFLI & MARCHANT, 1995).

(*) APAT - Servizio Geologico d’Italia-Dipartimento difesa del suolo - Roma, Italia

Nell'area della *field trip*, la successione stratigrafica è dominata dai sedimenti carbonatici di acqua bassa, depositi a partire dal triassico e magnificamente esposti nella regione dolomitica (escursione del 4° giorno), mentre nella zona corrispondente al settore centro orientale delle alpi meridionali dominano i prodotti del Distretto Vulcanico Atesino, in prevalenza ignimbriti, con spessori fino a 2000 metri. Infine, nel contesto della *field trip*, presentano un marcato interesse i processi ed i sedimenti connessi alle glaciazioni quaternarie. Depositi glaciali e fluvio glaciali affiorano estesamente, raggiungendo in taluni casi spessori maggiori di 600 m (Val Venosta, Val Pusteria, Merano). In particolare la deglaciazione olocenica ha comportato in generale un annullamento della pressione di confinamento esercitata dai ghiacciai sui versanti delle valli, innescando fenomeni di deformazione gravitativa profonda a larga scala (AGOSTONI *et alii*, 1993; BISTACCHI & MASSIRONI, 2001). In generale, in tale contesto geologico, la distribuzione delle maggiori frane mostra il forte controllo esercitato dalla distribuzione delle strutture tettoniche Alpine, specialmente faglie e piani di *thrust*, come si può per altro facilmente evincere dalla lettura della guida all'escursione.

Nella figura 1 è riportata la distribuzione delle frane nelle aree interessate dall'escursione, rapportata alle unità geologiche affioranti, senza distinzione tra le varie categorie di dissesto. Le informazioni utilizzate sono state estratte dal "data base" di IFFI e dalla base geologica vettoriale alla scala 1:500.000.

La figura 2 rappresenta invece la distribuzione

delle frane per tipologia di dissesto. In sintesi gli stop programmati hanno riguardato le seguenti tipologie di frana:

- Area di Cortenova (tav. 1): crollo in massa sul versante principale ed eventi di *debris flow* in valle laterale.

- Val di Pola, frana del M.te Zandila (pizzo Coppetto) (tav. 2): crollo di notevolissime dimensioni, sicuramente il più imponente, per volumi mobilizzati e effetti prodotti, tra quelli inseriti nella *field trip*.

- Valfurva, frana del Ruinon (tav. 3): del tipo "rock slide" con piano di scivolamento profondo (probabilmente a 90 metri in corrispondenza di un orizzonte cataclasizzato) ed in un contesto di DGPV.

- Frana di Nalles (tav. 4): serie di *debris flow*, alcuni dei quali sono arrivati ad interessare parte dell'abitato.

- Frana di Corvara (tav. 5): scivolamento - colata; il dissesto più imponente della Val Badia.

Nella figura 3 sono riassunti i dati della distribuzione delle frane per quest'area geografica in pieno dominio dolomitico.

- Forte Buso (tav. 6): frana nei porfidi, con crolli nella zona di coronamento.

- Lona-Lases (tav. 7): frana nei porfidi in località Slavinac (versante orientale del M.te Gorsa), con piano di scivolamento a 30-40 m di profondità. Il versante Settentrionale appare interessato da un nuovo dissesto, sul quale gli studi sono in via di approfondimento, anche con interferometria da terra.

- Lavini di Marco (tav. 8): scivolamento trasla-

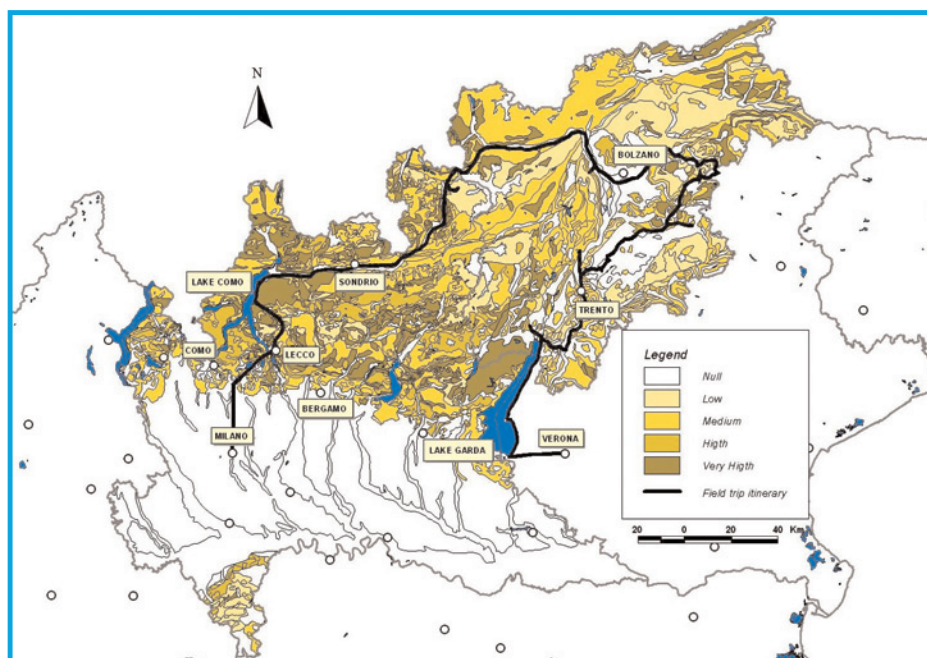


Fig. 1 - Mappa dell'indice di franosità per l'area della *field trip* (n° di eventi per km² di unità geologica), calcolato su un totale di 136.000 eventi presenti nel data base di IFFI senza distinzione del tipo di frana. L'area totale è di circa 37.464 km² con un indice medio di 3.6, mentre quello delle differenti unità geologiche varia da 0 a 20.

- Map of the field trip area showing the landslide index (n. of events per km², per each geological unit), calculated for a total of about 136.000 events existing in the IFFI data-base. No distinction among the different landslide types has been done. The total area is about 37.464 km². The average index for the total area is 3.6, while the index of the different units ranges from 0 to 20.

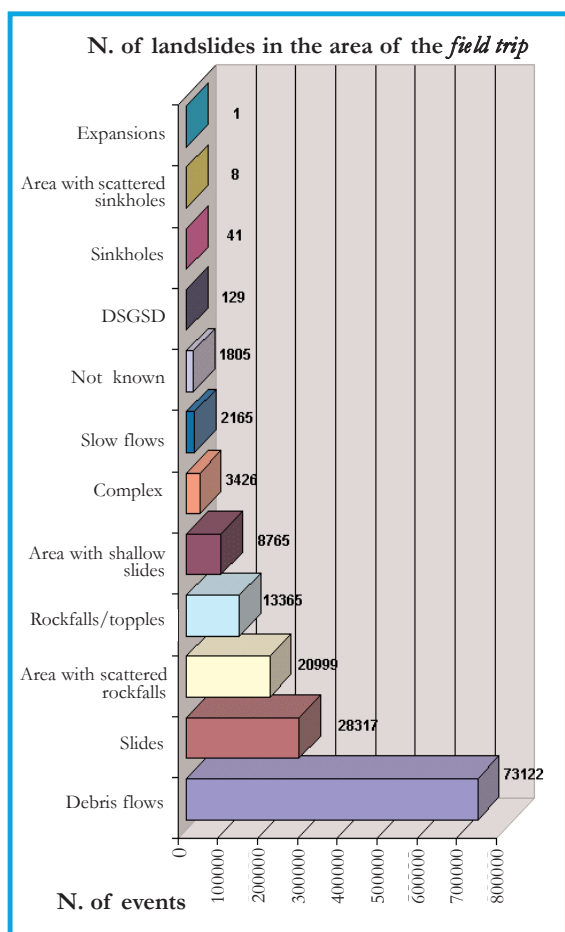


Fig. 2 - Numero di eventi per ciascuna tipologia di frana nell'area della *field trip*.

-Types and number of landslides in the field trip area.

tivo in roccia - valanga di roccia e/o detrito.

- Lago di Tenno (tav. 9): scivolamento rotazionale in materiali detritici, costituenti il corpo di una frana più antica.

Nella tabella 1 allegata, sono riassunte le principali caratteristiche dei movimenti franosi citati. Sono anche indicate le tipologie delle strumentazioni installate per il loro controllo. Le strumentazioni, ove possibile, sono distinte in manuali ed in automatiche, includendo in queste sia quelle con trasmissione dati sia quelle con acquisizione da data logger (ad esempio Corvara). I sistemi attivati costituiscono, in generale, un affidabile strumento per l'acquisizione dei dati necessari in fase conoscitiva e di modellazione geologico geotecnica del dissesto, ed anche uno strumento per gli allarmi e l'attuazione di misure di prevenzione o di riduzione del rischio. Per alcune tipologie di sensori, i dati relativi al monitoraggio delle frane dell'area Valtellinese (Cortenova, Val Pola e Ruinon) sono disponibili

on line (accesso su autorizzazione) presso L'ARPA Lombardia, Dipartimento di Sondrio - Centro Monitoraggio Geologico. Situazione analoga si ha per le frane di Forte Buso e Lona-Lases (Slavinac), i cui dati sono *on line* sul sito del PAT-Servizio Geologico.

Oltre ai fenomeni franosi compiutamente illustrati grazie agli stop, durante i trasferimenti erano previsti commenti, anche con brevi soste, su importanti eventi geologici ed idraulico-geologici, le cui tracce sono ben evidenti nel territorio attraversato, ad esempio: le DGPV del M.te Padrio-Varadega e di M.te Marzola; la estesissima conoide di Lasa con il suo peculiare significato paleogeografico; la frana complessa di passo Gardena; i pinnacoli delle Piramidi di terra di Segonzano; il bacino estrattivo del porfido (Lona-Lases); il lago effimero di Loppio.

L'escursione non ha avuto luogo per il mancato raggiungimento di un numero sufficiente di partecipanti.

Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi dei Servizi Geologici della Regione Lombardia e delle Province Autonome di Trento e Bolzano per il materiale fotografico messo a disposizione.

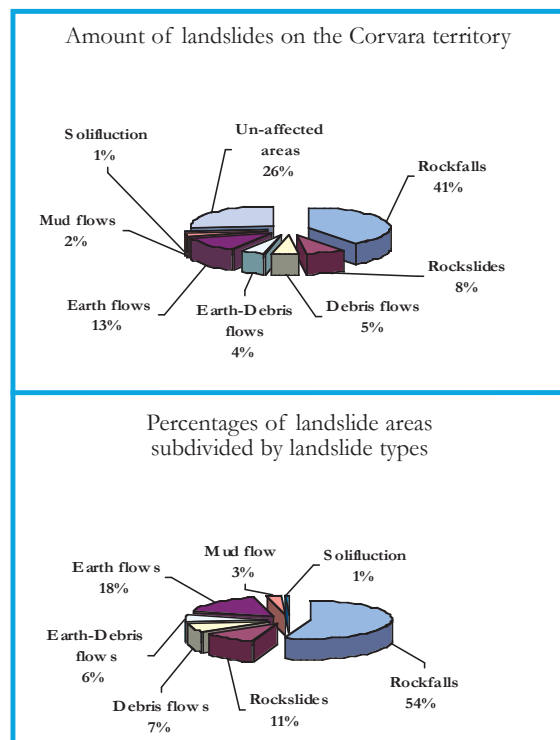
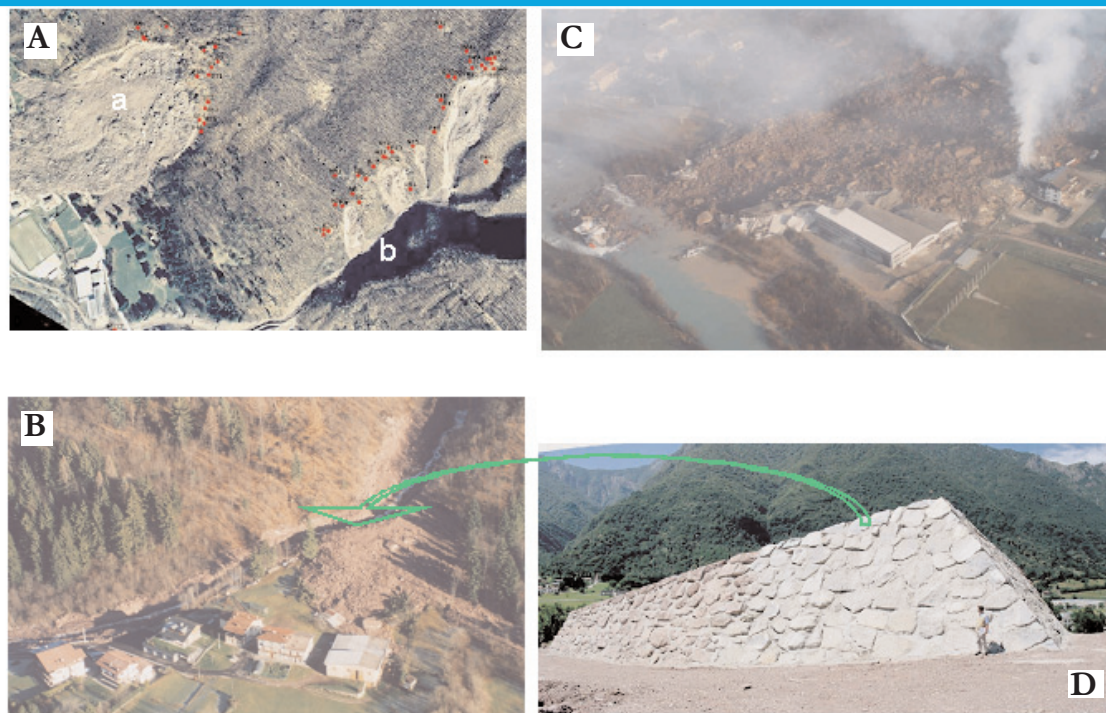
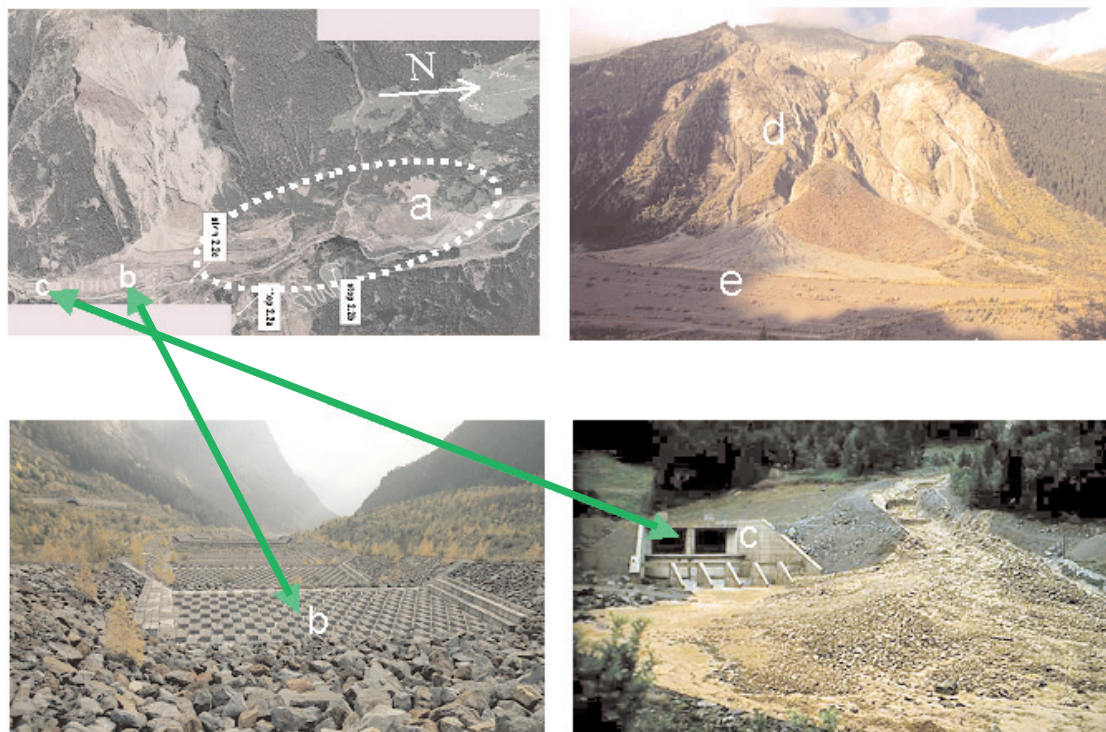


