



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze  
Direttore Prof. Domenico Rio

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN  
SCIENZE GEOLOGICHE

**RILEVAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE  
DEL THRUST DELLA VALSUGANA (VALLE  
IMPERINA, ALPI MERIDIONALI, ITALIA)**

*Relatore:* Prof. Giulio Di Toro  
*Correlatore/i:* Dr. Michele Fondriest  
Dr. Steven A. Smith

*Laureando: Ervin Lazzarini*

ANNO ACCADEMICO 2010 / 2011

# Indice

## **1. Introduzione**

- 1.1 Inquadramento geografico e tettonico
- 1.2 Perché abbiamo scelto questo tipo di faglia

## **2. Inquadramento geologico**

- 2.1 Carta geologica “Pale di San Martino” Castiglioni
- 2.2 Carta degli affioramenti

## **3. Metodo di lavoro ed elaborazione dati alla mesoscala**

- 3.1 Strumenti e metodi
- 3.2 Elaborazione dati ottenuti

## **4. Vista in pianta, modello cinematico interpretativo e conclusioni**

- 4.1 Vista in pianta e confronto modello cinematico interpretativo con modello di associazione faglie/fratture
- 4.2 Conclusioni

## **Bibliografia**

# Introduzione

L'elaborato qui proposto, eseguito in collaborazione con lo studente Federico Tancon e con la supervisione del prof. Giulio Di Toro, va a completare il periodo di studi triennale della laurea in scienze geologiche. Lo scopo del lavoro è quello di mettere in atto le conoscenze e competenze acquisite (rilevamento geologico, capacità d'interpretazione e di elaborazione personale, ecc.) durante i tre anni precedenti la laurea trattando però un argomento specifico come può essere quello in esame.

## 1.1. Inquadramento geografico e tettonico

L'area di lavoro scelta per sviluppare la nostra tesi di laurea si trova nelle Alpi Meridionali (più precisamente in Dolomiti) in comune di Rivamonte Agordino (BL) e in corrispondenza del sito minerario ormai dismesso di Valle Imperina (Fig.1).

L'attività estrattiva in quest'ultimo, iniziata in epoca romana, ebbe il suo culmine alla fine XVIII secolo quando il centro rappresentava il principale fornitore di rame (50% del fabbisogno) della Repubblica di Venezia. Progressivamente le miniere andarono in declino fino alla definitiva chiusura nel 1962. Dal 1989 sono di proprietà del comune di Rivamonte Agordino e sono sotto la tutela dell'ente "Parco delle Dolomiti Bellunesi".

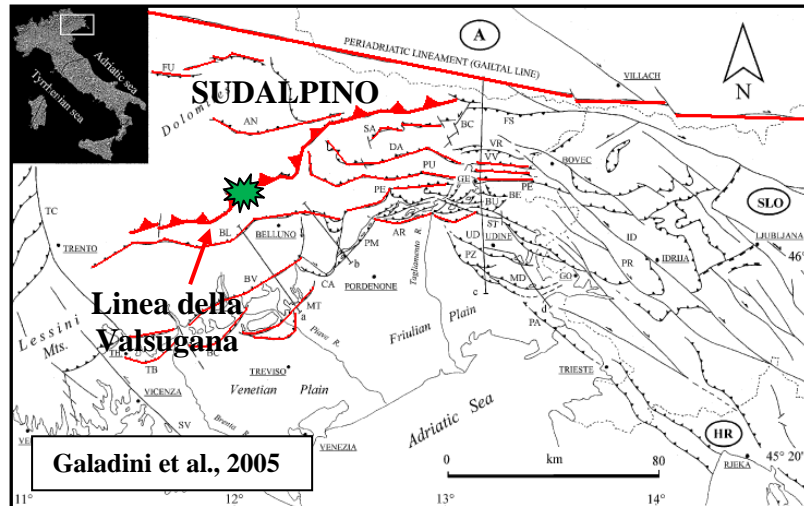


**Fig. 1**

Dal punto di vista tettonico l'area è stata scelta per la sua posizione strategica e le sue specificità. Infatti, la Valle Imperina rappresenta il prolungamento in direzione NE del thrust della Valsugana, un importante lineamento tettonico del sudalpino (Alpi Meridionali che non hanno subito metamorfismo di tipo "alpino") che fa parte

di una serie di strutture deformative S-SE vergenti (Fig.2) sviluppatesi in regime compressivo con orientamento dello sforzo principale massimo circa NW-SE (es.linea di Belluno, linea di Bassano-Valdobbiadene, linea dell'Antelao, ecc.).

Un'altra peculiarità geologico-tettonica del thrust (con thrust viene intesa una faglia inversa a basso angolo) della Valsugana è la presenza in affioramento del basamento metamorfico ercinico (Paleozoico) il quale è esumato e portato a contatto con unità di più recente origine come la dolomia principale (Norico). Questo ci fa capire come faglie inverse di questo tipo possano avere rigetti verticali importanti, anche di qualche km.



**Fig. 2 Principali linee S-SE vergenti del Sudalpino**

## **1.2. Perché abbiamo scelto questo tipo di faglia**

Le motivazioni che ci hanno indotto a studiare questo tipo di faglia sono principalmente tre:

- 1-Analizzare l'architettura e individuare il senso di taglio di un thrust in dolomia circa SE vergente.
- 2-Avere un riscontro in superficie (analogo esumato) di ciò che dovrebbe esserci in profondità nella pianura veneto-friulana con riferimento alla sismicità attuale.
- 3-Studio e caratterizzazione di una zona sismogenetica esumata in dolomia (scarsità di articoli di studio in merito).

Il motivo fondamentale dell'elaborato è proprio quello di studiare l'assetto strutturale (famiglie di discontinuità, indicatori cinematici, strutture alla mesoscala, ecc.) di una possibile zona sismogenetica esumata (in questo caso in dolomia) e capire come si è arrivati alla situazione attuale in affioramento (senso di taglio discontinuità, orientazione sforzo principale massimo).

Lo scopo sarebbe quello di poter applicare ciò che noi vediamo in superficie, come ad esempio associazioni di faglie/fratture o meccanismi cinematici di rottura, a ciò che invece sta a qualche km di profondità in pianura con riferimento alla sismicità attuale (es. terremoto del Friuli del 1976, magnitudo 6.4 della scala Richter, Fig 3). In sostanza cerchiamo di capire come si sviluppino i terremoti legati a questo tipo di contesto tettonico: thrust S-SE vergenti, sollevamento del basamento metamorfico e contatto con coperture sedimentarie, zone sismo genetiche in calcari o dolomia.

