



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze

Direttore Prof. Cristina Stefani

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN

SCIENZE GEOLOGICHE

**CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-STRUTTURALE
DELLA LINEA DELLA VAL DI CENTA
(PASSO DELLA FRICCA, ALPI MERIDIONALI, ITALIA)**

Relatore: Prof. Giulio Di Toro

Correlatore: Dr.ssa Mittempergher Silvia

Laureando: Demurtas Matteo

ANNO ACCADEMICO 2011 / 2012

Abstract

Lo studio di faglie attive nel passato ed oggi esumate all'interno delle catene montuose ci permettono di studiare condizioni analoghe a quelle che portano al manifestarsi di sequenze sismiche odierne. In particolare eventi recenti come quello dell'Aquila e nel Ferrarese si ritiene si siano sviluppati in litologie carbonatiche: risulta quindi importante comprendere quella che è la struttura della zona di faglia e il suo comportamento mediante sezioni affioranti in litologie molto simili. In questo lavoro è stata studiata una zona di faglia attiva quando si trovava in una zona molto superficiale, circa 1-2 km di profondità, e oggi affiorante nelle Alpi Meridionali, in corrispondenza del Valico della Fricca (Trentino) lungo la vecchia strada statale, ora deviata. Le litologie presenti sono Triassiche (Anisico-Retico) e sono principalmente dolomie di piattaforma, Dolomia dello Sciliar e Dolomia Principale, separate da un intervallo di dolomie grigie (Formazione di Travenanzes). La zona risente dell'attività di più lineamenti tettonici vicini quali la Linea Schio-Vicenza, la Linea della Val di Centa, la Linea del Calisio e il sovrascorrimento del Monte Spizom; in particolare le linee del Calisio e Schio-Vicenza hanno prodotto una struttura interpretata come tipo "pop-up" (Zampieri et al., 2003). I metodi utilizzati in questo studio sono stati il rilevamento geologico-strutturale di dettaglio, un'elaborazione dei dati strutturali mediante impiego di stereogrammi e l'informatizzazione dei dati di campagna con produzione di carta mediante GIS.

Zampieri, D., Massironi, M., Sedeà, R., Sparacino, V., 2003. Strike-slip contractional stepovers in the Southern Alps (northeastern Italy). *Eclogae Geol. Helv.* 96, 115 – 123.

Indice

1. Introduzione	
1.1 Motivazioni	pg. 4
1.2 Inquadramento geografico e assetto tettonico	pg. 6
2. Inquadramento geologico	
2.1 Litologie	pg. 8
2.2 Costruzione della carta topografica	pg. 9
3. Il rilevamento	
3.1 Esecuzione del rilevamento	pg. 10
3.2 Divisione in zone	pg. 10
4. Interpretazione dati	pg. 15
5. Conclusioni	pg. 17
Bibliografia	pg. 18
Appendice	pg. 19

Introduzione

1.1 Motivazioni

Le sequenze sismiche italiane in questi ultimi anni hanno sollevato la problematica riguardo una possibile previsione di questi eventi. Ciò oggi non è possibile, causa anche le lacunose conoscenze sull'architettura delle faglie sismogenetiche e sui processi chimico-fisici attivi durante il ciclo sismico. La maggior parte delle sequenze sismiche che interessano l'Italia, tendono a svilupparsi all'interno di litologie sedimentarie, spesso carbonatiche, come è avvenuto nelle sequenze de L'Aquila (2008-2009 con evento principale Mw=6.1 del 6.4.2009) e in Emilia (2012- con eventi principali Mw=6.0 e Mw=5.8 del 20.5.2012 e 29.5.2012).

Nel caso della sequenza emiliana l'assetto strutturale consiste in una serie di thrust a vergenza settentrionale (Fig. 1), con direzione circa est-ovest, che rappresentano il fronte d'avanzamento degli Appennini, segmentati da faglie di svincolo trascorrenti, con direzione circa nord-sud. Osservando la carta dell'evoluzione nel tempo degli

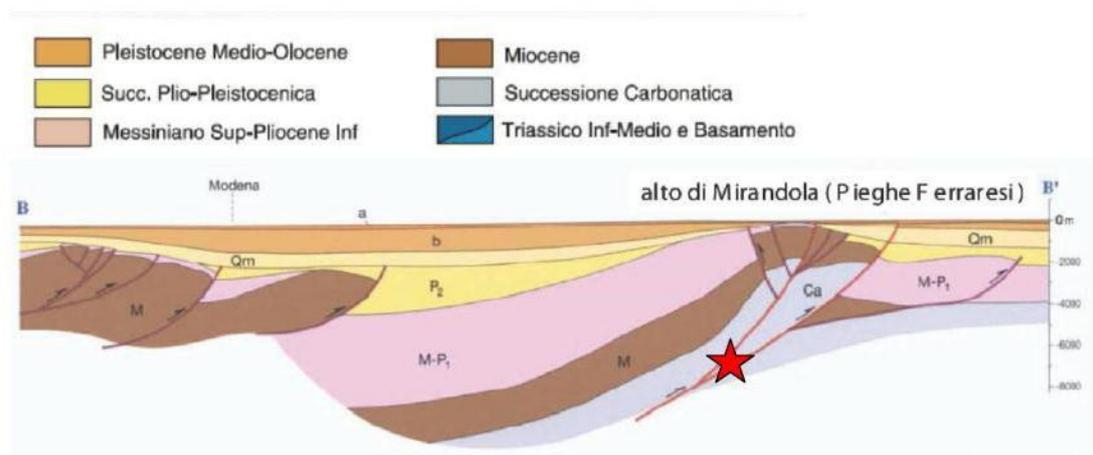


Fig. 1 Schema delle strutture sismogenetiche in un profilo verticale attraverso la pianura padana. Il terremoto è avvenuto a circa 6-7 km di profondità sotto la zona di Mirandola. La stella rossa indica la posizione approssimativa dell'ipocentro.