Fig. 3 - Distribuzione delle frane nell'area di Corvara.
- Landslides distribution in the Corvara area.

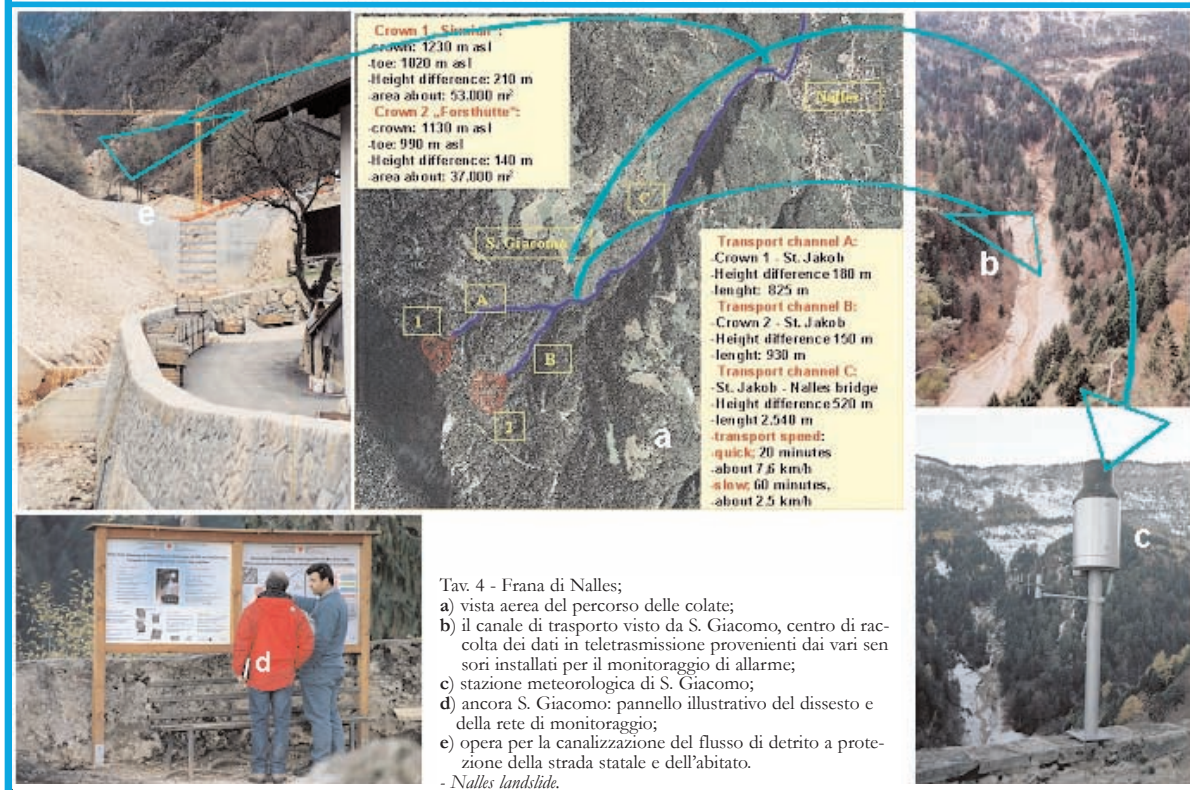
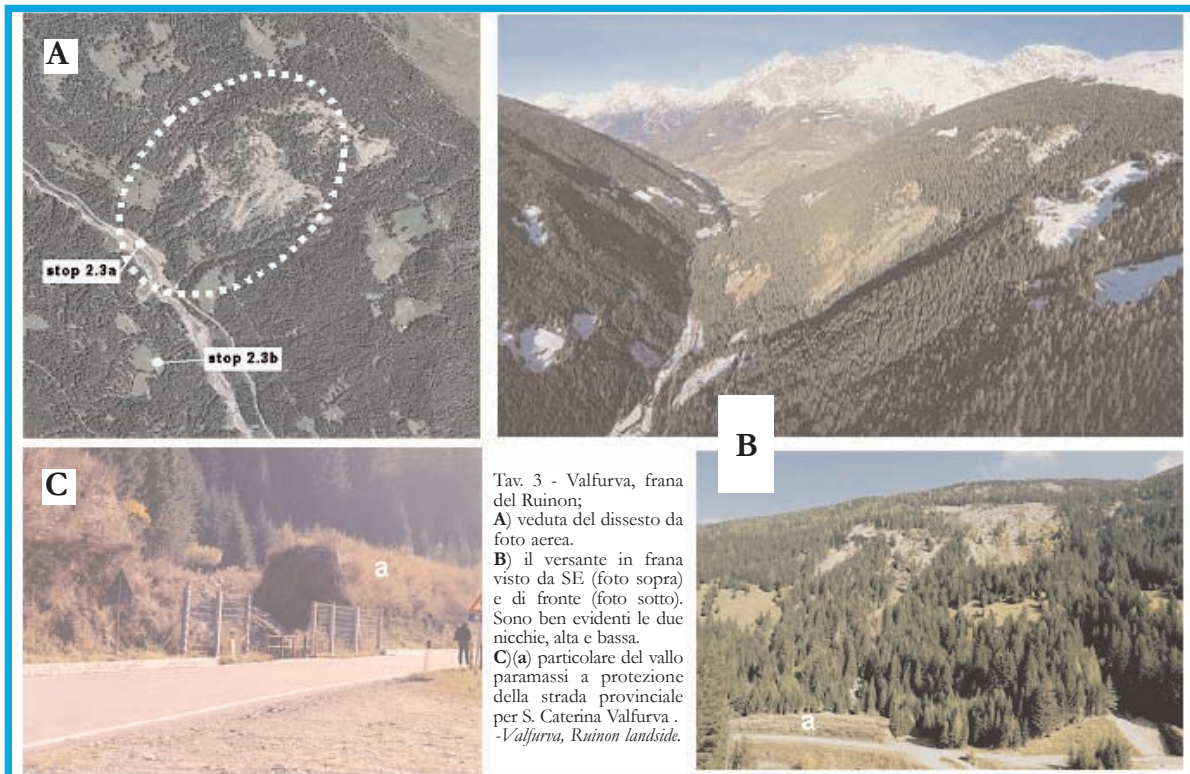
Le foto nelle tavole seguenti illustrano i siti inseriti nella *field trip* - Pictures in the following tables show what we could have visited during the field trip

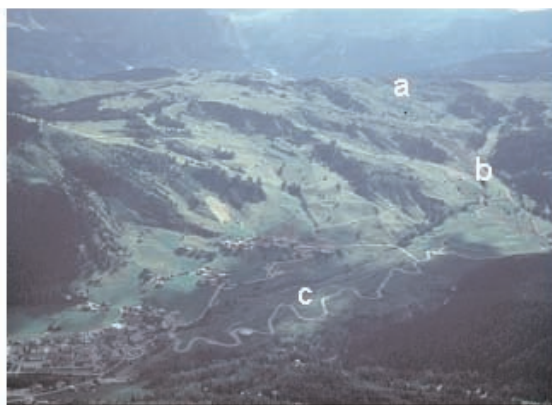


Tav. 1 - Area di Cortenova, località Bindo e Val Rossiga - **A)** vista aerea di Bindo (**a**) e Val Rossiga (**b**), con evidenziati i c.s. per il monitoraggio. **B)** deposito di *debris flow* allo sbocco del T. Rossiga. **C)** veduta aerea di Bindo subito dopo l'evento. **D)** opera di difesa realizzata in corrispondenza del deposito, dopo la movimentazione del materiale di accumulo. - Cortenova area, Bindo hamlet and T. Rossiga valley.



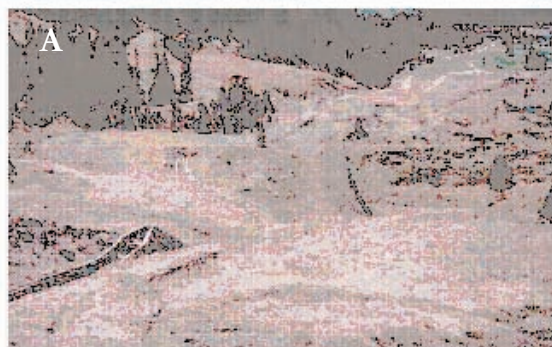
Tav. 2 - Val di Pola, frana Pizzo Coppetto; in alto, foto aerea della frana. Sono evidenziati: l'estensione del lago temporaneo a seguito dello sbarramento dell'Adda (**a**); le briglie per regimare il nuovo corso del fiume (**b**); lo sbocco delle gallerie di by-pass attualmente utilizzate per deviare l'Adda, interessate da un fenomeno di *debris-flow* (**c**). Vista frontale (**d**), con in primo piano "l'arginone" di contenimento (**e**). - Val Pola, Pizzo Coppetto landslide.





Tav. 5 - Frana di Corvara in Badia; in alto, due vedute dell'area in frana: a sinistra vista d'insieme in cui si evidenziano l'area di alimentazione a), quella di transito b) e la lunga lingua di accumulo c), quest'ultima scandita dai tornanti della S.S. 24, che arriva a lambire l'abitato di Corvara. A destra, il corpo di accumulo inciso ai suoi margini dai torrenti Rio Chiesa e Rutorto. Le due foto in basso mostrano uno stesso scorcio della zona di transito nell'area di Capanna Nera, ripreso da monte nel 1997 (A) e nel 1998 (B).

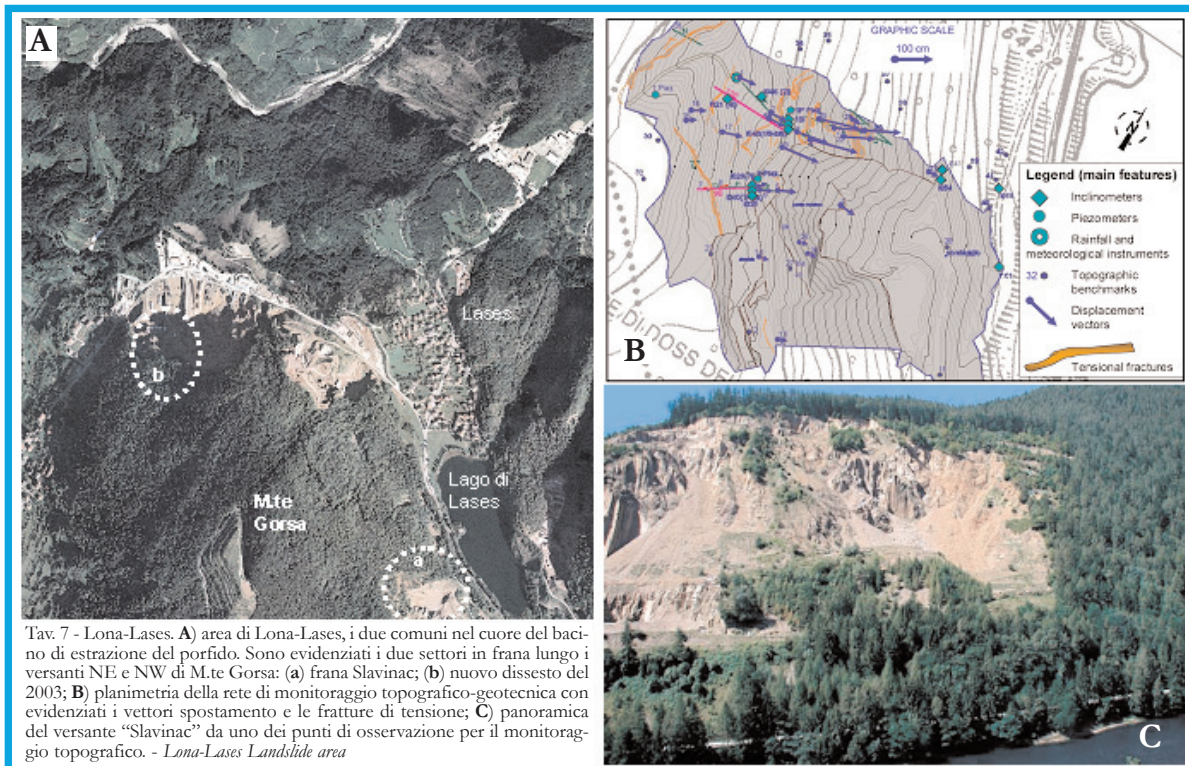
- Corvara landslide.