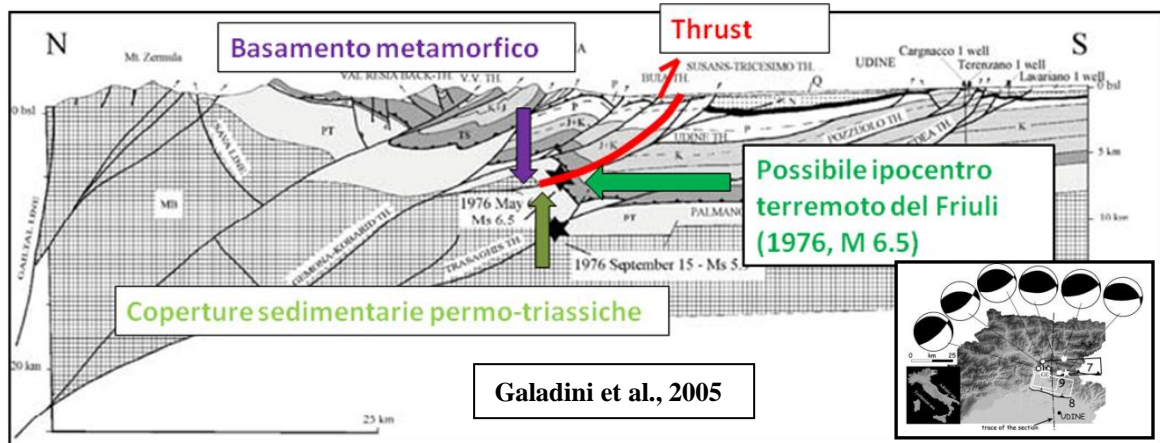


Fig. 3 Ipocentro terremoto del Friuli e meccanismi focali

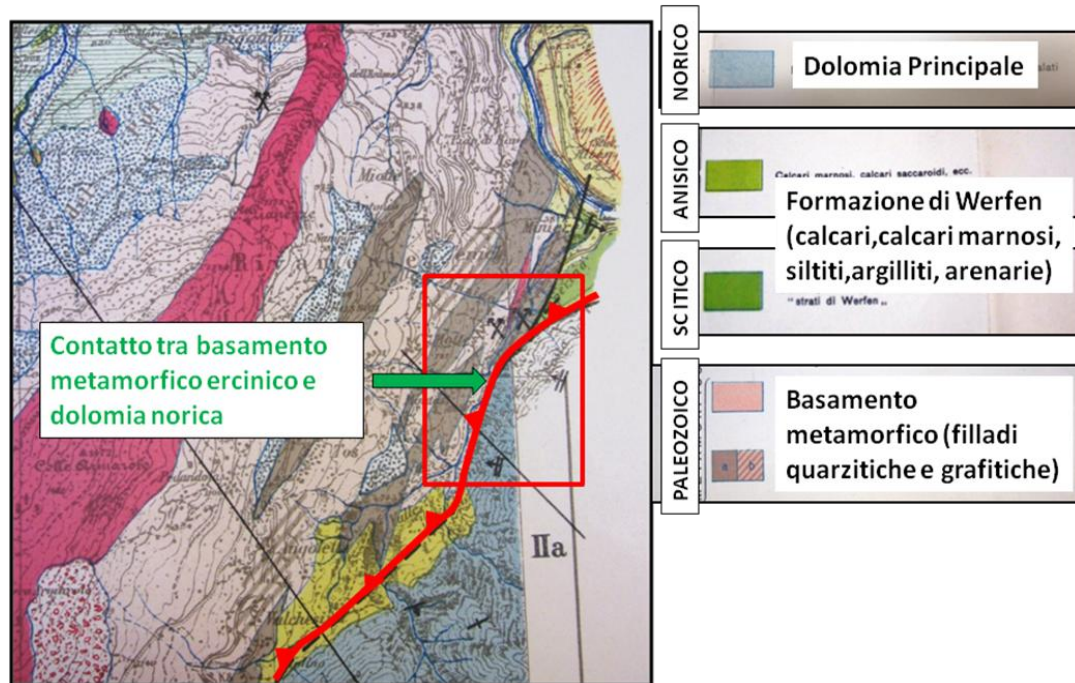
## 2. Inquadramento geologico

### 2.1. Carta geologica “Pale di San Martino”- Castiglioni-1935

Per quanto riguarda i caratteri geologici la zona d’interesse mostra due principali litologie prevalenti: il Basamento Metamorfico ercinico (Paleozoico) costituito prevalentemente da filladi quarzitiche e grafitiche con fitta scistosità, intersecate da prodotti di metamorfismo di rocce vulcaniche (ortogneiss) più o meno alterate e la Dolomia Principale, costituita da strati metrici di dolomia talora alternati a livelli di calcari bituminosi grigio scuri in strati sottili (Castiglioni et al.).

Inoltre sono presenti marne e siltiti alternate a calcari, calcari marnosi che possiamo associare alla successione sedimentaria della Formazione di Werfen (forse membro di Siusi) e che rappresentano probabilmente un “cuneo” interposti tra il basamento e la dolomia. Queste ultime litologie si presentano in affioramento con una struttura scistosa (probabilmente soggette a metamorfismo di basso grado per presenza di fluidi idrotermali circolanti all’interno della faglia).

La faglia inversa oggetto di studio mette quindi a contatto litologie generatesi in tempi diversi (200 milioni di anni o più di differenza) e si può perciò comprendere come il rigetto verticale del nostro thrust sia notevole (stimato grossolanamente in circa 2,5Km).



**Fig. 4 Carta geologica “Pale di San Martino”-Castiglioni-1935- scala 1:35000**

## **2.2. Carta degli affioramenti**

La carta degli affioramenti, eseguita in collaborazione con lo studente Tancon Federico, riassume in sostanza il minimo di rilievo geologico effettuato per la zona di lavoro. Abbiamo riscontrato, come sostenuto dal Castiglioni, il contatto tra Basamento Metamorfico e Dolomia Principale rinvenendo anche gli strati di origine sedimentaria della Formazione di Werfen. Il nostro intento nel produrre la carta è stato quello di dare innanzitutto un’idea dell’andamento generale della faglia con rispettive giaciture e di fornire un inquadramento geologico, seppur ristretto ai minimi termini, della nostra area di lavoro.

La dolomia risulta quasi sempre ben affiorante lungo la strada, anche se in alcuni tratti è coperta dalla vegetazione mentre troviamo le rocce metamorfiche del



basamento sulle sponde dell'alveo del torrente Imperina o lungo la strada silvo-pastorale in corrispondenza degli scassi eseguiti per la realizzazione della stessa.

La nostra carta differisce da quella proposta dal Castiglioni il quale traccia la faglia a franapoggio meno inclinato del versante mentre per quanto riguarda il rilievo da noi eseguito risulta a franapoggio più inclinato del versante (ipotesi confortata dalle giaciture della faglia e dall'andamento della stessa in riferimento alla topografia).

Infine sono rappresentati in carta il presunto senso di taglio della faglia e le giaciture degli strati della Formazione di Werfen.