epicentri della sequenza sismica (ancora in atto alla stesura di questa tesi), si può notare come questi tendano a fermarsi e ad accumularsi, in prossimità di queste faglie di svincolo (Fig. 2). Da qui risulta l'importanza di comprendere i rapporti geometrici che intercorrono tra le diverse famiglie di faglie, e di come tendono a ridistribuirsi gli stress su queste faglie durante la sequenza sismica.

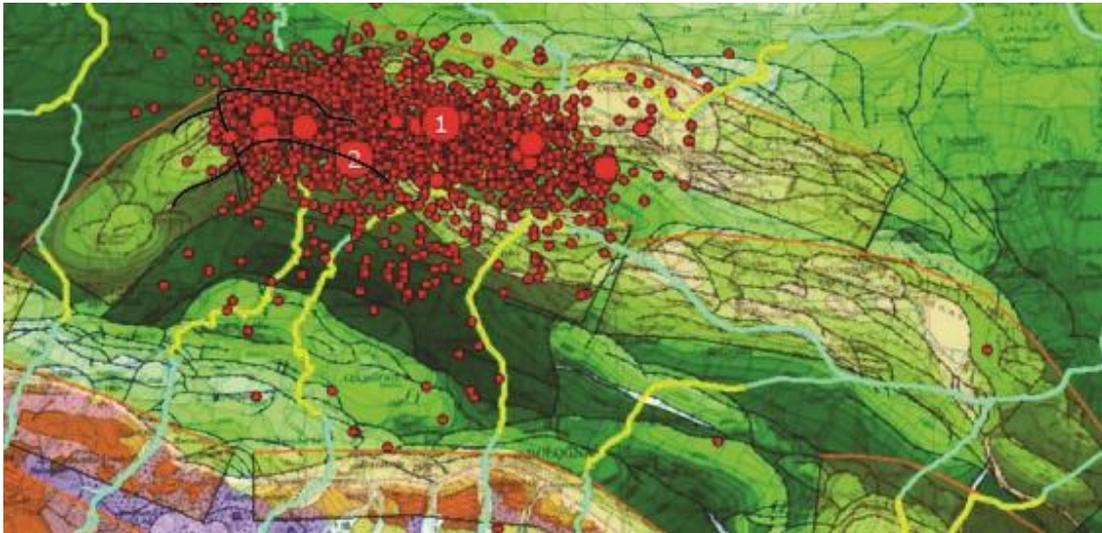
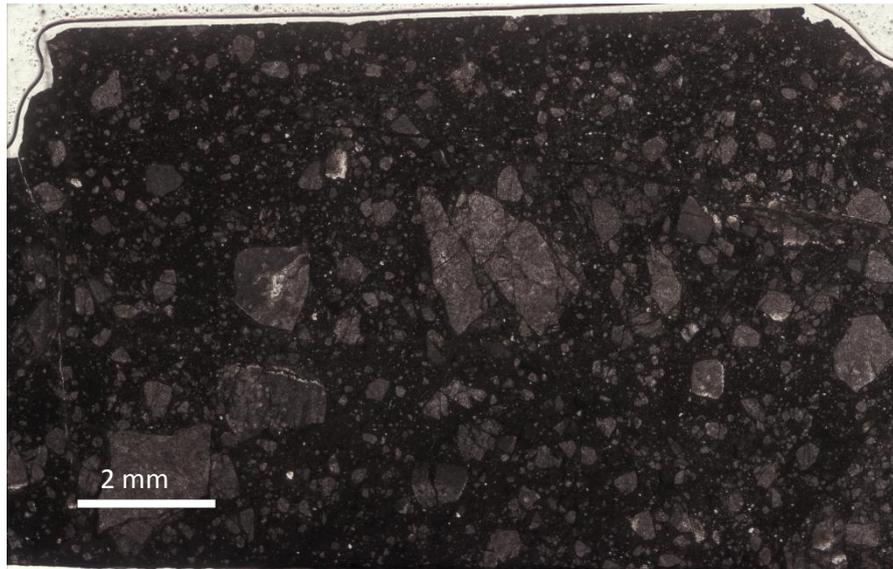


Fig. 2 Si nota come la propagazione degli eventi sismici tenda ad arrestarsi in prossimità delle faglie di svincolo ad ovest.