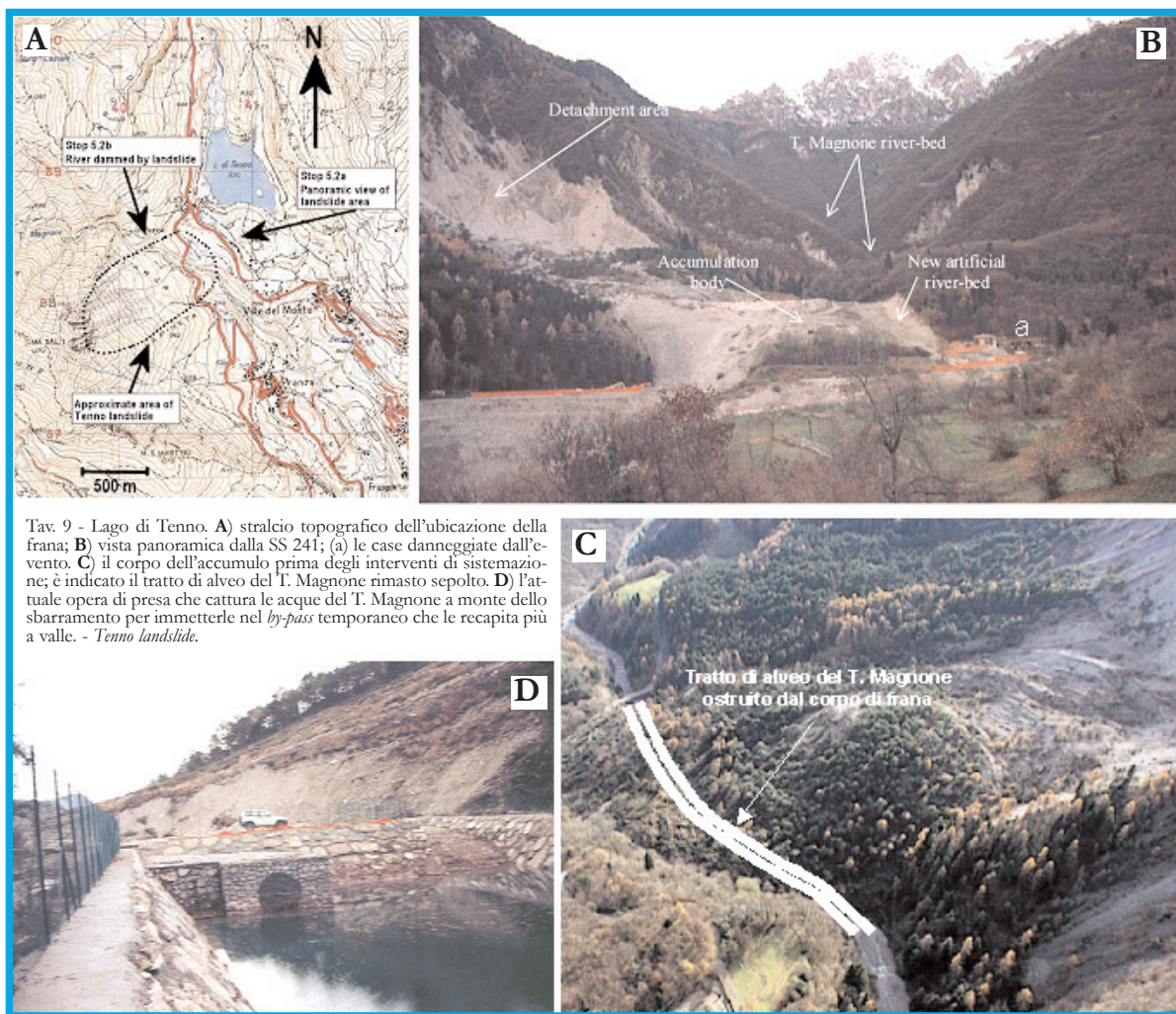


Tav. 6 - Frana di Forte Buso;
A) vista da foto aerea del dissesto oggetto della *field trip* con in primo piano il bacino artificiale della diga di Paneveggio. In realtà tutto il tratto di versante sovrastante la strada statale, costituito da porfidi, è soggetto a fenomeni di crollo.
B) veduta frontale del dissesto alla cui base è in progetto la realizzazione di un vallo in blocchi ciclopici. Sotto: due particolari del sistema di monitoraggio installato dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento. Centralina di acquisizione ad alimentazione solare (a); estensimetri per il controllo dello scivolamento di blocchi (b).

- Forte Buso landslide.







BIBLIOGRAFIA

- AGOSTONI S., DE ANDREA S., LAUZI S. & PADOVAN N. (1993) - *Sistemi di monitoraggio nell'area della Val Pola (SO)*. Studi Trent. Sci. Nat. Acta Geol., **68**, pagg. 249-302, Trento.
- AMANTI M., BERTOLINI G. & RAMASCO M. (2001) - *The Italian Landslides Inventory - IFFI Project, in Proceedings of III SIMPOSIO PANAMERICANO DE DESLIZAMIENTOS, July 29-August 2-2001, Tomo 2, Societa Colombiana de Geotecnica* - Cartagena de indias, Colombia.
- CORSINI A., PANIZZA M., PASUTO A., SILVANO S., SIORPAES C. & SOLDATI M. (1998) - *Indagini preliminari per la definizione della pericolosità da frana nella conca di Corvara in Badia (Dolomiti)*. Mem. Soc. Geol. It., **53**, 207-224.
- CROSTA G.B. & AGLIARDI F. (2003) - *Failure fore cast for large rock slides by surface displacement measurement*. Can. Geotech. J., **40**: 176-191.
- FOSSATI D. & MANNUCCI G. (1996) - *L'alluvione del 1987 in Valtellina e l'evento franoso della Val Pola*. Documenti del territorio, 1996.
- GOVI M., GULLÀ G. & NICOLETTI P.G. (2002) - *Val Pola rock avalanche of July 28, 1987, in Valtellina (Central Italian Alps)*. In: S.G. EVANS & J. DE GRAFF (Eds.) - *Catastrophic landslides: Effects, occurrence, and mechanisms*. Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, **15**, 1-89.
- PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - UFFICIO GEOLOGIA E PROVE MATERIALI (2001) - *Piano del rischio Idrogeologico del comune di Corvara*. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Geologico. Sito web: www.protezionecivile.tn.it/frame.asp?Site=6
- PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, SERVIZIO GEOLOGICO (2003) - *Note illustrative della Carta geologica della provincia di Trento, scala 1:25.000, tavola 80 IV*, Roncone.
- REGIONE LOMBARDIA (2000) - *Territorio e Urbanistica*. "Controllo dell'evoluzione dei fenomeni franosi in Lombardia - Il centro monitoraggio geologico" - Regione Lombardia, Milano. www.arpalombardia.it/new/live/provinciali/sondrio/cmgh.html
- STAMPFLI, G.M. & MARCHANT, R.H. (1995) - *Plate configuration and kinematics in the Alpine region*. In: *Rapporti Alpi-Appennino* (Eds. R. POLINO & R. SACCHI), Accad. Naz. Sci. Scritti e Documenti **14**, 145-166.
- TOMMASI P., CAMPEDEL P., CONSORTI C., RIBACCHI R. (2003) - *Analysis of rock avalanches generated by planar rock slides on high mountain slopes* - A.G.I. International conference: *Fast slope movements prediction and prevention for risk mitigation*. Naples, may 11-13, 2003; **1**, p.p. 503-510.

TAB. 1 - *Tabella riassuntiva dei dissesti incontrati durante l'escursione* - Sintesys of the characteristics of landslides visited during the field trip.

Nome frana Località Comune	Tipologia del dissesto	Sistemi di controllo/ sensoristica	Elementi a rischio	Azioni per la mitigazione del rischio	Note
-Cortenova -Bindo e T.Rossiga -Cortenova (LC)	Valanga di detrito (Bindo). Colate detritiche in valle laterale (T.Rossiga)	Topografico automatico. GPS permanente. Interferometria SAR da terra. <i>2 stazioni totali (TCA2003 Leica). 54 c.s.(prismi riflettori). 4 ricevitori GPS permanenti.</i>	Porzione abitato di Cortenova. Insediamenti industriali. Strada Provinciale della Valsassina. Alvei dei torrenti Pioverna e Rossiga.	E' operativo il PAI Autorità di bacino del Po. Realizzato un vallo deviatore di flusso in Val Rossiga. Operazioni di sistemazione del versante a Bindo. Istituita una rete permanente, topografica e GPS, per il monitoraggio degli spostamenti. Effettuati rilievi SAR da terra in fase emergenziale post evento.	Il 29/11/2002, innesco simultaneo di tre colate detritiche in Val Rossiga con mobilitazione di 50 mila mc di materiali. Il 1/12/2002 dal versante sovrastante l'abitato di Bindo, evacuato nel frattempo, si stacca una frana di circa 1,2 milioni di mc (per una superficie di circa 1,2 Km ²), con distruzione di 17 case e 7 industrie; interruzione della S.P. e della linea elettrica. Nel maggio 2004 ulteri ore distacco di 200 mila mc. Il monitoraggio GPS ha evidenziato spostamenti fino a 34 cm dal febbraio al settembre 2004.
-Val di Pola -Aquilone -Valdisotto (SO)	Valanga di roccia, crolli, formazione di colate detritiche nella parte basale della nicchia.	Geotecnico automatico. Geotecnico manuale. Topografico manuale. GPS mobile. Idrometeorologico. <i>46 estensimetri</i>	Permane un pericolo generalizzato nell'area, per la possibile interferenza di fenomeni franosi ed eventi di piena. E' a rischio la strada provinciale (ex pista bassa) che corre lungo l'accumulo di frana. Un ulteriore elemento a rischio potrà essere il canale, che verrà realizzato attraverso il corpo frana per riportare lo scorrimento del fiume Adda a cielo aperto (dalla primavera 1988 le acque del fiume scorrono in due gallerie di bypass). In fase di esecuzione dei lavori necessari alla realizzazione del canale il cantiere presente sul corpo frana verrà a costituire un temporaneo elemento a rischio.	E' operativo il PAI Autorità di bacino del Po. Misure specifiche sono contenute nel "Piano di difesa del suolo e riassetto idrogeologico (Regione Lombardia)", con nuovi interventi strutturali. E' tuttora vigente il piano di emergenza, elaborato fin dal 1987, attivato dal sistema di monitoraggio e articolato su scenari di rischio differenziati in base alla zona interessata da possibili franamenti. Tale piano dovrà essere aggiornato in funzione della struttura e dell'ubicazione dei nuovi cantieri.	Il ben noto evento del 1987 (33 Mmc di materiali mobilitati; alveo dell'Adda ostruito per 4 Km.; 27 vittime) ha distrutto insediamenti ed infrastrutture presenti sul fondovalle. La strumentazione di monitoraggio, inizialmente utilizzata per gli allarmi ai cantieri operativi post-evento, ha evidenziato negli anni successivi movimenti e deformazioni soprattutto nella zona nord del coronamento (Cam Boer e Sassavin). Tali movimenti si sono progressivamente ridotti e solo occasionalmente si registrano piccole accelerazioni localizzate nella zona esterna del Sassavin. Attualmente, alla base della nicchia di frana, si producono colate detritiche che rimangono contenute nell'area delimitata dal rilevato costruito allo scopo ("arginone").
-Nalles -Loc. Sirmian e Forstthutte -Nalles (BZ)	Colata rapida di detrito (due colate confluenti)	Topografico automatico. Geofisico. Video. Interferometria SAR da satellite. Idrometeorologico. <i>2 stazioni totali (Zeiss). 24 c.s.(prismi riflettori). 3 gruppi di geofoni. 1 sensore ad ultrasuoni. 1 videocamera. 1 Pluviometro.</i>	Permane un pericolo generalizzato nell'area per la possibile ripetizione di fenomeni di colata che potrebbero colpire, come in precedenza, la S.P. 10 e l'abitato di Nalles.	Realizzati due bacini di espansione per un totale di 40 mila mc, a monte di Nalles. Rete di sorveglianza in automatico. Predisposto un piano di emergenza.	In conseguenza degli eventi meteorologici del novembre 2000, due separate colate, confluenti nel t. Grissiano, hanno raggiunto Nalles, interrompendo la SP 10 e costringendo all'evacuazione 300 persone. Successivo analogo evento nell'aprile 2001. Movimentati 300 mila mc di materiali; 1 milione di mc sono ancora potenzialmente disponibili nella parte alta del versante. Tra il 2001 ed il 2004 ben 30 colate, di debole energia, la cui evoluzione è stata controllata dal sistema di monitoraggio e sorveglianza, completato nel 2002 con strumentazione in continuo e teletrasmissione dati. Questi vengono trasmessi a San Giacomo e da qui, via linea ISDN, alla centrale di protezione civile presso la centrale dei Vigili del fuoco a Bolzano e presso l'Ufficio geologia e prove materiali della Provincia. La frana è inserita in un programma pilota dell'ESA per le applicazioni di interferometria SAR da satellite.
-Ruinon -Santa Caterina Valfurva -Valfurva (SO)	Scivolamento di detrito (superficiale) e di roccia (profondo), a cui	Geotecnico automatico. Geotecnico manuale. Topografico manuale. GPS permanente. GPS mobile.	Il principale elemento a rischio è la strada provinciale (ex SS 300). In caso di colasso generalizzato, rischio di ostruzione della valle del torrente Frodolfo con formazione di un invaso di sbarramento. Ulteriori collassi di	Sono operativi il PAI Autorità di bacino del Po ed il Piano di emergenza elaborato dalla prefettura di Sondrio, attivabile dalle segnalazioni di superamento delle soglie stabilite, in base	L'intero versante è interessato da una DGPV, con fenomeni di instabilità accentuatisi a partire dal 1960. Il settore attualmente attivo ha mostrato accelerazioni a partire dal 1997, anno in cui è ripreso il monitoraggio della frana con strumenti in