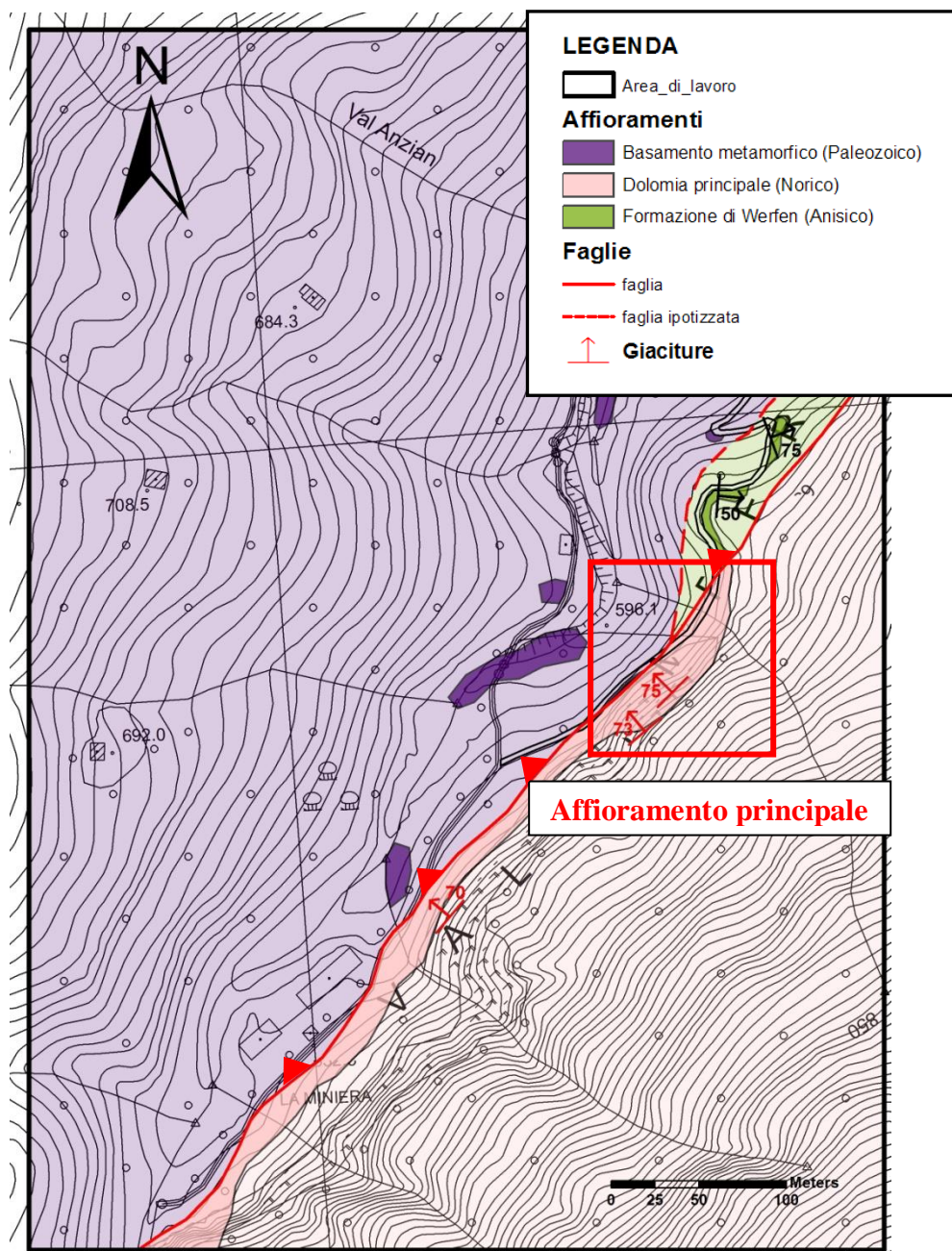


Fig. 5 Carta degli affioramenti in scala

## 3. Metodi di lavoro ed elaborazione dati alla mesoscala

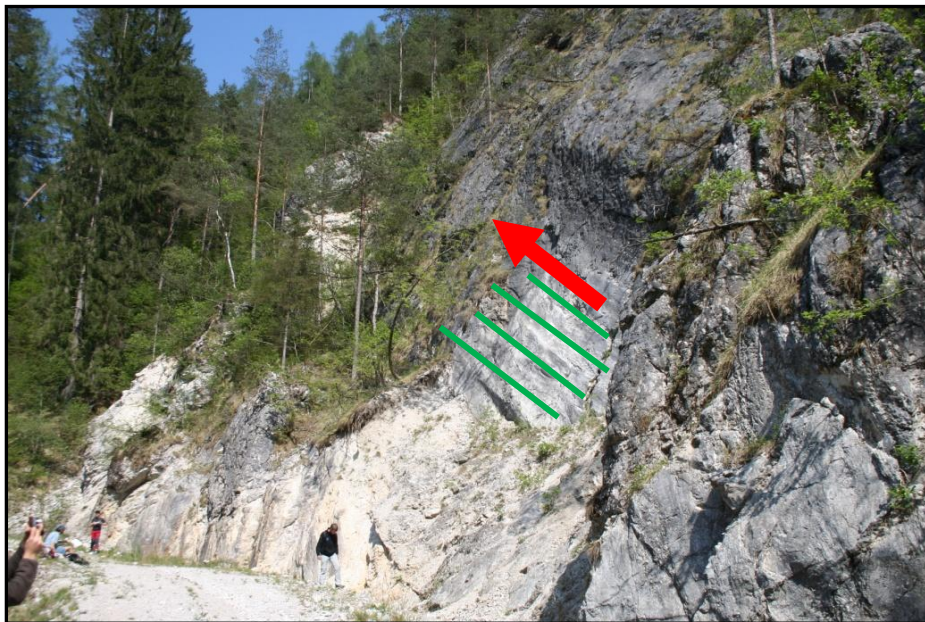
### 3.1. Strumenti e metodi

Dopo aver eseguito un rilievo geologico di base la nostra attenzione si è spostata su un affioramento in particolare dove abbiamo svolto la parte più importante e significativa del lavoro, il rilievo strutturale alla mesoscala di una zona di faglia in dolomia.

L'affioramento (Fig. 6) in esame ha una lunghezza di circa 60m ed è sviluppato in direzione NE-SW. Esso comprende sia il piano di faglia principale che la damage zone ad esso adiacente, ossia l'insieme delle faglie e fratture secondarie.

Gli strumenti utilizzati per le operazioni di rilievo sono semplici e di facile utilizzo: bussola, cordella metrica e macchina fotografica. Il lavoro di campagna è stato strutturato in questo modo:

- Rilievo delle discontinuità: orientazione, spaziatura, lineazione sul piano.
- Esecuzione fotomosaico dell'affioramento.
- Prelievo di campioni delle superfici di faglia (indagine microstrutturale che sarà eseguita da Federico Tancon).
- Verifica della presenza di particolari indicatori cinematici (individuazione senso di taglio).