Analogamente, nella zona esaminata in questo elaborato, in prossimità del Valico della Fricca (TN) si sono riscontrati all'interno di litologie carbonatiche (dolomie) gruppi di faglie inverse a basso angolo, di inclinazione circa 20° - 40° , segmentate da faglie trascorrenti e normali ad alto angolo, sopra i 60° - 70° . Gli elementi strutturali descritti in questa tesi rendono il Valico della Fricca una valida località per uno studio preliminare di terreno volto ad una maggiore comprensione dell'architettura delle faglie sismogenetiche in carbonati e della loro meccanica.

Il fine di questo elaborato è quello di descrivere, attraverso un rilievo geologico-strutturale di dettaglio, effettuato insieme alla studentessa Gloria Guastalli e con la supervisione del professor Giulio Di Toro e della Dott.ssa Silvia Mittempergher, la complessità delle strutture sismogenetiche in rocce prevalentemente dolomitiche. Le notevoli esposizioni in corrispondenza del Valico della Fricca soddisfano queste esigenze di ricerca.



Particolare di una sezione sottile. I clasti troncati sono indice di una faglia sismogenica.

1.2 Inquadramento geografico e assetto tettonico

L'area su cui si è svolto questo lavoro è situata nelle Alpi Meridionali (Fig. 3), in prossimità del Valico della Fricca (1083 m s.l.m.), lungo la vecchia SS349, ora deviata in una galleria. Il posto è conosciuto dagli abitanti del luogo per essere particolarmente instabile e franoso; non a caso abbiamo riscontrato una significativa presenza di faglie e fratture che tagliano le rocce affioranti lungo.

La zona studiata è di notevole interesse “regionale” poiché si colloca tra la terminazione del thrust della Valsugana e la Linea Schio-Vicenza. Inoltre è interessata dalla presenza della Linea della Val di Centa, che secondo uno studio recente potrebbe essere responsabile di una struttura a “pop-up” che solleva il M. Cornetto, con la sua anticlinale, e tutto il massiccio della Marzola-Vigolana (Zampieri et al., 2003). Contribuiscono all'assetto tettonico-strutturale dell'area la Linea del Calisio e il retroscorrimento del Monte Spizom. La relazione che intercorre tra la Linea della Val di Centa e il thrust della Valsugana è tutt'ora discussa; secondo Barbieri et al. (1981) la faglia in Val di Centa è una struttura a se stante e rigetta il thrust della Valsugana con taglio sinistro. Secondo altri autori (Ogniben 1986) la

Linea della Val di Centa sarebbe la continuazione della Linea della Valsugana, con rigetti via via più ridotti verso sud-ovest.

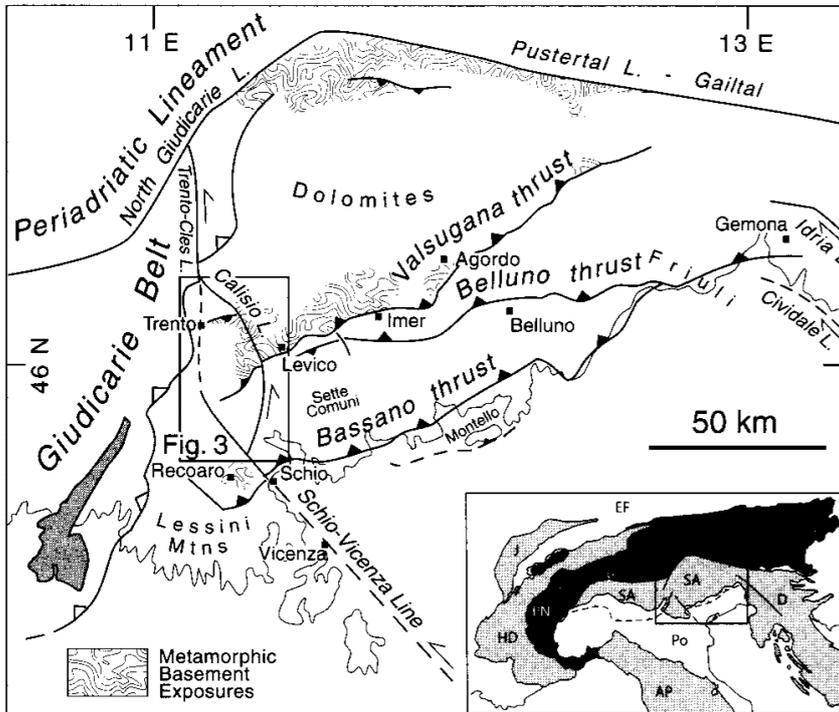
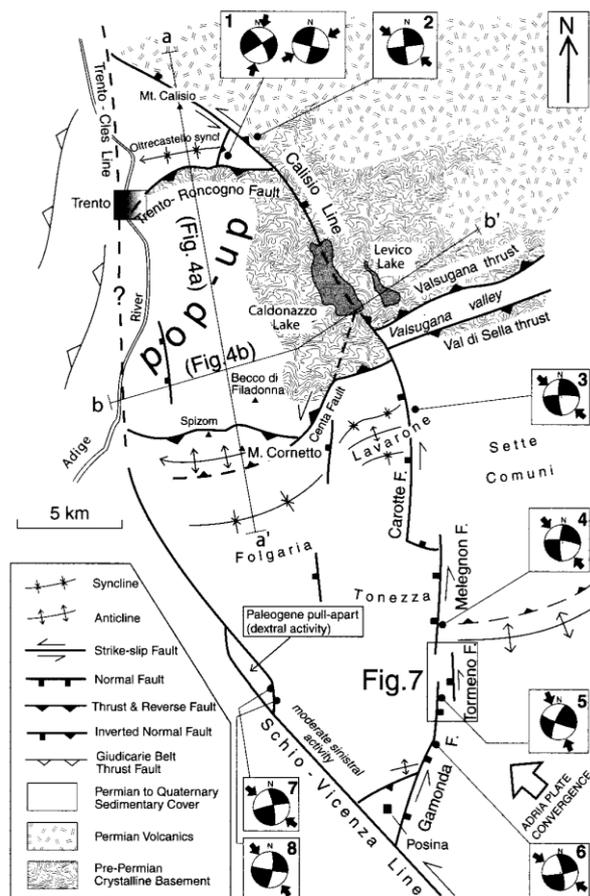