segue

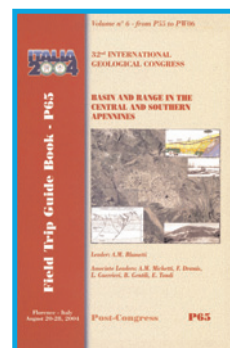
	possono associarsi crolli di massi anche di notevole volumetria e colate detritiche in concomitanza di particolari eventi meteorologici (pioggia e/o disgelo)	Idrometeorologico. Interferometria SAR da terra. <i>6 estensimetri in foro. 6 piezometri. 28 estensimetri. 50 distometri. 3 inclinometri (2 persi nel '98). 16 mire ottiche 21 c.s. GPS. 3 GPS permanenti. 1 strumento di misura idrometeorologica.</i>	materiali potrebbero generare onde liquido/solide ad alta mobilità che arriverebbero a interessare gli abitati di S. Antonio, Uzza, S. Nicolò, S. Gottardo e Bormio.	ai dati provenienti dalle strumentazioni del sistema di monitoraggio. Previsti 5 scenari di rischio ad impatto crescente. Realizzato un vallo paramassi (altezza circa 7 m) a protezione della strada provinciale.	telemisura. Il dissesto presenta due scarpate principali ed un piano di scivolamento a profondità massima di 70 m. L'area coinvolta è di circa 260 mila mq ed il materiale movimentabile è circa 20 Mmc. Possibile evoluzione in valanga di roccia. Il monitoraggio descrive forti accelerazioni in concomitanza di eventi meteorologici intensi con rallentamenti in corrispondenza del periodo invernale. Si osservano frequenti distacchi di materiale roccioso soprattutto a partire dalla "nicchia bassa". Lo stato di attività del versante è confermato dalle applicazioni di interferometria SAR, sia da satellite che da terra.
-Corvara. -Col Alto-Pralongia. -Corvara in badia (BZ).	Frana di tipo complesso (scivolamento rotazionale in roccia - colata di terra) con zone di taglio multiple, a profondità massime in foro da 20 a 50 m.	Geotecnico automatico. Geotecnico manuale. GPS mobile. Idrometeorologico. <i>6 estensimetri in foro. 8 piezometri. 7 inclinometri. 5 piezometri a tubo aperto. 50 c.s. GPS (3 esterni) 1 stazione meteorologica.</i>	Il piede della frana lambisce l'abitato di Corvara in Badia (loc. Costes da L'Ega). Sono continuamente danneggiati: tracciati piste da sci, linee elettriche ed idriche, il campo da golf, la SS 244, le briglie sui torrenti Rio Chiesa e Rutorto. Quest'ultimo può subire sbarramenti temporanei con correlate situazioni di rischio.	Piano del rischio idrogeologico del comune di Corvara in Badia, con attuazione di misure di mitigazione del rischio ed istituzione di reti di monitoraggio.	Il primo evento documentato è riferibile a circa 8800 anni fa. Frana tuttora attiva con estensione di circa 3 kmq. Studi recenti fondati sui dati del monitoraggio, avviato a partire dal 1997, indicano un volume attivo di circa 45 milioni di mc, calcolato per una superficie di scivolamento di 1,3 Kmq, ipotizzata tra 30 e 35 m di profondità. La velocità media è di 0,2 m/anno con punte in alcuni settori di 1 m/anno. L'area ha costituito un test site per verificare l'applicazione delle tecniche interferometriche da satellite (DIF-SAR)
-Forte Buso -Loc Lago di Paneveggio -Predazzo (TN).	Frana in roccia (Porfido) con supposta presenza di un piano di scivolamento emergente al di sopra del piede del pendio. Associati fenomeni di crollo e ribaltamento di blocchi.	Geotecnico automatico. Geotecnico manuale. Topografico manuale. GPS mobile. <i>10 Estensimetri a filo. 4 fessurimetri. 2 inclinometri. 27 c.s. (target riflettenti) 3 c.s. GPS</i>	Il principale elemento a rischio è il tratto della S.S. n.50 tra i Km 105 e 105,5 circa, con pericolo di impatto sui veicoli in transito ed interruzione della viabilità. A rischio è anche il cantiere temporaneo, alla base del pendio, per l'esecuzione delle opere di protezione della strada statale.	Azioni contenute in: a) Piano straordinario per la tutela dal rischio idrogeologico del fiume Adige (Autorità di Bacino). b) PUP-carta di sintesi geologica (Provincia Autonoma di Trento – Servizio Geologico) c) "Piano del Parco" Paneveggio (22.09.1995). In via di realizzazione, alla base del pendio, un vallo di difesa con tomo di massi ciclopici e terra. Disgaggio di porzioni rocciose instabili e di massi in precarie condizioni di stabilità. Barriere paramassi elastiche ad elevato assorbimento di energia. Rete integrata di monitoraggio, parzialmente in teletrasmissione dati.	Tutto il versante meridionale che fronteggia il lago di Paneveggio, costituito da porfidi pervasi da un tipico sistema di fratture, è interessato da crolli. In particolare, subito dopo il Km 105, è attiva una frana che ne interessa la parte sommitale. L'area di corona ha un'estensione di circa 100 m ed è affetta da crolli. Nel pendio, al di sotto dei materiali di accumulo, è ipotizzata la presenza di un piano di scivolamento (a una profondità max. di 100 m). Il monitoraggio è iniziato nel 1999. Il sistema di estensimetri, fessurimetri e inclinometri, consente l'acquisizione dei dati in automatico e la loro teletrasmissione ai VV.FF. e alla Provincia, per la gestione delle fasi di vigilanza e allarme. Il sistema di monitoraggio è completato da osservazioni periodiche, a cadenza bimestrale, effettuate con tecniche satellitari GPS nella zona di corona e con distanziometro (stazione totale) per il controllo dei targets direttamente installati sui blocchi in movimento lungo il pendio.
-Frana di Lases -Loc M.te Gorsa-Slavinac -Lona Lases (TN)	Frana in roccia (Porfido) con piano di scivolamento a profondità max. di 30-40 m	Geotecnico automatico. Geotecnico manuale. Topografico manuale. GPS mobile. Idrometeorologico. <i>2 estensimetri multibase in foro</i>	Gli elementi a rischio sono desumibili dai seguenti scenari a probabilità di evento decrescente: 1. crolli superficiali in grado di interessare solo la strada provinciale n. 71 e, con traiettorie anomale, anche la casa di fronte al lago di Lases.	Azioni contenute in: a) Piano straordinario per la tutela dal rischio idrogeologico del fiume Adige (Autorità di Bacino). b) PUP-carta di sintesi geologica (Provincia Autonoma di Trento – Servizio Geologico)	Il toponimo Slavinac (Versante est del M.te Gorsa) testimonia un'attività del dissesto in età storica. In tempi recenti la prima segnalazione d'instabilità risale all'estate 1976. Negli anni successivi, ulteriori eventi franosi. Un primo monitoraggio è stato effettuato nel 1996. Dall'aprile 1997 il monitoraggio della frana è condotto dal Servizio geologico della P.A.T.,

segue

		<i>orizzontale.</i> <i>3 piezometri.</i> <i>12 Inclinometri.</i> <i>42 c.s. topografici</i> <i>(stagione totale)</i> <i>1 stazione meteorologica</i>	2. caduta di una consistente quantità di materiale che finisce lentamente nel lago. 3. caduta di una consistente quantità di materiale che finisce velocemente nel lago.	c) “Piano di emergenza frana Slavinac” (P.A.T.-Serv. Prot. Civ.) che prevede: • <i>chiusura della strada (scenari 1, 2, 3);</i> • <i>evacuazione della casa di fronte al lago (scenari 1, 2, 3);</i> • <i>evacuazione dell'intero abitato di Lases, che potrebbe essere interessato da un'onda dinamica.</i> Realizzata l'impermeabilizzazione delle fratture sul versante in frana. Interventi di gradonatura e “ricarico al piede” della frana (movimentati circa 300 mila mc).	inizialmente con estensimetri a filo e misure con distanziometro. Gli eccezionali eventi meteorici dell'autunno 2000 hanno causato una temporanea accelerazione dei movimenti del versante e aggravato la situazione di pericolo (evacuazione parziale dell'abitato di Lases). La rete è stata integrata con strumentazione geotecnica in automatico e rete GPS. Sul versante Nord del M.te Gorsa si è attivato nel 2003 un dissesto che interessa il fronte della locale cava di porfido, monitorato periodicamente con SAR da terra e tecniche laser-scanner.
-Lavini di Marco -Loc.Costa Stenda -Marco (frazione di Rovereto, TN)	Scorrimento traslativo in roccia con evoluzione in valanga di roccia e/o detrito.	Geotecnico manuale. <i>3 Inclinometri</i> <i>3 Fessurimetri</i> (Essenzialmente a scopi conoscitivi)	Nel fondovalle, a ridosso della zona di accumulo, è insediata la zona industriale di Rovereto; vi corrono anche la SS 240 e la linea ferroviaria per il Brennero. Modellazioni di possibili nuovi eventi, in base all'attuale assetto geologico del versante, non escludono un potenziale, per quanto marginale, coinvolgimento delle infrastrutture.	Azioni contenute in: a) Piano straordinario per la tutela dal rischio idrogeologico del fiume Adige (Autorità di Bacino). b) PUP-carta di sintesi geologica (Provincia Autonoma di Trento – Servizio Geologico).	La frana dei “Lavini di Marco” è la principale del versante occidentale del M.te Zugna Torta. Interessa una superficie di circa 7 Km ² (lung max. 5 Km, larg.max. 1,8Km); la zona di accumulo (macereto) occupa prevalentemente il fondovalle dell'Adige (circa 3,5 Km ²). Il flusso dei detriti ha percorso il fondovalle per oltre 1,5 Km. Ultimo evento in età storica (369 d.c.?: 883 d.c.?). Attualmente presenta attive parti della nicchia e delle superfici di distacco.
-Tenno -Loc. Cima Salti -Tenno (TN)	Scivolamento rotazionale in materiali detritici (paleofrana) con probabile piano di scivolamento in corrispondenza di un deposito di limi con argilla di origine lacustre (spessore indeterminato ma superiore ai 40m)	Geotecnico manuale <i>8 piezometri</i> <i>4 inclinometri</i>	In fase emergenziale, a seguito dello sbarramento del T. Magnone, pericolo di tracimazione delle acque di piena del Torrente con ricadute per la sicurezza dell'abitato di Riva del Garda. Il rischio attuale è connesso ad una possibile ripresa del movimento con ulteriore coinvolgimento della sede stradale e dell'alveo del torrentizio.	In fase emergenziale, posa in opera di un tratto di condotta in acciaio, diametro 2m, lunghezza 400m, per ripristinare l'alveo torrentizio, evitando l'erosione del piede della frana. Riprofilatura del corpo di frana. Risultando improponibile il ripristino dell'alveo originario, definitivamente sepolto sotto circa 3 milioni di mc di materiale, il Servizio Sistemazione montana sta realizzando un nuovo letto torrentizio, esterno al corpo di frana, consolidato con opere longitudinali (arginature) e trasversali (briglie) costituite da massi legati con calcestruzzo e con funi d'acciaio, in modo tale da garantire al tempo stesso l'efficacia idraulica ed un corretto inserimento nel paesaggio circostante. Spostamento della sede stradale.	Il versante orientale di Cima Salti (formazione della Maiolica) è stato interessato più volte da movimenti franosi che hanno anche contribuito alla formazione del lago di Tenno. Il 27 novembre 2000, in concomitanza di piogge eccezionali, una enorme frana (una delle maggiori frane in Trentino negli ultimi 40 anni), si è prodotta nei precedenti materiali di accumulo provocando l'interruzione della S.P. 37, lo sbarramento dell'alveo del Torrente Magnone per un tratto di oltre 400m e la distruzione di una casa, senza provocare vittime. La superficie interessata è di circa 120 mila m ² , i materiali mobilizzati circa 3 milioni di mc. Lo spessore della frana nell'area di nicchia è stato stimato in circa 50m. Il monitoraggio piezometrico e inclinometrico sono risultati fondamentali per la definizione del modello idraulico-geologico.

“Basin and Range” nell’Appennino centrale e meridionale

Basin and Range in the central and southern Apennines



BLUMETTI A.M. (*), DRAMIS F. (**), GENTILI B. (***),
GUERRIERI L. (*), MICHETTI A.M. (****),
TONDI E. (***)

Field Trip P65: *Basin and range in the Central and Southern Apennines*

Leader: A.M. BLUMETTI
co leaders: F. DRAMIS, B. GENTILI, L. GUERRIERI
A.M. MICHETTI, E. TONDI

Itinerario sintetico:

- Day 1:** Assisi; Bacino di Colfiorito; Monte Fema;
- Day 2:** Ancona; Montelparo; L'Aquila e alta valle dell'Aterno;
- Day 3:** Valle del Salto; Bacino del Fucino;
- Days 4-5:** zona interessata dal terremoto irpino-lucano del 1980 (Bella, Bisaccia, Trevico).