**Fig. 6** Affioramento principale e senso di movimento blocco mancante (freccia rossa)



### **3.2. Elaborazione dati ottenuti**

Questa fase, molto importante, ci ha permesso di individuare le principali famiglie di discontinuità presenti in affioramento e di ipotizzare le possibili relazioni esistenti tra le stesse con l'obiettivo di capire il senso di taglio della faglia principale e di comprendere l'architettura della damage zone.

L'elaborazione dati si divide in due parti fondamentali:

**3.2.a** Orientazione e riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità tramite stereo-plot

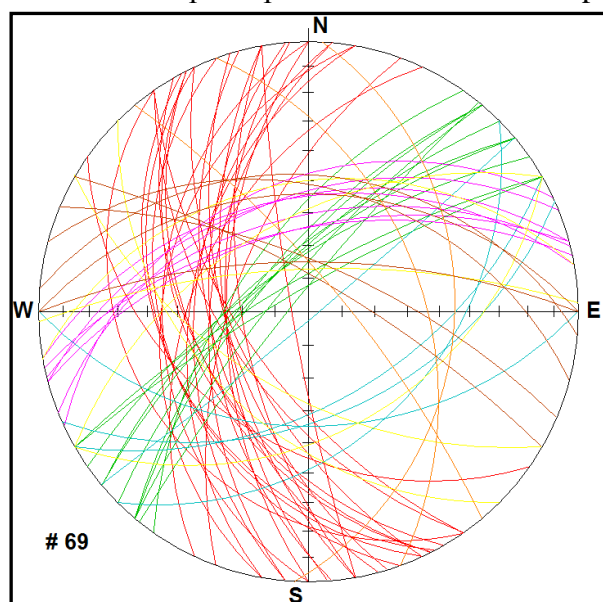
**3.2.b** Mappatura delle discontinuità tramite fotomosaico

#### **3.2.a Orientazione e riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità tramite stereo-plot**

La proiezione ciclografica che utilizziamo per questo scopo non è altro che la rappresentazione in due dimensioni di quello che noi vediamo in tre dimensioni tramite tre semplici dati: immersione, direzione e inclinazione di una superficie.

Il principio è semplice e consiste nel proiettare i punti di intersezione della superficie considerata (passante per il centro della sfera) con la sfera proiezione sul piano equatoriale della stessa. Ciò che ne risulta sono delle linee curve sempre più vicine al centro del cerchio equatoriale, più è elevata l'inclinazione della superficie.

Dai dati ottenuti sull'affioramento principale otteniamo lo stereo-plot in figura:



**Fig. 7 Stereo-plot dell'affioramento principale**

Come si può notare dalla fig. 7 nella pagina precedente c'è un po' di confusione ma si intuiscono già le principali famiglie di discontinuità, sia per il risalto cromatico che per la frequenza. Le linee verdi rappresentano le discontinuità circa parallele al piano di faglia principale (andamento Valsugana) mentre le altre hanno giaciture diverse legate, come vedremo in seguito, all'orientazione delle prime.

Partiamo con la descrizione delle famiglie fondamentali che sono essenzialmente 5.

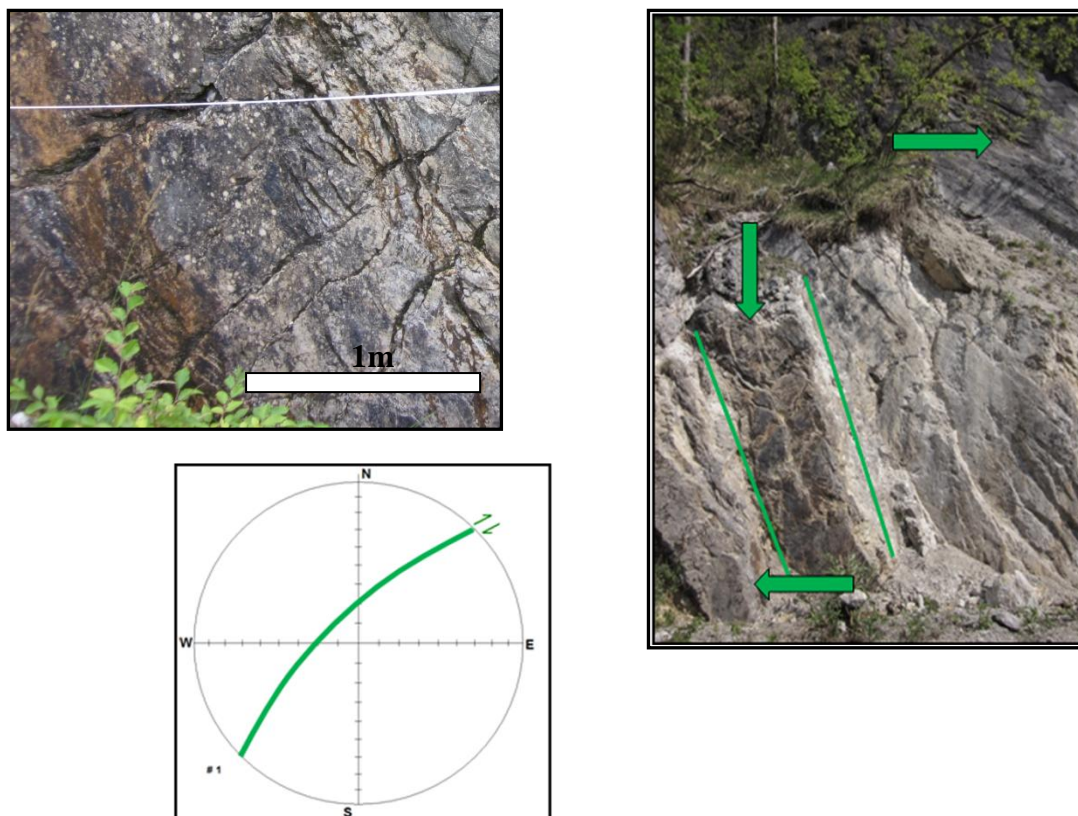
### **FAMIGLIA VERDE (Andamento "Valsugana")**

-ORIENTAZIONE:  $315^{\circ}\text{N}/75^{\circ}$

-SENSO DI TAGLIO PRESUNTO: destro

-SPAZIATURA: circa  $50\pm 20\text{cm}$

-NOTE: la famiglia verde comprende tutte quelle superfici circa parallele alla superficie principale di faglia. Presentano generalmente una lineazione inclinata di  $30-40^{\circ}$  verso SW a volte molto evidente (es. piano di faglia principale), talora sono ricoperte da patine di ossidi orientate secondo il senso di movimento e evidenziano fratture tensionali ortogonali al senso di taglio.