Fig. 3 (In alto) Principali lineamenti tettonici a livello regionale.

(A destra) Schema strutturale proposto da Zampieri et al. (2003).



2. Inquadramento geologico

2.1 Litologie

Nell'area di studio sono presenti tre formazioni, con rocce prevalentemente dolomitiche risalenti al Triassico.

- Formazione dello Sciliar:
(Illirico p.p.- ? Fassanico p.p.)

Corrisponde alla "Dolomia del Sindech" di De Zanche e Mietto (1989). Alla base si presenta come una dolomia stratificata organizzata in cicli peritidali, dal colore quasi bianco, e stromatoliti planari continue con presenza di *sheet crack*. Al posto di questi ultimi si possono ritrovare intervalli argillitici millimetrici o dolomie marnose giallastre screziate in rosso. In particolare nella area di studio la Dolomia del Sindech si presenta come una dolomia cristallina bianca, con presenza di cavità, in banchi di 30-50 cm di spessore.

In totale lo spessore si aggira sui 50 metri. L'ambiente di deposizione è di piattaforma tidale aggradante, periodicamente e anche lungamente emersa in vasti settori.

- Formazione di Travenanzes (ex Fm. di Raibl):
(Carnico p.p.)

Il contatto con la più antica Dolomia del Sindech è per superficie erosiva. È ipotizzabile una tettonica distensiva Giurassica che ha interessato questa formazione determinando localmente contatti verticali con la Dolomia del Sindech. Questa formazione si presenta con una litozona formata da prevalenti dolomie grigio-biancastre, talora con fiamme gialle o rosate, intercalate da livelli centimetrici-millimetrici di peliti verdi e grigie. Verso il tetto si trovano dolomie grigio chiare – biancastre in strati metrici a giunti piani separate da livelletti di peliti rosse. Il passaggio alla Dolomia Principale è graduale e caratterizzato dalla progressiva scomparsa delle intercalazioni pelitiche.

Lo spessore della formazione può variare tra i 5 e i 100 metri. L'ambiente deposizionale è riferibile ad un'area continentale e lagunare evaporitica prossima ad aree in erosione e ad aree a sedimentazione prevalentemente peritidale.

- Dolomia Principale:
(Carnico sup.- Norico)

Il limite con la sottostante Formazione di Travenanzes è graduale e segnato dalla comparsa di spessi banchi (ca. 1-2 metri) di dolomie subtidali. All'interno della formazione ritroviamo una ricorrenza ben stratificata e monotona di cicli peritidali dallo spessore metrico. Se nella parte inferiore le dolomie hanno un aspetto più microcristallino e colore grigio, risalendo nella successione sono più vacuolari e acquisiscono un colore grigio chiaro e formano strati dallo spessore plurimetrico (fino a 2-3 metri).

La potenza di questa formazione supera i 600 metri di spessore. L'ambiente deposizionale è quello di una vasta ed articolata piattaforma carbonatica dolomitizzata precocemente, con prevalenti facies lagunari e di piana tidale.

2.2 Costruzione della carta topografica

Avendo come fine la realizzazione di una carta geologica di dettaglio (che è stata eseguita in collaborazione con la collega Gloria Guastalli) che descriva l'andamento delle strutture minori (faglie e fratture) e maggiori (faglie principali) dell'area abbiamo creato un supporto topografico alla scala 1:2000 con isoipse direttrici ogni 10 metri e ausiliarie a 2 metri. La carta topografica comprende la CTR informatizzata, mentre per l'elaborazione ci siamo avvalsi anche dei rilevamenti LIDAR, effettuati dalla Provincia di Trento.

3. Il rilevamento

3.1 Esecuzione del rilevamento

Il rilievo geologico ha interessato gli affioramenti lungo la vecchia Strada Statale. Gli affioramenti sono per lo più continui, ad eccezione di alcune aree nella parte meridionale della carta dove la roccia è sub-affiorante. Il lavoro ha compreso uno studio strutturale di dettaglio con la misurazione di piani e lineazioni di faglie e dei piani di strato affioranti lungo la strada per un totale di 135 misure. Successivamente si è proceduto all'informatizzazione dei dati geologico-strutturali su supporto GIS (Geographic Information Systems) per generare una carta geologica e un database di dati strutturali. Si sono poi descritti mediante stereogrammi le popolazioni di faglie e di altre strutture (assi di pieghe, strati). Per visualizzare l'eventuale influenza che i lineamenti principali possono aver avuto nella formazione e riattivazione delle faglie, e per individuare le varie famiglie presenti, si è scelto di suddividere l'area rilevata in tre zone, caratterizzate ognuna da diversi trend strutturali. Nel complesso abbiamo riconosciuto cinque "famiglie" di faglie che sono state denominate blu, rossa, arancio, rosa e marrone.