FOCUS SCIENTIFICO

Il *field trip* offre una rassegna delle evidenze geologico-geomorfologiche del *rifting* continentale post-Miocenico nell'Appennino centro-meridionale. Vengono analizzate le principali faglie attive e capaci che danno l'impronta al paesaggio di questo tratto dell'Appennino (fig. 1), caratterizzato da baci-



Fig. 1 - Itinerario del *field trip* sovrapposto a ITHACA (Italian Hazard Capable faults) 2000.
- Field trip itinerary over imposed to ITHACA (Italian Hazard Capable faults) 2000.

ni e dorsali allungate parallelamente alla catena (analogamente alla regione dei “Basin and Range” degli Stati Uniti occidentali), mettendo l'accento sulle relazioni esistenti tra gli effetti cosismici indotti da terremoti storici (o precedenti, individuati attraverso analisi paleosismologiche) lungo le suddette faglie e le caratteristiche dei versanti (*fault generated mountain fronts* - FGMP) e dei bacini generati dalle faglie stesse.

(*) APAT - Servizio Geologico d'Italia-Dipartimento difesa del suolo - Roma, Italia.

(**) Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento Scienze Geologiche - Roma, Italia

(***) Università di Camerino, Dipartimento Scienze della Terra - Camerino (Mc), Italia

Accanto alle forme del paesaggio direttamente connesse alla tettonica attiva, e quindi legate al ripetersi di effetti cosismici primari, vengono analizzate le forme che sono legate all'evoluzione dei fenomeni cosismici secondari, quali i movimenti gravitativi e tra questi le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV).

L'escursione parte in Umbria, nella zona colpita dalla sequenza sismica del settembre-ottobre 1997 (Mw massima 6), con visita al Monastero di San Francesco d'Assisi, gravemente danneggiato dal sisma. Prosegue con l'osservazione dei FGMF al bordo del bacino di Colfiorito, evoluti per il succedersi di fenomeni di fagliazione superficiale per tutto il Quaternario, l'ultimo dei quali si è verificato in occasione del terremoto del 1997, e del versante sud-occidentale del M.te Fema (M.ti Sibillini) impostato su una faglia attiva ed interessato da una DGPV che è stata riattivata durante il terremoto di Norcia del 1979 (I = VIII MCS).

Il giorno dopo, sulla costa adriatica, si visita la frana d'Ancona analizzando le relazioni tra la fratturazione cosismica occorsa durante il terremoto del 1972 e la deformazione gravitativa profonda riattivata nel 1982. Poi, sempre nell'area periadriatica, a Montelparo, si effettua una approfondita analisi di una grande frana traslativa che è stata riattivata nel 1703 dal terremoto di Norcia (14/01; I=XI MCS).

Il pomeriggio è dedicato all'evoluzione quaternaria dei FGMF al bordo del bacino aquilano e dell'alta valle dell'Aterno. Le faglie alla base di questi versanti sono state riattivate dal sisma del 02/02/1703 (fig. 2; I = X MCS), come testimoniato da numerose cronache che riportano effetti superficiali, sia primari che secondari, occorsi durante il suddetto terremoto. È possibile osservare le tracce lasciate dalla fagliazione superficiale alla base dei FGMF in alcuni sbancamenti che mostrano spettacolari sezioni stratigrafiche (fig. 3).

Il terzo giorno, in mattinata viene analizzato il ruolo della faglia di Fiamignano e della DGPV ad essa associata nell'evoluzione del paesaggio della Valle del fiume Salto. Successivamente viene visitato il bacino del Fucino, il più grande bacino intermontano dell'Appennino, caratterizzato da elevati tassi di deformazione lungo le sue faglie bordiere.

Tale bacino è didattico per l'osservazione degli effetti a lungo termine del ripetersi dei fenomeni di fagliazione superficiale.

Lungo il suo bordo nord-orientale sono presenti infatti terrazzi tettonici sollevati di oltre 200 metri, a partire dal Pleistocene medio, con alla base faglie riattivate dal terremoto del 13/01/1915 (M = 7).

Durante tale terremoto si sono riattivate anche faglie nel substrato, la cui attività olocenica ha deter-

minato la formazione di scarpate di faglia in roccia in versanti che erano regolarizzati alla fine del Pleistocene superiore (fig. 4).

L'ultima parte del *field trip* si sviluppa nella zona colpita dal terremoto irpino-lucano del 23/11/1980 (M=6.9), dove è possibile osservare numerosi elementi del paesaggio risultanti dal ripetersi di fenomeni gravitativi che vengono sistematicamente riattivati da forti terremoti. Tra questi la grande frana di Bisaccia, riattivata nel 1980 ed in occasione di due altri forti terremoti dello scorso secolo, nel 1930 e 1962 (fig. 5), ed il *lateral spread* di Trevico, anch'esso riattivato dai sismi del 1930 e 1980.

Durante il terremoto del 1980 importanti effetti superficiali, sia primari che secondari, si sono verificati lungo la dorsale di Castelgrande. In particolare le faglie normali che generano questa dorsale, immergenti a sud e quindi antitetiche rispetto alla "faglia irpina" da tempo conosciuta, sono state sede di fenomeni di fagliazione superficiale in più tratti (fig. 6), per una lunghezza totale di circa 4 km, e all'estremità orientale della dorsale, nei pressi di

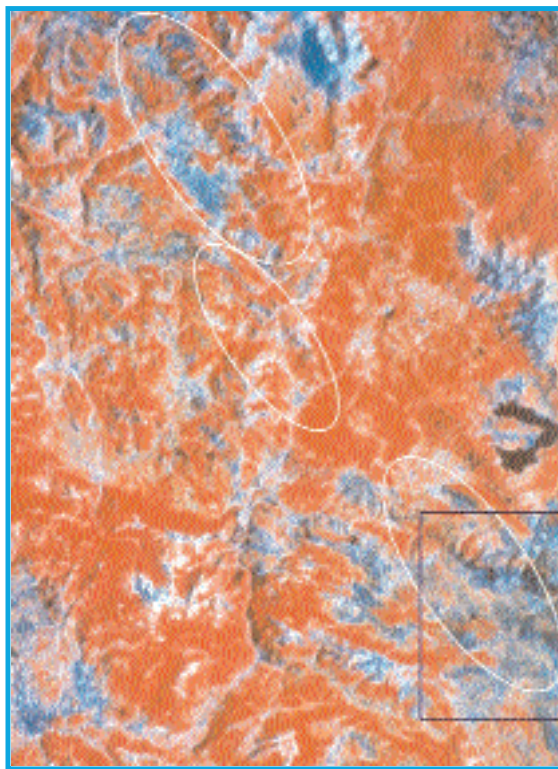


Fig. 2 - Immagine Landsat del sistema di faglie che si estende dal bacino di Norcia a quello de L'Aquila. Le ellissi mostrano le aree colpite dalle tre scosse principali della sequenza sismica del Gennaio-Febbraio 1703 e le faglie attivate. Nel riquadro il bacino de L'Aquila e l'alta valle dell'Aterno.
- Landsat satellite image of the fault system extending from the Norcia basin to L'Aquila basin. The ellipsis evidence the areas stroked by the three main shocks of the January-February 1703 Central Italy seismic sequence and the faults activated. In the inset box the L'Aquila Basin and the Upper Aterno Valley.

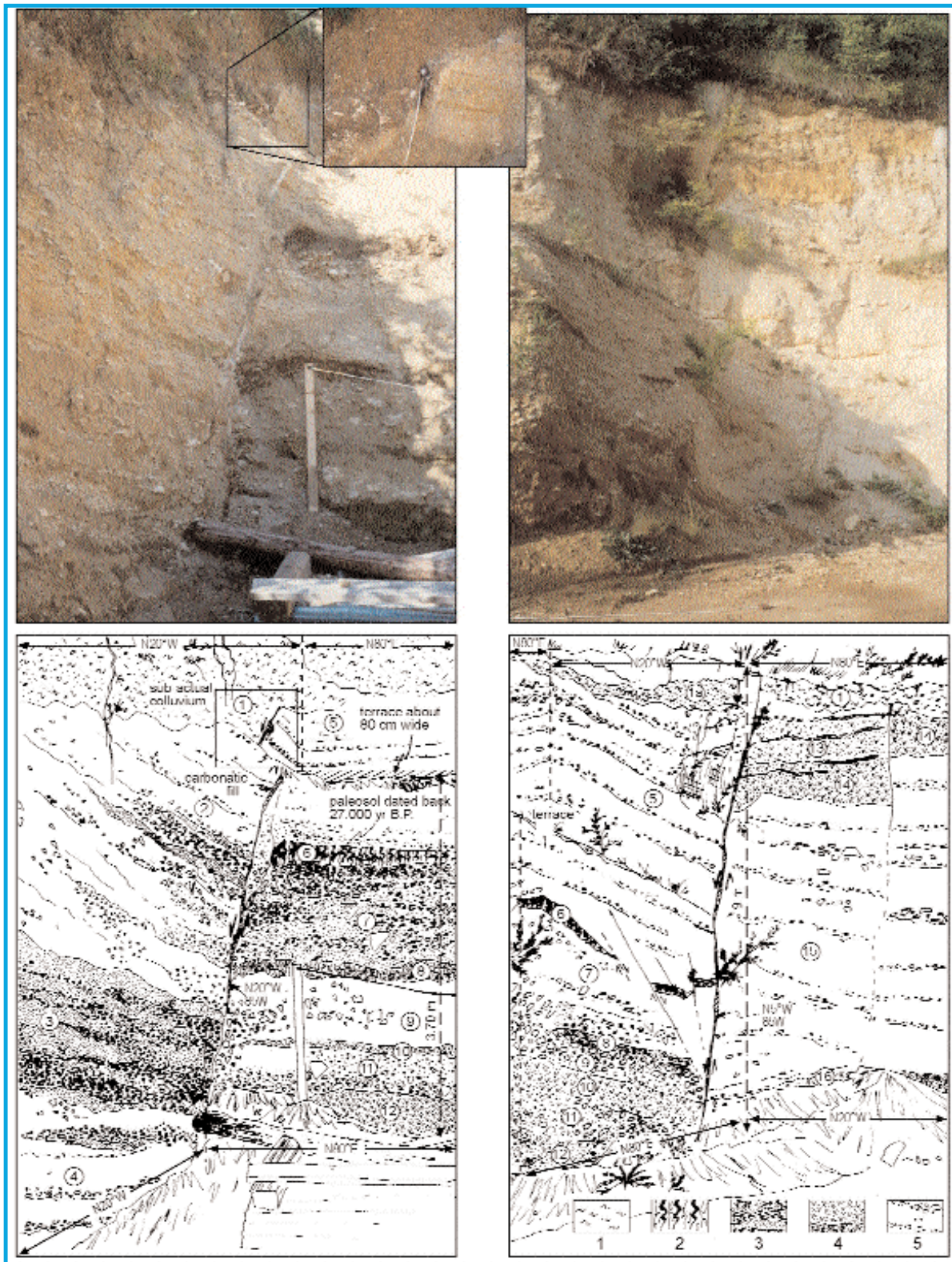


Fig. 3 - Porzioni di una sezione stratigrafica visibile in un ampio sbancamento nell'alta valle dell'Aterno, nei pressi della frazione di Colle. Le due sezioni sono disegnate da fotografia e sono distanti 8 metri l'una dall'altra. *Legend: 1) Alteration; 2) Paleosol; 3) Sand and fine gravel; 4) Volcanic material; 5) Gravel.*
 - Two stratigraphic sections drawn from pictures taken in the cut of Colle. The two sections are 8 meters apart. *Legend: 1) Alteration; 2) Paleosol; 3) Sand and fine gravel; 4) Volcanic material; 5) Gravel.*



Fig. 4 - Vista panoramica del FGMP del Monte Serrone. A mezza costa è visibile la scarpata di faglia olocenica che è stata riattivata durante il terremoto del 13/01/1915.

- Panoramic view of the south-western flank of the Serrone Mt. fault escarpment. At half slope is visible the Holocene fault scarp that was reactivated during the January 13, 1915 earthquakes.



Fig. 5 - Abitato di Bisaccia interessato da un ampio movimento gravitativo. Sono visibili, a monte dell'abitato, la principale scarpata dovuta alla frana ed alcune scarpate secondarie all'interno dell'abitato stesso.

- The high escarpment which divides the old town from the modern one (out of the picture, on the left side). Secondary escarpments are visible within the built-up area. All of them can be interpreted as landslide scarps.

Bella, si è verificato un movimento gravitativo profondo, che, in considerazione della morfologia del versante stesso si deve essere ripetuto in passato (fig. 7).

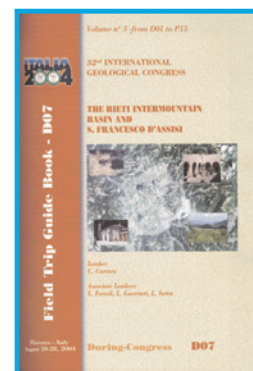
Prendendo spunto dall'osservazione di tutte le forme del paesaggio tipicamente legate al ripetersi di effetti superficiali cosismici si può considerare che un determinato tipo di paesaggio con caratteristiche geologiche e geomorfologiche quantificabili quali la dimensione del bacino associato alla struttura attiva e lo spessore dei suoi depositi di riempimento,

l'altezza e la lunghezza del FGMP, l'estensione dell'area interessata da frane e la particolare tipologia di queste - sembri direttamente connesso con la magnitudo e con altri parametri di sorgente del terremoto "tipico" ad esso associato, ovvero dell'evento sismico che ha tipicamente caratterizzato la storia sismica recente dell'area.