**Fig. 8 In senso orario: fratture ortogonali al senso di taglio e patine di ossidi, famiglia verde in affioramento e stereo-plot per l'orientazione**

## FAMIGLIA ROSSA

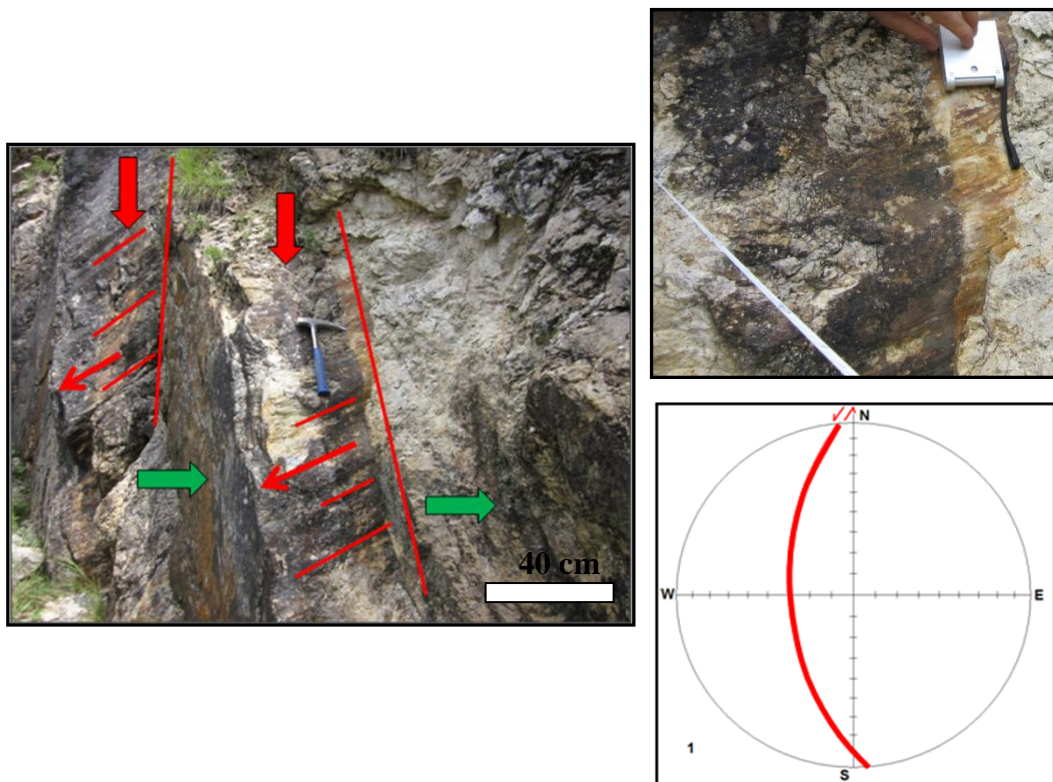
-ORIENTAZIONE:  $250-260^{\circ}\text{N}/60-70^{\circ}$

-SENSO DI TAGLIO PRESUNTO: sinistro

-SPAZIATURA: molto variabile (da 50 cm a 3m)

-NOTE: la famiglia rossa si presenta in affioramento con una lineazione in genere molto evidente inclinata in media di circa  $30-40^{\circ}$  verso N. Le faglie appartenenti a questo gruppo tendono a rigettare le superfici della famiglia verde verso NW.

Caratteristica particolare è la presenza di ossidi o patine ossidate più che su altre superfici (forse via preferenziale di scorrimento di fluidi).



**Fig. 9 In senso orario: famiglia rossa che rigetta verso sinistra la famiglia verde, particolare della superficie e stereo-plot per l'orientazione**

## FAMIGLIA VIOLA

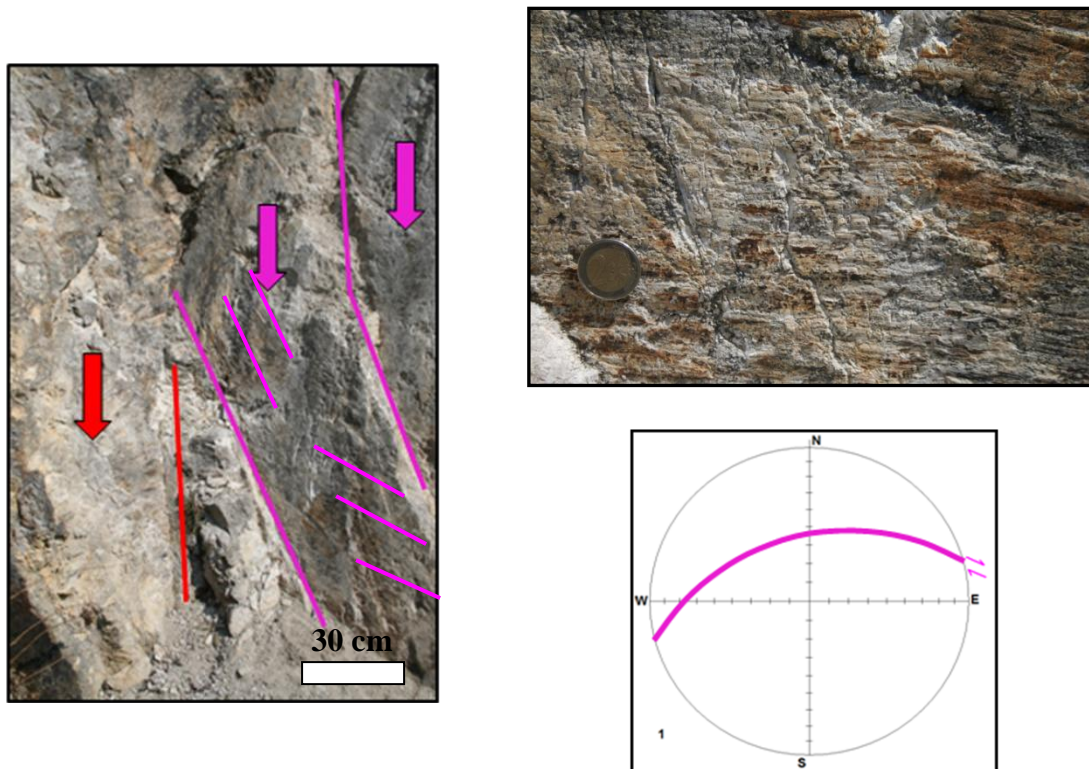
-ORIENTAZIONE:  $350^{\circ}\text{N}/60^{\circ}$

-SENSO DI TAGLIO PRESUNTO: non definito

-SPAZIATURA: 10-30 cm

NOTE: la famiglia viola si presenta con lineazione a volte evidente e variamente inclinata secondo due trend generali. Il primo inclinato di 15-20° verso W e il secondo di 55° verso W a testimonianza della rotazione dei blocchi dislocati.

Si riscontrano piani coniugati con la famiglia rossa la quale tende a rigettare gli stessi verso NW. Osserviamo anche in questo caso patine di ossidi sulle superfici e piccole fratture ortogonali alla direzione di taglio.