3.2 Divisione in zone

Zona 1

In quest'area si ritrovano tutte e tre le litologie riscontrate durante il rilevamento. Qui troviamo la famiglia di faglie "blu", caratterizzata da faglie normali con direzione NW-SE, inclinazione 74° e lineazione dip slip, e la famiglia "rossa" con immersione N138°, immersione 18° e lineazione circa 20W. La famiglia "blu" consiste di faglie con direzione sub-parallela alla direzione del backthrust del Monte



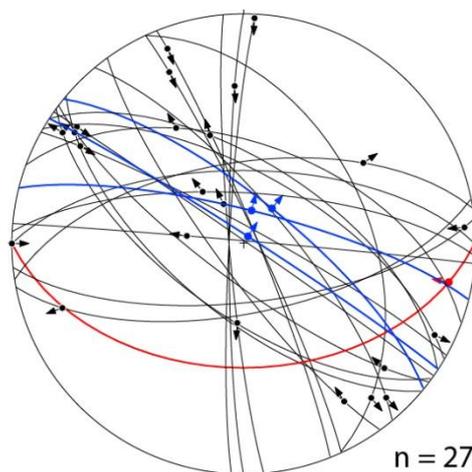
Fig. 4 Specchi di faglia in Dolomia del Sindech



Fig. 5 Lineazioni dip slip su faglie a normale in Dolomia del Sindech

corrispondono spesso a piani di faglia lucidi e lineati.

Spizom, poco distante (Fig. 3b). Inoltre sfruttano spesso piani di strato, ad esempio i lembi circa verticali di una piega all'interno della Dolomia del Sindech, con fianchi immergenti $N30^{\circ}/60^{\circ}$ e $N28^{\circ}/40^{\circ}$, e asse $N302^{\circ}/03^{\circ}$. La famiglia "blu" esercita un controllo sulla topografia: i fianchi delle pareti di roccia



Legenda:

- Faglie normali NW-SE
- Thrust

Zona 2

Qui si rilevano tutte le famiglie di faglie rinvenute nell'area di studio. L'andamento della stratificazione è costante e non si discosta mai troppo da circa $N140^{\circ}/30^{\circ}$.

La famiglia rosa ha andamento simile a quello della famiglia blu però con sostanziali differenze. Innanzitutto i piani sono caratterizzati da lineazioni a più basso angolo, quasi strike slip, il che gli attribuisce un movimento trascorrente. Inoltre anche la zona di faglia presenta rocce diverse, solo un piccolo strato di gouge nella famiglia blu, mentre presenza di gouge e cataclasite nella famiglia rosa (Fig. 6). In base al riconoscimento delle R, e in alcuni casi delle R', si è riuscito ad attribuire alla famiglia rosa un senso di taglio destro: si tratta dunque di faglie trassensive destre.

La famiglia marrone è caratterizzata da set di fratture ravvicinate (frequenza di circa 2-3 per metro), che non presentano un rigetto apprezzabile. La loro formazione si può ipotizzare risalente all'estensione Giurassica, con un successivo riutilizzo nella fase in cui erano attive le faglie trastensive, con funzione di piano secondario tipo Riedel R o R'. In alcuni casi si è riuscito a determinare il senso di taglio sinistro, coerente con quanto appena affermato.

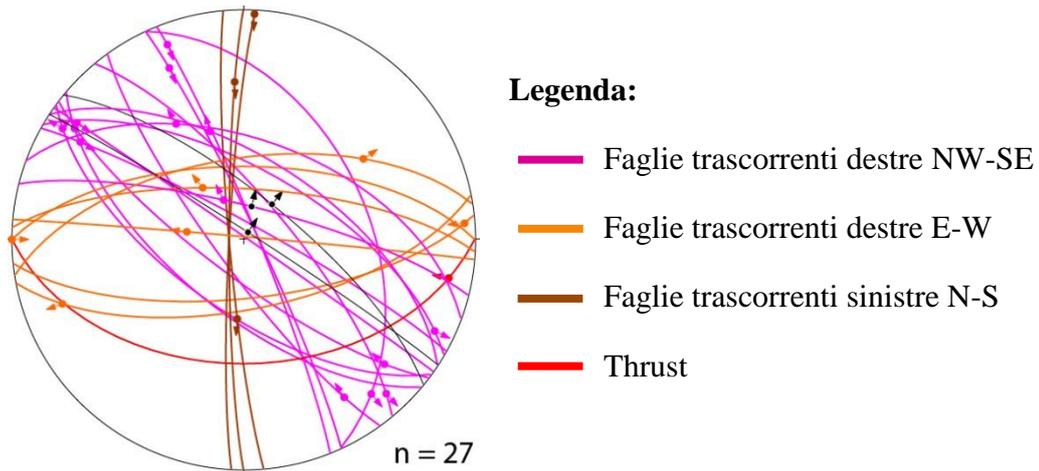
La famiglia rossa rappresenta l'andamento dei thrust principali. Le faglie di questa famiglia spesso riutilizzano i giunti di strato, che spesso contengono sottili livelli di gouge dallo spessore dal millimetrico a 1-2 centimetri. In presenza di banchi di Dolomia Principale di 3 o più metri, i thrust formano una rampa. Ne risulta così una caratteristica geometria ramp and flat. Nello stereogramma si è scelto di rappresentarne soltanto un thrust



Fig. 6 Faglia trastensiva della famiglia rossa in galleria.

poiché si è preferito plottare i dati dei piani di faglia di cui si è misurata anche la lineazione.