L'analisi di tali "paesaggi sismici" può quindi essere uno strumento utile per contribuire alla valutazione della pericolosità sismica di un'area.

Il bacino intermontano di Rieti e S. Francesco d'Assisi

The Rieti intermountain basin and S. Francesco d'Assisi



CARRARA C. (*), FERRELLI L. (*),
GUERRIERI L. (**), SERVA L. (**)

Field Trip D07: *The Rieti intermountain basin and S. Francesco d'Assisi*
1 day

Leaders: C. CARRARA, L. FERRELLI,
L. GUERRIERI & L. SERVA

Itinerario sintetico:

Cascata delle Marmore (stop 1);
Santuario francescano di Poggio
Bustone (stop 2);
Valle del Velino (stop 3);
Greccio (stop 4).

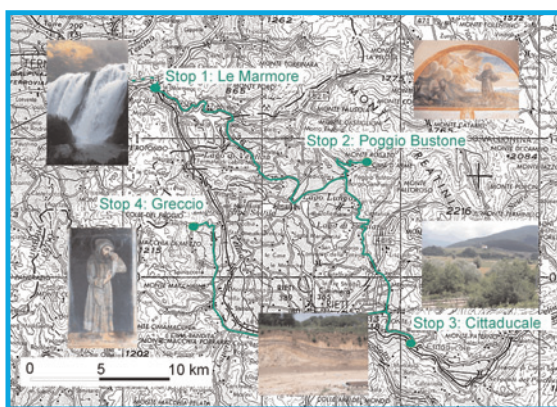


Fig. 1 - Itinerario dell'escursione D07.
- Itinerary of the D07 field trip.

ITINERARIO (fig. 1)

Dopo circa tre ore di trasferimento in pullman da Firenze, i partecipanti hanno raggiunto la cascata delle Marmore (stop 1), dove il Fiume Velino si immette nel Fiume Nera, con l'obiettivo di studiare la risposta della barriera travertinosa alle variazioni climatiche e allo stesso tempo di comprendere il ruolo delle opere di bonifica ed altre attività antropiche nel controllare la portata della cascata nel periodo storico.

Il gruppo è quindi risalito lungo la valle del Velino, fino a raggiungere il bacino di Rieti (fig. 2).

Dopo uno sguardo veloce alle evidenze geomorfologiche (antiche linee di riva dei laghi di Piediluco e di Ventina) e stratigrafiche (successioni ad alta risoluzione di Lago Lungo e Ripa Sottile) dell'antico *Lacus Velinus*, il secondo stop è stato dedicato alla visita del Santuario Franceseano di Poggio Bustone.



Fig. 2 - Panoramica sul settore settentrionale del bacino di Rieti visto da Greccio.
- Panoramic view from Greccio on the northern sector of the Rieti basin.

(*) IRTR CNR, Via Fosso del Cavaliere - Roma, Italia

(**) APAT - Servizio Geologico d'Italia-Dipartimento difesa del suolo - Roma, Italia

Dopo il pranzo in un tipico ristorante di Cantalice, il gruppo si è diretto alla media valle del Velino, tra Cittaducale e Rieti (stop 3), dove sono ben conservate barriere di travertino del Pleistocene medio e depositi fluviali e lacustri associati.

Il quarto ed ultimo stop prima di ripartire per Firenze è stato fatto a Greccio, sul versante occidentale del Bacino di Rieti, dove S. Francesco allestì per la prima volta un presepe vivente (Natale del 1223).

FOCUS SCIENTIFICO

Il bacino di Rieti è una tipica conca intermontana della catena appenninica riempita con depositi plio-quadernari continentali di natura prevalentemente conglomeratica, sabbiosa, e travertini.

Tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore l'evoluzione del bacino di Rieti (fig. 3a) è stata controllata da una faglia diretta orientata NW-SE che ne borda il margine orientale. Deposit fluviali e lacustri riferibili a questo periodo affiorano sul versante meridionale, orientale e settentrionale del bacino. Evidenze geomorfologiche e stratigrafiche evidenziano due differenti fasi del reticolo idrografico:

i) in una prima fase il drenaggio avveniva verso SSE (paleo-Nera-Velino) come evidenziato dal paleopaesaggio preservato nei pressi di Polino e dai depositi fluviali sulla sommità di Colle Valentino;

ii) in una seconda fase il paleo-Nera migrava verso OSO ed il paleo-Velino continuava a drenare verso S-SE.

Al termine del Pleistocene inferiore un sollevamento tettonico regionale interessò anche il bacino di Rieti, generando nuovi sistemi di faglie ad andamento N-S ed E-W che hanno suddiviso l'antico bacino in *horst* e *graben*, ringiovanito l'antico reticolo idrografico e provocato la diversione verso Nord del fiume Velino (fig. 3b). Tracce di questa diversione si ritrovano anche sul versante orientale: nei pressi del paese di Cantalice, uno dei principali valloni a direzione N-S gira bruscamente in direzione E-W perché catturato dal reticolo del Velino drenante verso Nord. Il tratto meridionale del vallone (Fosso della Papena) è oggi una valle relitta che ci indica ancora oggi l'antico drenaggio del vallone di Cantalice.

Dal Pleistocene medio fino ad oggi, lungo il corso del Velino, in condizioni climatiche umide e temperate si sono formate barriere di travertino.

Fasi climatiche più secche e fredde, al contrario, hanno favorito l'erosione delle barriere di travertino. Tali sbarramenti hanno provocato la formazione di piccoli bacini fluvio-lacustri lungo la valle del Velino, tuttora conservati come lembi relitti di terrazzi.

Sono stati riconosciuti sei ordini di terrazzi:

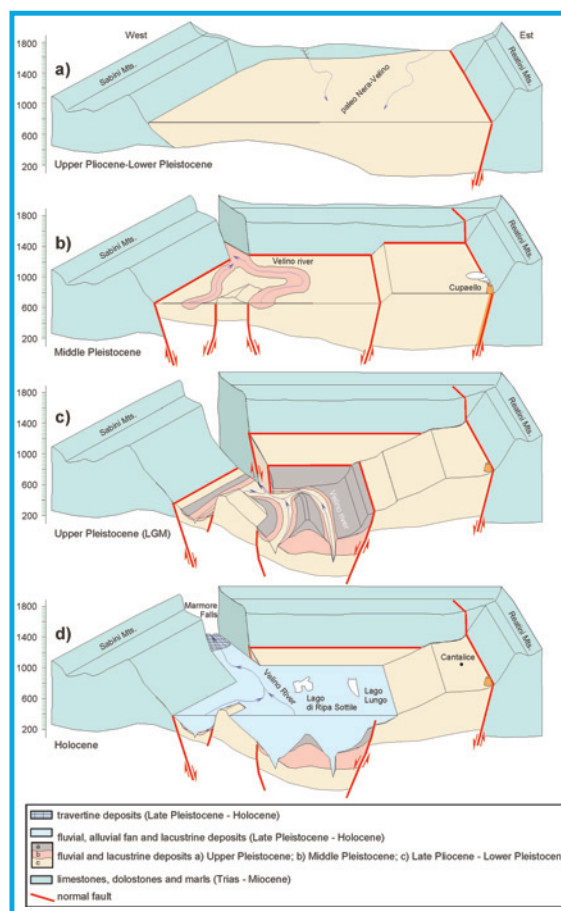


Fig. 3 - Evoluzione geologica del bacino di Rieti in quattro fasi a partire dal Pliocene superiore.

- Geological evolution of the Rieti basin in four steps since Upper Pliocene.

i primi tre sono più antichi di 400.000 anni, il quarto ha circa 400.000 anni, mentre il quinto ha un'età compresa tra 30.000 e 70.000 anni. Durante l'Ultimo Massimo Glaciale (LGM) la barriera di travertino delle Marmore è stata anch'essa reinnata e si è formato un paesaggio piuttosto articolato, caratterizzato da profondi valloni (fig. 3c). Nell'Olocene, il miglioramento climatico ha causato la crescita della barriera travertinosa delle Marmore e la formazione della piana alluvionale attuale (sesto ordine, fig. 3d).

Inoltre, almeno dal periodo romano l'attività antropica ha interagito in maniera importante sui processi naturali. Le evidenze più significative sono certamente il taglio dello sbarramento travertinoso delle Marmore e le opere di bonifica della piana.

Questi interventi hanno modificato l'estensione e la profondità del cosiddetto *Lacus Velinus*, che occasionalmente ha ricoperto l'intera piana alluvionale ma di cui oggi restano solamente piccoli specchi d'acqua (Lago Lungo e Lago di Ripasotile).

Soltanto negli anni '30 la piana è stata definitivamente bonficata acquisendo la configurazione attuale.

San Francesco (1182-1226) trascorse lunghi periodi della propria vita nella zona reatina che per questo è chiamata "Valle Santa": molto probabilmente giunse per la prima volta a Rieti nel 1209 e visse stabilmente in questi luoghi tra il 1223 ed il 1226. L'atmosfera reatina ispirò a San Francesco il presepe vivente, la Regola dell'Ordine Franciscano e probabilmente il Cantico delle Creature. Oggi, quattro santuari (Poggio Bustone (fig. 4), Greccio, Fonte Colombo e La Foresta) testimoniano la sua presenza nella Valle Santa.



Fig. 4 - Il chiostro del convento di Poggio Bustone.
- *The cloister of the Poggio Bustone convent.*

VALUTAZIONE COMPLESSIVA DEL RISULTATO SCIENTIFICO E COMMENTI SULLA FIELD TRIP

Nonostante il ritmo molto serrato dovuto ai tempi necessari al trasferimento da/per Firenze e tra i vari stops, l'escursione ha fornito ai 30 partecipanti in rappresentanza di 12 differenti nazioni: Australia, Austria, Canada, Cina, Corea, Francia, Giappone, Israele, Italia, Messico, Repubblica Ceca, Stati Uniti (fig. 5), gli elementi basilari per la comprensione del ruolo giocato dai fattori naturali ed antropici nell'evoluzione geomorfologica del bacino di Rieti.

Allo stesso tempo i partecipanti hanno potuto vivere la particolare spiritualità dell'area attraverso la visita ai due santuari (fig. 6) e, naturalmente, hanno potuto assaggiare i piatti tipici di queste parti.

Durante il pranzo (fig. 7), il sindaco di Cantalice ha fatto un breve saluto di benvenuto a tutti i partecipanti.



Fig. 5 - Foto di gruppo. - *The group of participants.*



Fig. 6 - Alcuni dei partecipanti mentre seguono la spiegazione dello stop 4 (Greccio).
- *Some participants during the introduction to stop 4 (Greccio).*



Fig. 7 - Durante il pranzo presso il ristorante "La Pannocchia" a Cantalice.
- *Lunch time at "La Pannocchia" restaurant, Cantalice.*

Escursione a Rapolano Terme (Siena). Relazione fra tettonica e circolazione dei fluidi

*Field sight near Rapolano Terme (Siena, Tuscany).
Relations between tectonics and fluid*



GUERRA M. (*), RASCHI A. (**)

Field Trip D03: *Field sight near Rapolano Terme (Siena). Relations between tectonics and fluid*

1 day

Leaders: M. GUERRA, A. RASCHI

Itinerario sintetico:

Acqua Borra (stop 1);
Terme S. Giovanni (stop 2);
Bossoleto (stop 3).

L'escursione è stata effettuata il 26 agosto nell'intorno di Rapolano Terme, una nota stazione termale posta circa 15 km a SE di Siena. L'area, oltre che per le risorse idrotermali (Terme S. Giovanni e Antica Querciolaia), è rinomata anche per i caratteristici paesaggi toscani (Le crete senesi) e i vini (Chianti Classico a Castelnuovo Berardenga). Il gruppo dei visitatori è stato guidato dal dott. Giuseppe Etiope dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Il programma originario che prevedeva sei fermate (1 - Acqua Borra, 2 - Pod. Castiglione, 3 - Terme S. Giovanni, 4 - Bossoleto, 5 - Madonna al Colle, 6 - Cave di Travertino, fig. 1), è stato limitato alla visita ad Acqua Borra, Terme S. Giovanni e Bossoleto.

Ciò ha consentito di recuperare del tempo per fare un bagno presso le terme di S. Giovanni, ma nel contempo ha offerto gli elementi base per comprendere la relazione fra le caratteristiche geologico-strutturali e la circolazione dei fluidi.

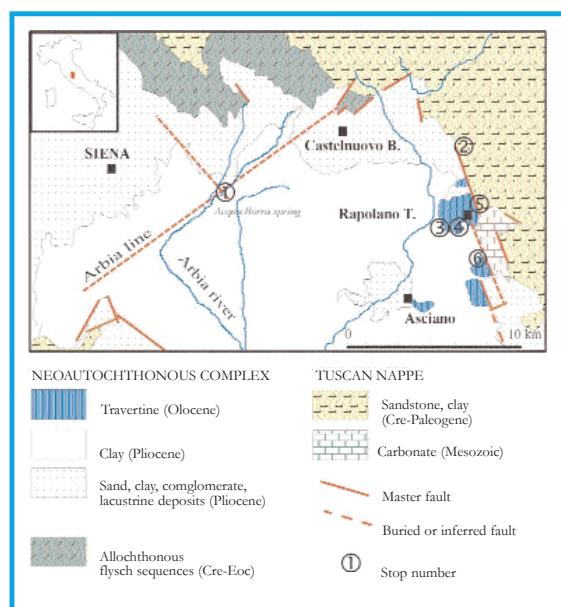


Fig. 1 - Schema geologico semplificato della porzione settentrionale del bacino di Siena e ubicazione delle fermate.

- Geological sketch map of the northernmost part of the Siena basin.
Stops of the field trip itinerary are also reported.

Segue una breve descrizione delle fermate effettuate:

1 - Acqua Borra (fig. 2).