**Fig.10 In senso orario: faglie coniugate e doppia lineazione, ossidi sulla superficie e piccole fratture ortogonali alla direzione di taglio, stereo-plot**

### **FAMIGLIA BLU**

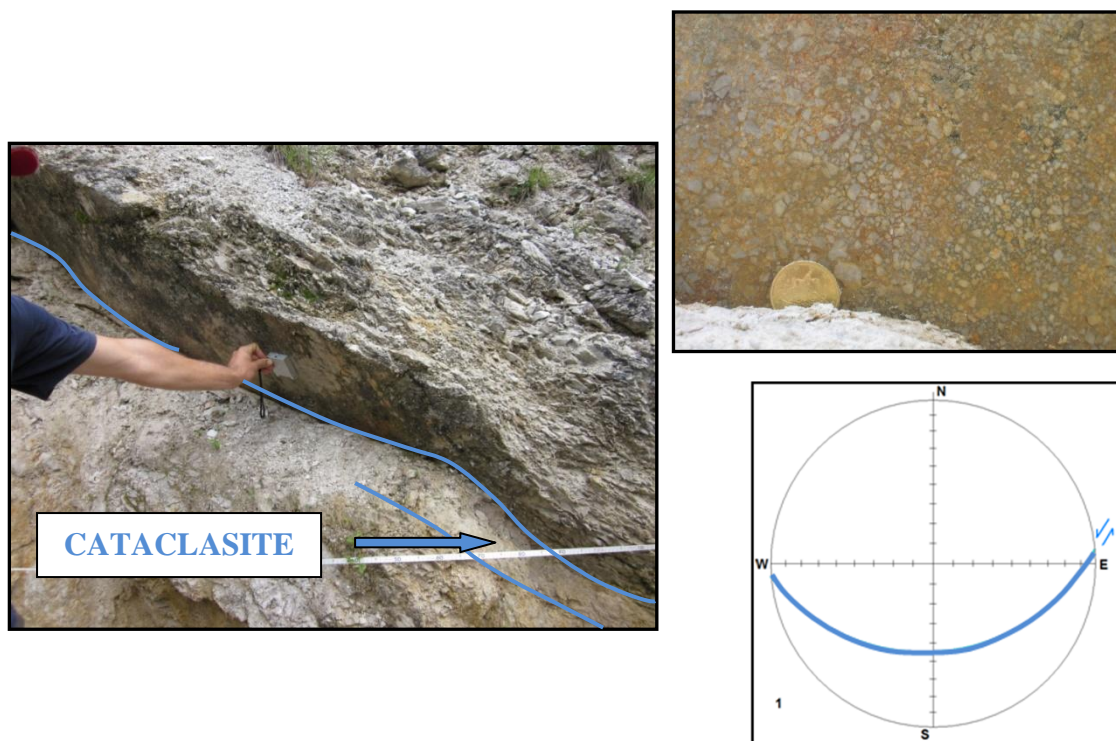
-ORIENTAZIONE: 150-180°N/50°

-SENSO DI TAGLIO PRESUNTO: non riconosciuto

-SPAZIATURA: 20 cm

-NOTE: la famiglia blu si presenta con una lineazione visibile ma non marcata, inclinata di 25° verso W. La particolarità di queste superfici è la presenza di clasti spigolosi millimetrici di origine cataclastica troncati di netto e immersi in una matrice molto fine (limo o argilla). Tra una discontinuità e l'altra la roccia si presenta frantumata minutamente.





**Fig. 11 In senso orario: andamento superficie in affioramento, particolare dei clasti troncati, stereo-plot**

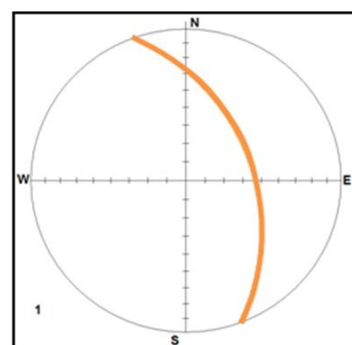
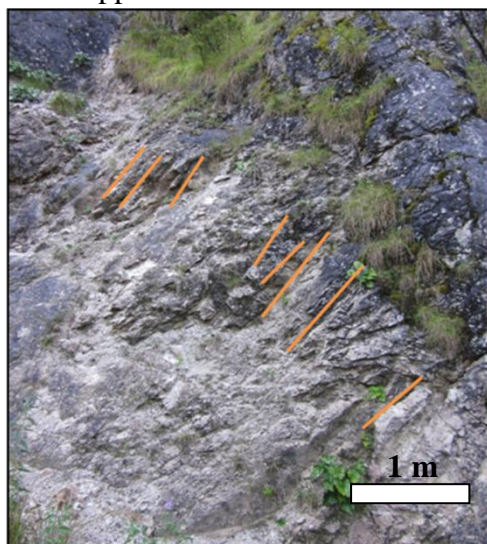
### **FAMIGLIA ARANCIONE**

-ORIENTAZIONE:  $70-80^{\circ}\text{N}/80^{\circ}$

-SENSO DI TAGLIO PRESUNTO: non riconosciuto

-SPAZIATURA: 20-30cm

-NOTE: lineazione circa parallela alla direzione, caratterizzanti la parte SW dell'affioramento, circa stessa direzione della famiglia rossa ma immersione di verso opposto.



**Fig.12 Da sinistra: discontinuità in affioramento e stereo-plot di orientazione**

Le altre discontinuità presenti sull'affioramento principale sono le fratture, le quali tendono ad avere una giacitura piuttosto casuale tranne che per quelle tensionali sui piani di faglia (ortogonali alla direzione di taglio) e superfici non associabili a nessuna famiglia principale.

### **3.2.a. Mappatura delle discontinuità tramite fotomosaico**

Questa fase consiste essenzialmente nel tracciare su più foto assemblate le discontinuità presenti in affioramento evidenziandole con linee o superfici.