Meno abbondanti sono le faglie e fratture appartenenti alla famiglia arancione. Essa è caratterizzata da piani con direzione circa E-W ad alto angolo, in media 75°-80°. Grazie alle fratture secondarie associate si è attribuito a questa famiglia un senso di taglio destro. Le lineazioni si immergono debolmente sia verso E che verso W con angoli di circa 20°: si tratta, dunque, di faglie trascorrenti destre. Spostandosi verso sud, sulle faglie principali appartenenti a questa famiglia si impostano valli secondarie (vedi Zona 3).



Zona 3

Questa zona è caratterizzata dalla presenza di una grande faglia orientata E-W ad alto angolo appartenete alla famiglia arancione, su cui si imposta una valletta che caratterizza la zona. Il versante meridionale della valle è circa impostato sulla superficie di faglia. Una sezione circa ortogonale alla zona di faglia è esposta sul fondo della valletta, dove si individua una zona di scivolamento principale e la zona di danneggiamento; quest'ultima presenta una forte asimmetria.

In corrispondenza della zona di slip si ha una localizzazione estrema della deformazione, con la formazione di una superficie lucida con lineazione immergente verso E, e con valori che oscillano tra circa 10° e 45°. Al tetto la zona di danneggiamento è fortemente fratturata con fratture di tipo R e R', con i relativi rigetti, rispettivamente destri e sinistri, e di tipo Y, orientate parallelamente alla faglia principale. Si ritrovano anche piccole vene che riempiono fratture di tipo T. il senso di taglio della faglia principale è conseguentemente di tipo destro. Per quanto riguarda le rocce di faglia, nella zona cataclasata si osserva una transizione graduale da un sottile livello di gouge, a ultracataclasite, fino a protocataclasite e a strati quasi indisturbati. Al letto la roccia pare quasi indisturbata. In verità anche nel blocco al letto notiamo, in corrispondenza della zona di slip, come la dolomia risulti brecciata e interessata da fratture estensionali.

Di rilievo è l'andamento degli strati nell'incassante in prossimità della faglia principale: gli strati tendono a verticalizzarsi ed l'immersione ruota da circa N140°/30° a circa 15-20 metri dalla faglia a N169°/78° in prossimità della faglia. La rotazione degli strati al tetto è attribuita all'uncinamento "in trazione destra" degli strati in prossimità della zona di slip.

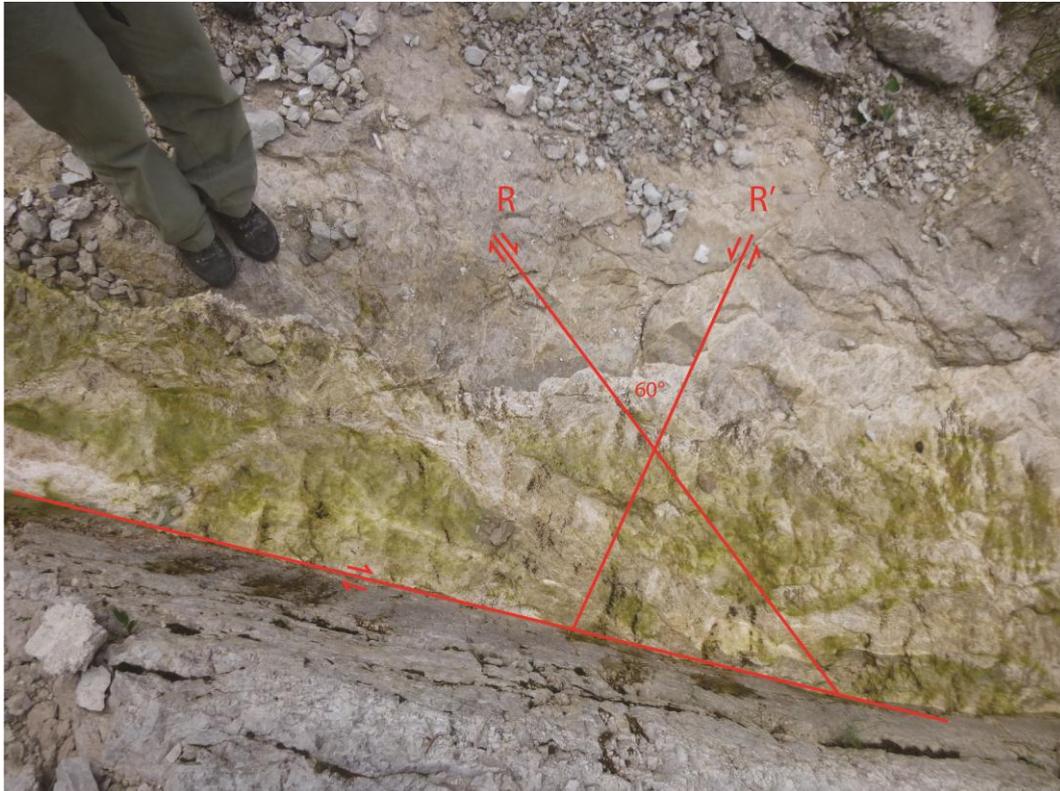
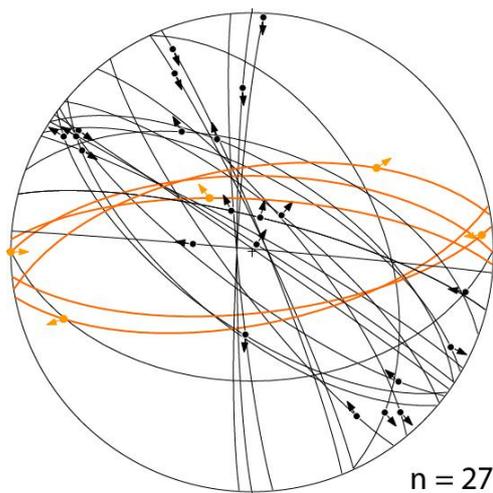