È una importante sorgente ubicata lungo la linea dell'Arbia (fig. 1). Come mostrato in figura 3, questa manifestazione è ubicata in corrispondenza di un *horst* del substrato carbonatico riconosciuto da indagini geofisiche. In corrispondenza dell'*horst* infatti lo spessore dei depositi argillosi pliocenici

(*) APAT - Servizio Geologico d'Italia-Dipartimento difesa del suolo - Roma, Italia

(**) CNR-IATA - Firenze, Italia

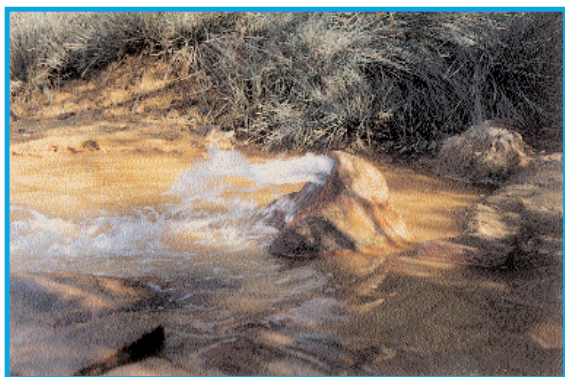


Fig. 2 - La sorgente di Acqua Borra
- *Acqua Borra spring.*

che ricoprono il “basamento” carbonatico (e *reservoir* geotermico) si riduce a circa 400 m. Sebbene la sorgente abbia un chimismo Na-Cl prevalente, le concentrazioni di Ca-HCO_3 sono sostanzialmente le stesse delle acque che sgorgano lungo la faglia di Rapolano e che determinano la deposizione di travertini. La temperatura dell'acqua è di 37° e la salinità totale è di 10,9 gr/l

2 - Terme di S. Giovanni

Questa località è sita 2 km a SW di Rapolano Terme. La risalita di acque sovrassature in attraverso una struttura connessa alla faglia di Rapolano ha prodotto una “dorsale” di travertino lunga più di 150 m e larga circa 10 m (fig. 4). Una frattura corre longitudinalmente alla cresta della struttura. Un pozzo realizzato negli anni '50 a pochi metri dalla manifestazione intercetta ora la maggior parte del



Fig. 4 - La struttura di travertino a Terme S. Giovanni.
- *Terme S. Giovanni, the travertine “ridge”.*

l'acqua in emergenza, la cui portata è approssimativamente di $1 \text{ m}^3/\text{min}$. Studi specifici hanno messo in evidenza lo “stripping” di gas radon da parte della CO_2 (fig. 5).

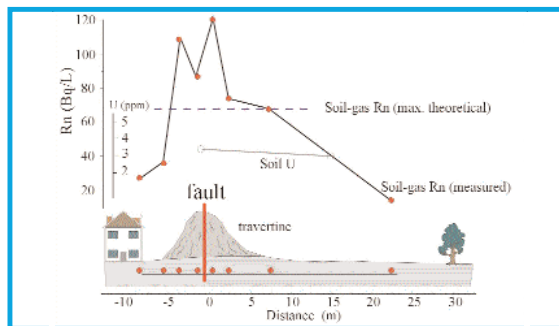


Fig. 5 - Concentrazione di radon lungo una sezione perpendicolare alla struttura di travertino a Terme S. Giovanni. I valori di radon più elevati, eccedenti quelli calcolati assumendo l'equilibrio con i radionuclidi “genitori” (linea tratteggiata) sono ubicati proprio in corrispondenza della faglia, suggerendo dei meccanismi di migrazione preferenziale del Rn indotti dalla CO_2 (da GUERRA & ETIOPE, 1999).

- Radon concentration in soil gas at Terme S. Giovanni. A profile was performed crossing the fault, which was identified by a 150 m long rectilinear travertine “ridge” formed by over-saturated CO_2 waters. Rn values, significantly higher than the computed values (horizontal dashed line,) were found just in correspondence with the fault (after GUERRA & ETIOPE, 1999).

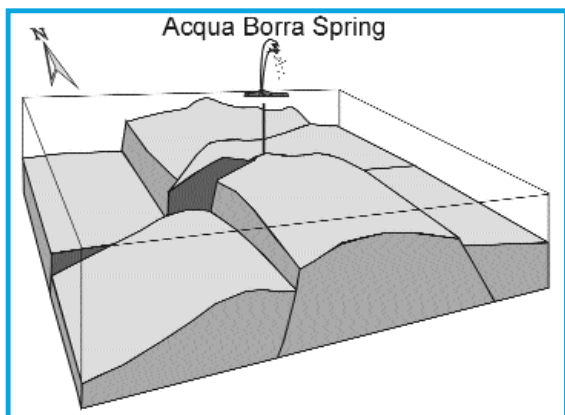


Fig. 3 - Schema dell'andamento del top del reservoir carbonatico ad Acqua Borra. Un sistema di faglie normali orientato approssimativamente N-S delinea un *horst* tagliato a sua volta dalla linea dell'Arbia (da BARAZZUOLI et alii 1987, modificato).

- Top of the carbonate geothermal reservoir in the Acqua Borra area. N-S oriented normal faults form a *horst* structure cut by the strike fault known as the “Linea dell'Arbia”, (after BARAZZUOLI et alii, 1987).

3 - Bossoleto

A poche decine di metri dalla struttura in travertino sopra descritta c'è una dolina circolare del diametro di 80 m e profonda 6. Il gas è emesso dal fondo della depressione ed è composto quasi totalmente da CO_2 (96%) e da tracce di H_2S (fig. 6). Gli elevati flussi di CO_2 (più densa dell'aria) in un'area topograficamente depressa regola la concentrazione di questo gas dell'atmosfera a contatto del suolo che può raggiungere anche il 75% rispetto al normale 0,035%. A seconda delle condizioni climatiche e di incidenza dei raggi solari si può osservare un

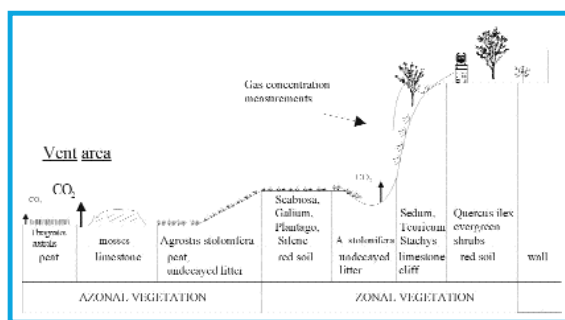


Fig. 6 - Bossolo, sezione che illustra la relazione fra topografia e il flusso di CO_2 e vegetazione (da MIGLIETTA *et alii*, 1993 modificato).

- Cross-sectional diagram illustrating the relationship between topography and vegetation at the Bossolo site (modified from MIGLIETTA *et alii*, 1993).

vero e proprio stato rifrattivo fra lo strato di aria ad elevata concentrazione di CO_2 e l'aria "normale".

Quando questa stratificazione è marcata e stabile (e ciò accade normalmente nelle prime ore della mattina, tra le 7 e le 8) si osserva un innalzamento della temperatura dell'aria a contatto del suolo dovuto all'effetto serra. Con il riscaldamento la differenza di densità fra gli strati inferiori (ricchi in CO_2) e quelli superiori diminuisce favorendo la scomparsa della stratificazione e dell'associato innalzamento della temperatura.

Dopo il pranzo, presso l'hotel "2 Mari", il gruppo dei partecipanti ha avuto la possibilità di immergersi nelle acque calde della piscina dello stabilimento di Terme S. Giovanni.

FOCUS SCIENTIFICO

L'obiettivo generale dell'escursione era quello di focalizzare l'attenzione sul ruolo giocato dalla tettonica nella circolazione dei fluidi geotermali e dell'interazione acqua-gas. Inoltre in ognuna delle 3 fermate effettuate, è stato possibile individuare almeno un tema scientifico specifico di grande attualità e con interessanti risvolti applicativi:

1 - Acqua Borra

Il tema è l'impermeabilità delle argille. Normalmente si assume che le argille siano impermeabili anche perché avendo un comportamento plastico non reagiscono in maniera fragile agli stress.

A scala geologica l'impermeabilità delle argille dipende dallo strato di fratturazione e dalla pressione dei fluidi. Qualora vi siano dei sistemi in pressione (es. *reservoir* di gas) si evidenzia che le fratture possono rimanere aperte e consentire una circolazione dei fluidi anche ingente attraverso centinaia di metri di argille come avviene ad Acqua Borra. Le implicazioni sono evidenti data l'attenzione riservata ai bacini argillosi ai fini della realizzazione di impianti di stoccaggio di rifiuti tossici e /o nucleari.

2 - Terme S. Giovanni

È ribadito il tema del controllo strutturale sulla risalita di fluidi che a S. Giovanni è esemplificato dalla formazione di una struttura lineare lunga più di 150 m. Inoltre studi geochimici effettuati in passato (GUERRA & ETIOPE, 1999) hanno evidenziato un aumento di R_n nei gas del suolo in prossimità della struttura, legato all'effetto di *stripping* (o estrazione) dall'acqua operata dalla CO_2 ed eventualmente alla migrazione di altri radionuclidi. Questo tema è importante nella pianificazione e nella gestione dei programmi di radioprotezione.

3 - Bossolo

È un bell'esempio, quasi a scala di laboratorio, dei principi su cui si basa l'effetto serra, tanto dibattuto ed attuale; il riscaldamento dovuto all'aumento di concentrazione di CO_2 nell'aria. Sono stati anche presentati dei risultati relativi agli effetti della CO_2 e temperatura sulla vegetazione locale, studiati dal CNR.

Numero partecipanti: circa 20 partecipanti in rappresentanza di numerose nazioni anche extra europee.

VALUTAZIONE COMPLESSIVA DEL RISULTATO SCIENTIFICO E COMMENTI SULL'ESCURSIONE.

L'escursione ha fornito ai partecipanti gli elementi basilari per la comprensione del ruolo giocato dalla tettonica nella circolazione dei fluidi geotermali; le fermate hanno inoltre offerto lo spunto per la discussione dei temi sopra esposti e per la condivisione delle esperienze di ricerca dei partecipanti.

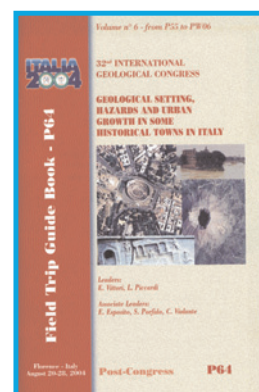
Gli aspetti scientifici sono stati piacevolmente coniugati a quelli paesaggistici e gastronomici laddove i partecipanti hanno goduto del peculiare paesaggio toscano (la zona delle Crete Senesi), delle specialità eno-gastronomiche, e del rilassante bagno nella piscina dello stabilimento di Terme S. Giovanni.

BIBLIOGRAFIA

- BARAZZUOLI P., COSTANTINI A., GRASSI S., LAZZAROTTO A., MICHELUCINI M., PIANTELLI F., SALLEOLINI M., SANDRELLI F., SQUARCI P., TAFFI L., VERONESI G. (1987) - *L'energia geotermica in provincia di Siena*. Amministrazione provinciale di Siena.
- GUERRA M. & ETIOPE G., (1999) - *Effects Of Gas-Water Partitioning, Stripping And Channelling Processes On Radon And Helium Gas Distribution In: Fault Areas*. *Geochim. J.*, **33**, n° 3, pp. 141-151.
- MIGLIETTA, F., RASCHI, A., BETTARINI, I., RESTI, R., SELVI, F. (1993) - *Natural CO_2 springs in Italy: a resource for examining long-term response of vegetation to rising atmospheric CO_2 concentrations*. *Plant, Cell & Environment*, **16**, 873-878.

Assetto geologico, pericolosità e crescita urbana in alcune città storiche d'Italia

Geological setting, hazards and urban growth in some historical towns of Italy



VITTORI E. (*), PICCARDI L. (**), ESPOSITO E. (***), PORFIDO S. (***),
VIOLANTE C. (***), BERTI D. (*), GIUSTI C. (*), LUBERTI G.M. (*)

Field Trip P64: *Geological setting, hazards and urban growth in some historical towns of Italy*

7 days

Leaders:

E. VITTORI, L. PICCARDI

Associate Leaders: E. ESPOSITO, S. PORFIDO,
C. VIOLANTE

Itinerario sintetico:

- Day 1: Orvieto (inizio *field trip*),
Sutri
- Day 2: Ostia Antica e dintorni
- Day 3: Roma
- Day 4: Sabaudia, Gaeta,
Pozzuoli
- Day 5: Napoli
- Day 6: Ercolano, Pompei
- Day 7: Paestum

Il *Field Trip* P64 ha ricevuto l'adesione di 18 partecipanti provenienti dalla Cina, Giappone, Russia e Stati Uniti d'America. Tema dell'escursione il rischio naturale nel contesto territoriale dell'Italia centrale, caratterizzato da insediamenti il cui sviluppo è stato condizionato, oltre che dalle vicende storiche, dalle catastrofi naturali, che in qualche caso ne hanno addirittura cancellato l'esistenza ed occultato le rovine facendone perdere la memoria storica. L'itinerario ha attraversato una serie di luoghi,



Fig. 1 - Il *leader* dell'escursione Eutizio Vittori illustra le principali caratteristiche geologiche di Roma e dei suoi dintorni.
- The field trip leader Eutizio Vittori illustrates the main geological features of Rome and its surroundings.

significativi sia dal punto di vista storico e archeologico che da quello naturale e geologico in particolare, compresi tra l'orogene appenninico ed il margine tirrenico, dall'Umbria alla Campania. In fig. 1 il settore centrale dell'itinerario che comprende Roma e i suoi dintorni.