Nella seguente tabella riassumiamo ciò che abbiamo visto in precedenza così da poter riconoscere subito in foto le varie famiglie:

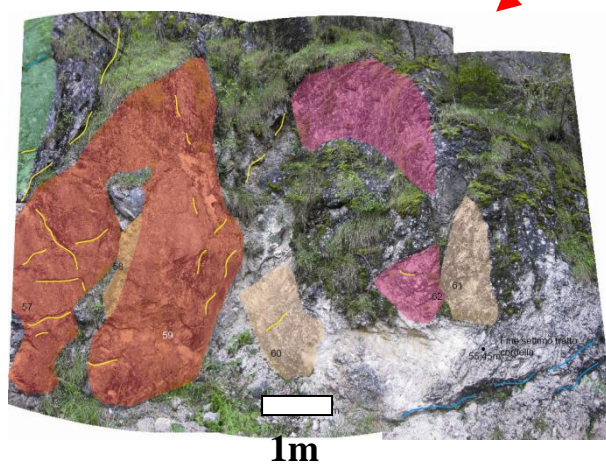
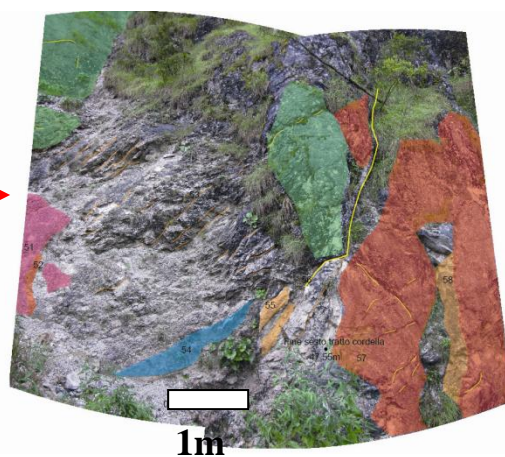
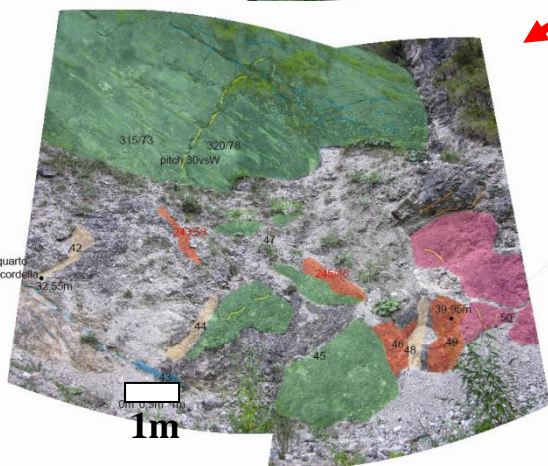
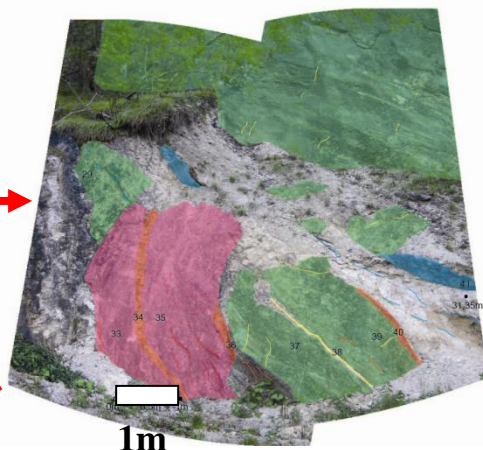
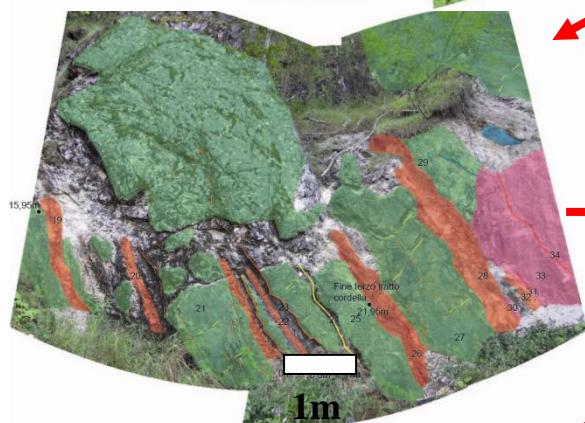
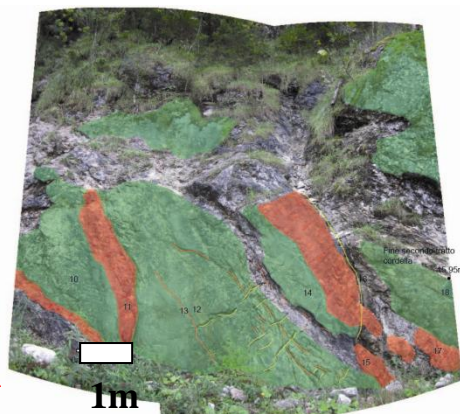
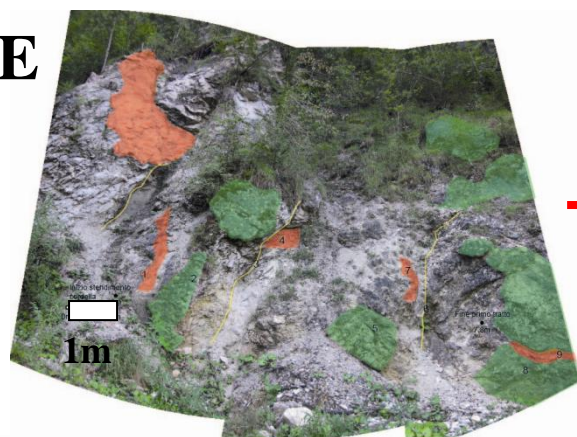
	Immersione(°N)	Inclinazione(°)	Lineazione(°)	Spaziatura(cm)	Taglio
VERDE	315	75	30-40 SW	50+/-20	destro
ROSSA	255	65	30-40 N	variabile	sinistro
VIOLA	350	60	15 W o 55 W	20+/-10	/
BLU	165	60	25 W	20+/-10	/
ARANCIONE	75	50	// direzione	30+/-10	/

N.B. Le fratture sono rappresentate in giallo nel fotomosaico

Come si potrà notare dalla figura successiva (Fig.13) riscontriamo in affioramento un piano di faglia principale, che possiamo definire tale per la sua continuità laterale e più famiglie di fratture/faglie principali parallele ad esso (famiglia verde) o variamente dirette e inclinate rispetto allo stesso. Le possibili relazioni tra le stesse sono approfondite nel capitolo 4.



**NE**



**SW (60m)**

**Fig. 13 Fotomosaico dell'affioramento principale**

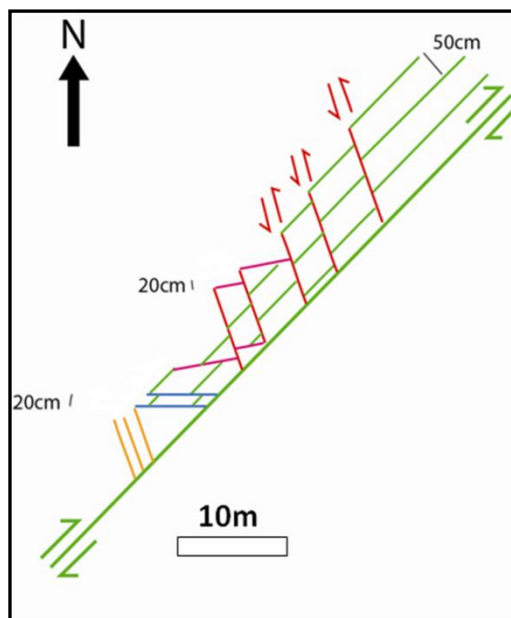
## 4. Vista in pianta, modello cinematico interpretativo e conclusioni

### 4.1. Vista in pianta e confronto modello cinematico interpretativo con modello di associazioni faglie/fratture

Come possiamo osservare dalla vista in pianta (Fig.14) il sistema di fratture secondarie associato alla faglia principale è abbastanza complesso.