Fig. 7 Fratture R e R' all'interno della cataclasite nel blocco di tetto.



Legenda:

— Faglie trascorrenti destre E-W

4. Interpretazione dati

Analizzando i dati raccolti e la loro suddivisione in famiglie si notano dei cambiamenti importanti all'interno dell'area di studio.

La famiglia "blu", che rappresenta le faglie normali con andamento NW-SE, risulta relegata all'area più a nord e all'interno della Dolomia del Sindech. Più a sud, invece, faglie con la stessa orientazione hanno un movimento trassensivo e lineazioni di tipo strike slip. Un ruolo importante nell'orientazione dei piani della famiglia "blu" l'ha avuto anche il retroscorrimento del Monte Spizom, che risulta orientato parallelamente alla loro direzione (Fig. 8).

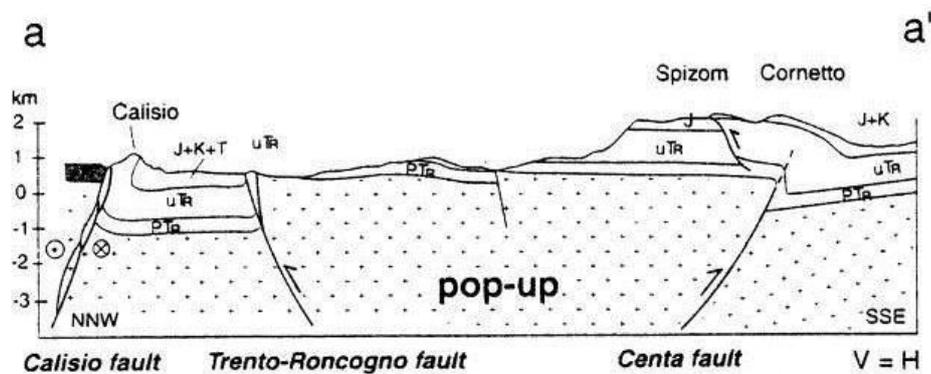


Fig. 8 Sezione schematica attraverso il pop-up Marzola-Vigolana. (Zampieri et al., 2003) (vedi traccia sezione a-a' di fig. 3)

Un punto fondamentale nell'interpretazione dei dati è capire come si è evoluta la sequenza deformativa della zona, e di chiarire i rapporti di intersezione tra le varie famiglie di faglie. Nel complesso si sono distinte due fasi deformative che hanno contribuito alla formazione del complesso network di faglie esposte.

La famiglia rossa (i thrust) tendono sistematicamente ad essere tagliati da tutte le altre faglie (Fig. 9). La famiglia rossa è il risultato di una fase di compressione, dove i thrust si sono formati utilizzando i giunti di strato e creando geometrie ramp and flat (e probabilmente anche la piega nella "Zona 1").

Le altre famiglie, invece, rientrano nella seconda fase deformativa, quella che ha portato alla formazione di faglie trascorrenti e normali.

Inserendo i dati raccolti sul terreno che evidenziano il movimento trasversivo destro delle famiglie rosa e arancione, nonché quello sinistro della famiglia marrone, all'interno del programma Wintensor, siamo riusciti a definire l'orientazione dello sforzo massimo principale orizzontale σ_1 a $N166^\circ/07^\circ$. Questa orientazione, che è compatibile con altri studi già effettuati nei dintorni, permette di spiegare l'ipotesi avanzata dall'osservazione sul terreno di alcuni thrust che non paiono tagliati subito una minima riattivazione con regime più diffuso in questa fase resta quello trasversivo.