Quest'area ha visto infatti susseguirsi in circa tre millenni di storia un gran numero di terremoti disastrosi, eruzioni vulcaniche, alluvioni e frane, la cui testimonianza è dovuta, come forse in nessun altro luogo al mondo, più che alle evidenze geologiche ai

(*) APAT - Servizio Geologico d'Italia-Dipartimento difesa del suolo - Roma, Italia
(**) CNR, Firenze
(***) IAMC, Napoli

segni lasciati da tali eventi nei resti archeologici, nello sviluppo urbanistico e territoriale e nelle testimonianze scritte degli autori antichi. Eventi naturali meno drammatici ma ugualmente importanti, come bradisismi e manifestazioni vulcaniche secondarie, o contesti geografici peculiari, hanno comunque condizionato le trasformazioni del territorio indotte dall'uomo e le conseguenze derivanti dai suoi interventi.

Orvieto è caratterizzata da uno sviluppo storico urbanistico favorito dalla sua posizione topografica rilevata rispetto alla valle del fiume Paglia, ma condizionato al tempo stesso dall'instabilità dei tufi su cui è fondata, poggianti su argille plioceniche. I fenomeni franosi anche recenti hanno sensibilizzato le autorità competenti rispetto la necessità di adottare interventi strutturali e sistemi di monitoraggio, anche a salvaguardia del patrimonio artistico. Numerose cavità antropiche sono state scavate nei tufi di Orvieto sin dall'età etrusca. Si tratta di pozzi, gallerie e serbatoi, utilizzati per la captazione della falda o per la raccolta delle acque meteoriche e per il loro smistamento, nonché di altre cavità riadattate nei secoli ai più svariati usi (fig. 2). La visita alla cattedrale ha infine dato l'occasione ai partecipanti di ammirare uno splendido esempio di utilizzo di pietre locali (travertino e "basaltina") per il rivestimento della costruzione gotica.

Lungo la strada per Roma i partecipanti hanno avuto modo di osservare gli affioramenti vulcanici del Distretto vulsino e le manifestazioni termali del Bullicame, vicino Viterbo. La visita di Sutri ha permesso di illustrare le modificazioni indotte nel territorio già dagli Etruschi.

Il soggiorno a Roma ha comportato l'impegno di consentire ai partecipanti la visita ai maggiori monumenti, garantendo al contempo i doverosi riferimenti ai rischi naturali della "città eterna", nata in corrispondenza del guado del Tevere (Isola-

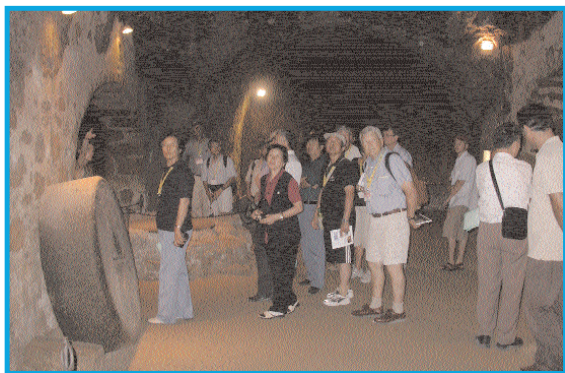


Fig. 2 - I partecipanti all'escursione in visita ad una delle cavità artificiali ricavate nel tufo, nel sottosuolo di Orvieto.
- The participants to the field trip during the visit to a middle age artificial cavity excavated in the tuff, in the underground of Orvieto.



Fig. 3 - Muraglioni e banchine lungo il Tevere a Roma. Parte dell'isola Tiberina è visibile sulla sinistra.
- Retaining walls and quays along the Tiber in Rome. Partial view of the Tiberina islet on the left side.

Tiberina) lungo la via di collegamento tra territori Etruschi e Latini. La prima tappa "romana" è stata ad Ostia Antica, sorta in corrispondenza della foce del Tevere e porto di Roma sin dall'età repubblicana. La progradazione del delta in meno di duemila anni è testimoniata dal fatto che le rovine di questa città si trovano oggi ad alcuni chilometri dalla attuale linea di costa. In epoca medioevale venne costruito sull'ansa del Tevere in prossimità delle allora sepolte rovine di Ostia un Castello, a guardia delle possibili incursioni saracene. Il "taglio" di tale ansa a seguito dell'alluvione del 1557 determinò un nuovo declino dell'area, rimasta malarica fino alle bonifiche iniziate nell'Ottocento.

Il trasferimento da Ostia verso Roma ha consentito ai partecipanti di constatare l'enorme espansione della città nell'ultimo secolo. In alcuni casi questa intensa e spesso spregiudicata urbanizzazione è stata caratterizzata da una scarsa attenzione nella fondazione degli edifici, laddove in sede di progettazione non si è tenuto conto della differente capacità portante tra aree rilevate, costituite principalmente da tufi, e incisioni vallive colmate in età olocenica da ingenti spessori di alluvioni e torbe (visita all'area di San Paolo).

La seconda giornata si è conclusa con la visita alle Catacombe di S. Callisto e una breve escursione lungo la via Appia antica per osservare i resti degli acquedotti romani e la mole dei Castelli Romani dal bordo di un'antica cava tagliata nella colata lavica di Capo di Bove.

Il terzo giorno una faticosa ma gratificante escursione nel centro storico di Roma ha permesso di illustrare i principali rischi naturali nella città: alluvioni e terremoti, di cui, al di là delle numerose fonti scritte, i monumenti stessi sono testimoni attraverso iscrizioni ed evidenze di danni. I terremoti hanno raggiunto localmente intensità dell'VIII grado MCS.

Ad alcuni di essi sono attribuiti gli effetti tuttora visibili in monumenti come il Colosseo e la colonna Traiana, che evidenziano la differente risposta dei terreni alle sollecitazioni sismiche.

Riguardo le alluvioni, numerose sono le iscrizioni con i livelli idrometrici raggiunti. I “muraglioni” del Tevere (fig. 3), innalzati a seguito dell'ultimo evento del 1870, rappresentano il radicale rimedio realizzato per contenere in alveo le portate di piena.

L'escursione ha inoltre consentito la visita di luoghi di rilevanza storico-culturale eccezionale come la Basilica di S. Pietro (fig. 4), di interesse anche per la straordinaria rappresentazione dei più svariati “marmi”, il Foro Romano, il Campidoglio, piazza Navona, e di poter godere di una visione d'insieme scenografica dal Vittoriano, testimonianza del recente, per molti versi discutibile, riassetto del tessuto urbano del centro storico.

Lasciata Roma, l'itinerario costiero verso Napoli ha consentito di percorrere luoghi di particolare valenza geografica e naturalistica come il lago di Sabaudia e le dune costiere, e la retrostante pianura pontina.

Le bonifiche idrauliche di questa vasta area palustre hanno determinato una brusca accelerazione del tasso di subsidenza, che ha raggiunto i 6 metri in meno di 200 anni. Ultima meta prima della Campania, la “montagna spaccata” di Gaeta.

Il pernottamento nel capoluogo campano è stato preceduto dalla visita dell'area dei Campi Flegrei, sede di vulcanismo attivo e di interessanti manifestazioni vulcaniche secondarie, tra cui il bradisismo, la cui evidenza ed il perdurare nei secoli sono testimoniati dal Serapeo di Pozzuoli, dove antiche colonne di età romana risultano forate dai litodomi.

Poco lontano da Pozzuoli, l'area della Solfata-



Fig. 5 - Alcuni dei partecipanti e dei leader all'interno della Solfatara di Pozzuoli, Napoli.
- Some of the participants and leaders inside the “Solfatara” near Pozzuoli, Naples.

ra è sede invece di manifestazioni tipiche di un vulcano quiescente, come fumarole, coni di fango, croste sulfuree (fig. 5). Monte Nuovo (fig. 6) è invece un rilievo vulcanico generato nel corso dell'ultima eruzione flegrea, avvenuta nel 1538.

Particolare interesse ha suscitato nei partecipanti una breve escursione in mare, che ha permesso di ammirare i resti subacquei di Miseno, attestanti una subsidenza del sito di 9 metri dall'epoca romana ad oggi.

La visita di Napoli ha avuto per tema il rischio derivante dalla ubicazione di una grande città, con un *hinterland* esteso e caotico, alle pendici di un vulcano attivo con manifestazioni esplosive come il Vesuvio. Le conseguenze della prossima eruzione



Fig. 4 - La storia della basilica di S. Pietro in Roma, in relazione con l'assetto geologico dell'area.
- Historical overview of S. Peter's church in Rome, correlated to the geological setting of the area.



Fig. 6 - Il cono di scorie di Monte Nuovo emerso nel 1538, durante l'ultima eruzione nell'area dei Campi Flegrei, ad ovest di Napoli.
- The Monte Nuovo -New Mount- tuff cone built during the 1538 last eruption in the Campi Flegrei area, west of Naples.

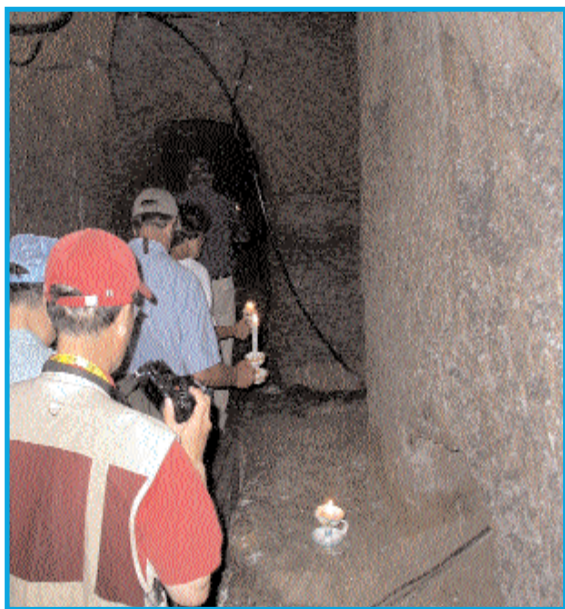


Fig. 7 - Camminando lungo le estese cavità artificiali presenti nel sottosuolo del centro storico di Napoli.
- Walking inside the pervasive artificial cavities in the underground of the city centre of Naples.

potrebbero assumere oggi dimensioni disastrose, come attestato dai resti di due fiorenti centri urbani di età romana completamente cancellati dall'eruzione "pliniana" del 79 d.C., Ercolano e Pompei.

La visita di entrambe le località ha suscitato grande interesse anche dal punto di vista storico e culturale.

La presenza di estese cavità sotterranee di natura antropica ricavate nel tufo (fig. 7), cavato sia per acquedotti e cisterne che per ricavare materiale da costruzione per edifici fondati spesso sulle volte delle cavità stesse, determina un rischio elevato, derivante dal possibile collasso di tali volte, accentuato dalla circolazione idrica sotterranea diffusa e dall'attività sismica. La visita alla "Napoli sotterranea" ha permesso di vedere inoltre i molteplici usi che di tali cavità si è fatto nel corso dei secoli.

L'escursione si è conclusa a Paestum (fig. 8) nella piana del fiume Sele. Antica città greca fondata su travertini (datati a circa 4000 anni), fu abbandonata in epoca medioevale probabilmente perché invasa da acque continentali. Nuovi travertini hanno infatti ricoperto parzialmente gli antichi resti greci e romani circa 1000 anni fa.

I partecipanti, provenienti da diversificate realtà territoriali, ma tutti operanti in discipline afferenti ai rischi naturali, hanno mostrato di apprezzare vivamente l'organizzazione del *field trip*, alimentando tra l'altro un continuo scambio di opinioni ed un confronto costruttivo sui temi trattati, supportato dalle esperienze maturate nei paesi di provenienza.

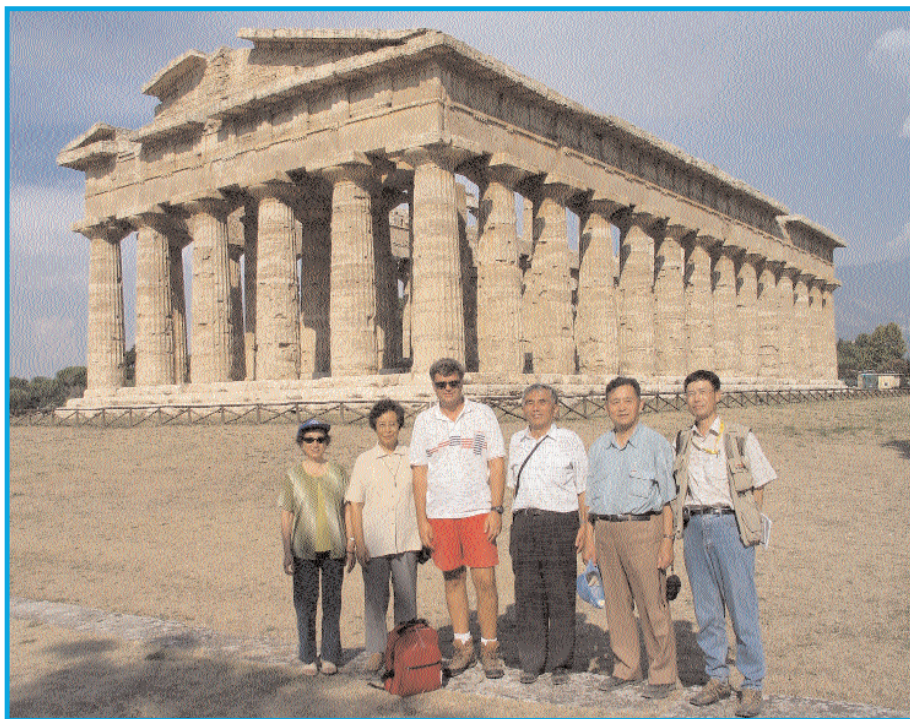


Fig. 8 - Alcuni dei partecipanti nel sito archeologico di Paestum, circa 70 km a SE di Napoli, davanti al cosiddetto Tempio di Nettuno.

- Some of the participants posing in front of the so-called Temple of Neptune, in the archaeological site of Paestum, about 70 km SE of Naples.