Innanzitutto riscontriamo più fratture/faglie con spaziatura di circa 50 cm parallele alla main fault che tendono a essere rigettate in direzione NNW dalla famiglia rossa.

Questo tipo di superfici non viene generalmente riscontrato in dolomia ma bensì in calcari e quindi non possiamo avere un modello strutturale valido per giustificare l'esistenza. Notiamo inoltre come ci sia una continua e regolare alternanza tra famiglia verde e famiglia rossa nella parte NE dell'affioramento.

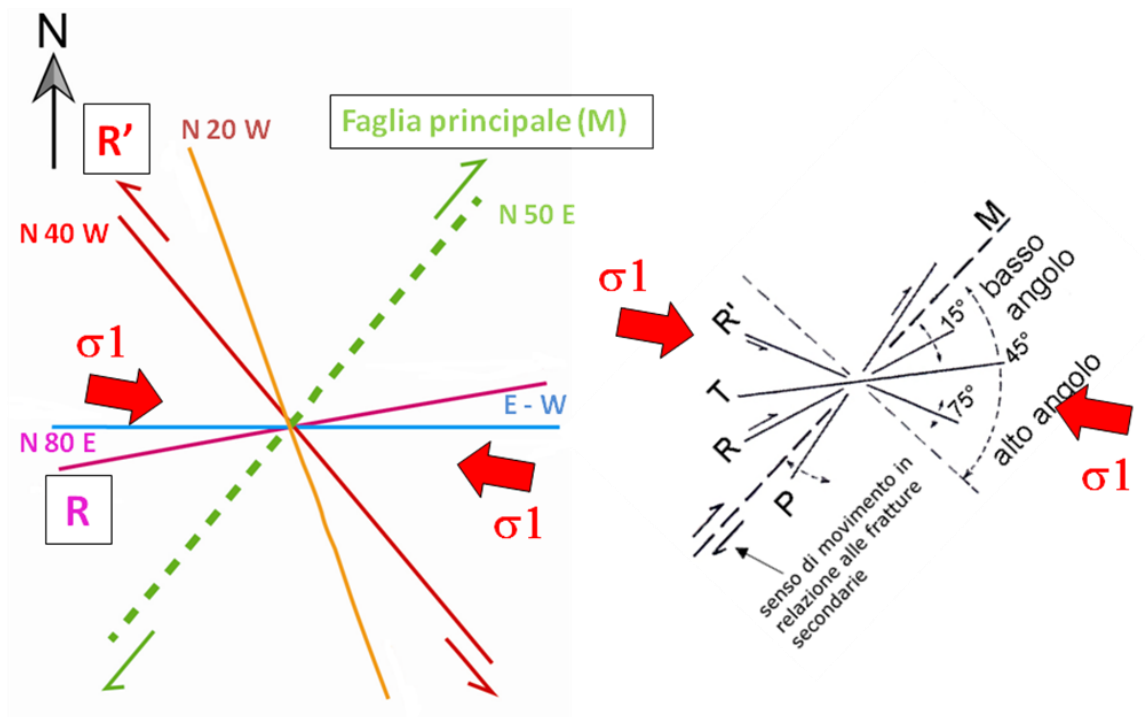


**Fig. 14 Vista in pianta (le spaziature sono esagerate in figura)**

Confrontando le orientazioni delle famiglie di discontinuità con un modello di associazioni di faglie/fratture (Fig. 15) riusciamo a trovare delle analogie che ci permettono di ricavare la possibile orientazione dello sforzo orizzontale principale massimo.

Considerando l'orientazione della famiglia verde come main fault la famiglia rossa può essere associata alle faglie/fratture di tipo R', inclinate di circa 20° rispetto alla direzione di massimo sforzo, mentre la famiglia viola trova un buon riscontro con le faglie/fratture di tipo R (Riedel). Un dubbio ci resta oltre che sulle superfici parallele alla principale anche sull'orientazione delle famiglie blu e arancione: sistemi ereditati da fasi tettoniche antacedenti o anomalie meccaniche?





**Fig. 15 Orientazione delle famiglie di discontinuità e confronto con modello di associazione faglie/fratture (Riedel, 1929) per orientazione sforzo principale orizzontale massimo**

#### **4.1.a. Problemi di meccanica della faglia**

Il principale problema meccanico da giustificare è l'alto angolo d'inclinazione della faglia. Generalmente definiamo come thrust una faglia inversa a basso angolo ( $<30^\circ$ , Anderson) ed è evidente nella fattispecie che la nostra struttura tettonica non rispecchia queste condizioni.

L'ultima fase deformativa evidente in affioramento è infatti traspressiva. Le ipotesi sono due:

##### **1- La faglia è stata sempre ad alto angolo**

Come possiamo giustificarlo:

- a- Rampa laterale del thrust SE vergente della Valsugana
- b- Aumento attrito della faglia nel tempo

##### **2- L'inclinazione è andata aumentando nel tempo**

Come possiamo giustificarlo:

- a- Formazione struttura tettonica tipo piggy-back e basculamento del thrust
- b- Over-step e basculamento del thrust

## **4.2. Conclusioni**

L'indagine strutturale alla mesoscala, la fase di rilevamento geologico e l'elaborazione dei dati ci hanno portato a sviluppare le seguenti conclusioni:

-I terremoti più potenti del triveneto probabilmente nucleano e si propagano al contatto tra basamento cristallino e coperture sedimentarie.

-Il thrust della Valsugana in prossimità di Agordo ha orientamento NW-SE e mette a contatto filladi contro dolomia principale costituendo l'analogo esumato di probabili zone sismo genetiche profonde.

-L'inclinazione della faglia è troppo elevata perché sia inversa (quasi 80°). Durante l'ultima fase deformativa la faglia ha agito da trascorrente pura a traspressiva destra.

-L'architettura della zona di faglia è molto complessa. Il sistema di fratture secondarie suggerisce uno sforzo principale orizzontale massimo con orientamento circa WNW-ESE.

## Bibliografia

F.Galadini, M. E. Poli e A. Zanferrari (2004). Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy).

B. Castiglioni (1939). Il gruppo delle Pale di San Martino e valli limitrofe (ALPI DOLOMITICHE).

B.Castiglioni (1939). Carta geologica delle Pale di San Martino, scala 1:35000. Ministero dei lavori pubblici - magistrato delle acque - ufficio idrografico.

Regione del Veneto, C.T.R., elemento 046093 Rivamonte Agordino, scala 1:5000.

Vergani R. - Valle Imperina - Otto secoli di attività mineraria e metallurgica, in "Rivista Bellunese" n°7, 1975.