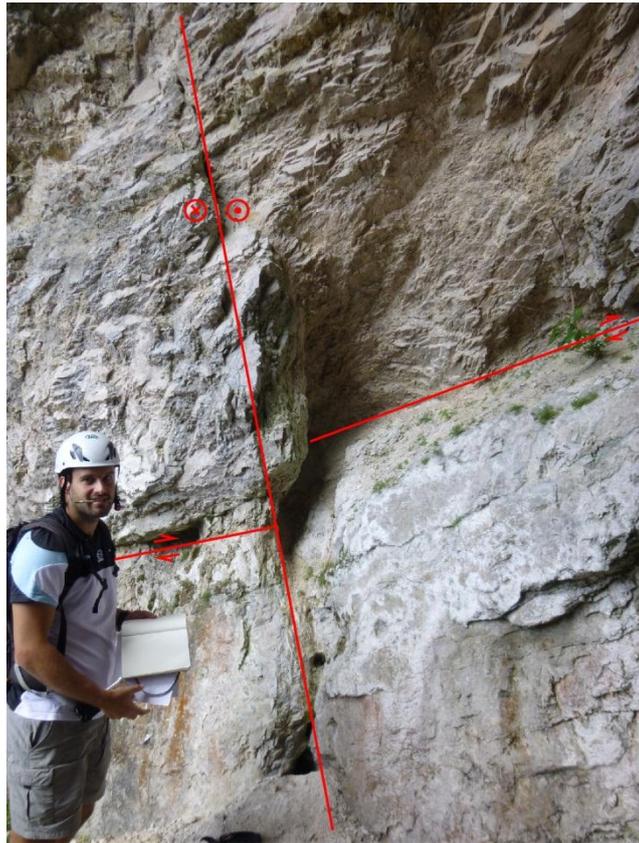


Fig. 9 Thrust ($N57^\circ/27^\circ$) rigettato da una faglia trascorrente ($N255^\circ/80^\circ$).

L'orientazione, più evidente nel settore meridionale, delle faglie con andamento E-W, e delle secondarie che danno indicazione di movimento destro, porta a supporre a più grande scala una struttura di tipo "horse tail" (Fig. 10). In questo caso le strutture principali E-W, come la faglia su cui si imposta la valletta nella "Zona 3",

corrispondono alla terminazione della Linea della Val di Centa. In questo caso, alla Linea della Val di Centa andrebbe attribuito un senso di taglio destro.

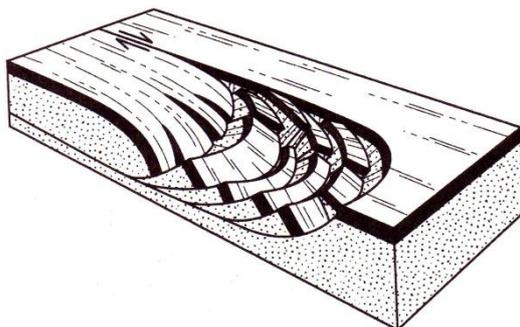


Fig. 10 Schema di struttura tipo "horse tail" alla terminazione di una faglia destra.

5. Conclusioni

Al termine del lavoro di raccolta e di analisi dei dati di terreno si è giunti alle seguenti conclusioni:

- i rapporti di intersezione indicano che i thrust sono i primi a formarsi. Essi utilizzano le superfici di intrastrato, e successivamente sono tagliati dalle faglie trastensive destre a più alto angolo. Data l'orientazione del campo di sforzi durante la seconda fase deformativa (nell'area di tipo trastensionale), si ipotizza una minima riattivazione localizzata di alcuni thrust;
- grazie all'elaborazione al computer dei dati strutturali raccolti si è determinata l'orientazione dello sforzo massimo principale orizzontale, σ_1 , a N166°/07°. Questa orientazione è coerente con il risultato di lavori precedenti condotti in aree limitrofe (Viganò et al., 2008, Fondriest et. al., 2012);
- nel settore a nord si manifesta evidente l'influenza del backthrust del Monte Spizom sulla formazione dei piani di faglia, in quello a sud diventano preponderanti anche sulla topografia le faglie con orientazione E-W, mentre nel settore centrale vi ritroviamo tutte le famiglie riscontrate;
- le strutture viste nell'area di studio vanno ad avvalorare l'ipotesi di una struttura a grande scala di tipo "horse tail", la quale implicherebbe un senso di taglio destro alla Linea della Val di Centa.

Bibliografia

Avanzini, M., Ferretti, P., Franceschi, M., Tomasoni, R., 2007, Progetto CARG PAT, Relazione illustrativa.

De Zanche, V., Mietto, P., 1989. Il Triassico della Valsugana. Mem. Sc. Geol., 41: 163-189.

Fondriest, M., Smith, S.A.F., Di Toro, G., Zampieri, D., 2012, Fault zone structure and seismic slip localization in dolostones, an example from the Southern Alps, Italy, *Journal of Structural Geology*.

Twiss, R. J., Moores, E. M., 2007, *Structural Geology*, 2nd edition.

Viganò, A., Bressan, G., Ranalli, G., Martin, S., 2008. Focal mechanism inversion in the Giudicarie-Lessini seismotectonic region (Southern Alps, Italy): Insights on tectonic stress and strain. *Tectonophysics* 460, 106-115.

Zampieri, D., Massironi, M., Sedeà, R., Sparacino, V., 2003. Strike-slip contractional stepovers in the Southern Alps (northeastern Italy). *Eclogae Geol. Helv.* 96, 115 – 123.