



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

**PRIME INDAGINI GEOMECCANICHE SUL
VERSANTE SINISTRO DELLA VAL RIDANNA**

Relatore: Prof. Rinaldo Genevois

Correlatore: Dott. Luca Zorzi

Laureando: Stefano Brugnaro

ANNO ACCADEMICO 2010 / 2011

Indice

Introduzione	pg. 3
1. Inquadramento geografico	pg. 4
2. Inquadramento geologico e geomorfologico	pg.5
2.1 Assetto geomorfologico	pg.6
3. Materiale e metodi	pg.8
3.1 Basi topografiche	pg.8
3.2 Basi topografiche ortofoto	pg.8
3.3 Basi topografiche Lidar	pg.8
3.4 Il rilievo geomeccanico	pg.9
4. Classificazione degli ammassi rocciosi	pg.10
4.1 Rock Quality Designation Index(RQD)	pg.10
4.2 Rock Mass Rating (RMR)	pg.10
4.3 Slope mass Rating(SMR)	pg.11
4.4 Geological Strenght Index(GSI)	pg.12
4.5 Parametro classificativo di Barton(Q)	pg.13
5. Il versante sinistro della Val Ridanna	pg.15
6. Analisi dei dati	pg.18
7. Discussione e conclusioni	pg. 32
Ringraziamenti	pg. 33
Bibliografia	pg. 34
Appendice	pg. 35
Allegato 1: caratterizzazione dell'ammasso roccioso	pg. 35
Allegato 2: Procedura di esecuzione di una prova geomeccaniche con metodo della scanline	pg. 38
Allegato 3: carta di distribuzione del GSI	

Introduzione

Il lavoro di tesi si prefigge come obiettivo quello di dare una prima caratterizzazione geomeccanica del versante sinistro della Val Ridanna. Tale lavoro si inserisce all'interno di un più ampio progetto di ricerca, concernente l'analisi del comportamento fisico-meccanico delle deformazioni gravitative profonde di versante e di grandi collassi gravitativi a carattere catastrofico che prendono il nome di Rock Avalanches.

L'area di studio scelta, quindi, è il versante sinistro della Val Ridanna. Data la complessa evoluzione del versante, e data la possibile evoluzione sottoforma di collassi improvvisi, si rende necessario operare una caratterizzazione geologica, geomorfologica e geomeccanica di dettaglio, al fine di ottenere il modello geologico-tecnico delle deformazioni riconosciute. Questo lavoro ha come scopo quello di contribuire al completamento della caratterizzazione geomeccanica del versante tramite la realizzazione di stazioni geomeccaniche sia complete che non, eseguite durante il mese di luglio 2011.

In questo elaborato scritto viene inizialmente inquadrata l'area di studio sia dal punto di vista geografico che geologico e geomorfologico (capitoli 1 e 2). Seguirà la descrizione dei materiali e metodi utilizzati per la raccolta e rielaborazione dei dati (capitolo 3). Il capitolo 4 presenta i principali metodi per la classificazione degli ammassi rocciosi. Il capitolo 5 mostra una descrizione più in dettaglio del versante sinistro della Val Ridanna. Le tabelle con i dati raccolti in campagna e la loro relativa analisi vengono mostrate nel capitolo 6. Infine, nel capitolo 7 vengono proposti i principali risultati ottenuti.

1. Inquadramento Geografico

La Val Ridanna è una piccola valle a direzione circa est-ovest, della lunghezza di circa 18 km che inizia ad ovest dell'abitato di Vipiteno, in Trentino Alto Adige. Essa è limitata a Nord-Ovest dalla località di Masseria (Maiern), a Sud-Est dal paese di Stanga (Stange), ad Est dal paese di Vipiteno ed è attraversata dal torrente Rio Ridanna. Quest'ultimo drena l'intera valle ed il proprio bacino imbrifero si estende per 212 km², presentando il massimo rilievo ad un'altitudine di 3471 m (Cima Sonklar). Il Rio Ridanna è un affluente di destra del fiume Isarco e la confluenza con quest'ultimo si trova nei pressi dell'abitato di Vipiteno, a circa 25 km dall'area di sorgente.

L'area oggetto del presente lavoro comprende l'intero versante sinistro della valle a partire dalla località "Opificio" sino all'abitato di Telves (Fig. 1).



Fig.1

2. Inquadramento geologico e geomorfologico

Considerata nel contesto regionale, l'area di studio si colloca all'interno della falda Austroalpina dell'orogeno Alpino, a sud-ovest rispetto ad uno dei principali lineamenti tettonici della catena alpina, la Linea del Brennero. In tale settore della catena, la falda Austroalpina è costituita principalmente da quattro complessi principali: il Complesso dell'Ötztal-Stubai, il Complesso dello Schneeberg/Monteneve, il Gruppo del Tessa-Racines ed il complesso dell'Ortles-Campo (Fig.2).

Considerando nello specifico il versante oggetto di indagine, esso è costituito dalle seguenti unità:

- Complesso dell'Ötztal-Stubai : costituito prevalentemente da paragneiss, con micascisti, ortogneiss e metabasiti (anfiboliti e gneiss anfibolici) intercalati.
- Complesso dello Schneeberg/Monteneve : nell'area di interesse esso è costituito prevalentemente da micascisti a granati in facies anfibolitica con intercalazioni di marmi e quarziti.
- Complesso delle Cime Bianche di Telves: unità dolomitiche non metamorfosate facenti parte del cosiddetto "Mesozoico del Brennero".

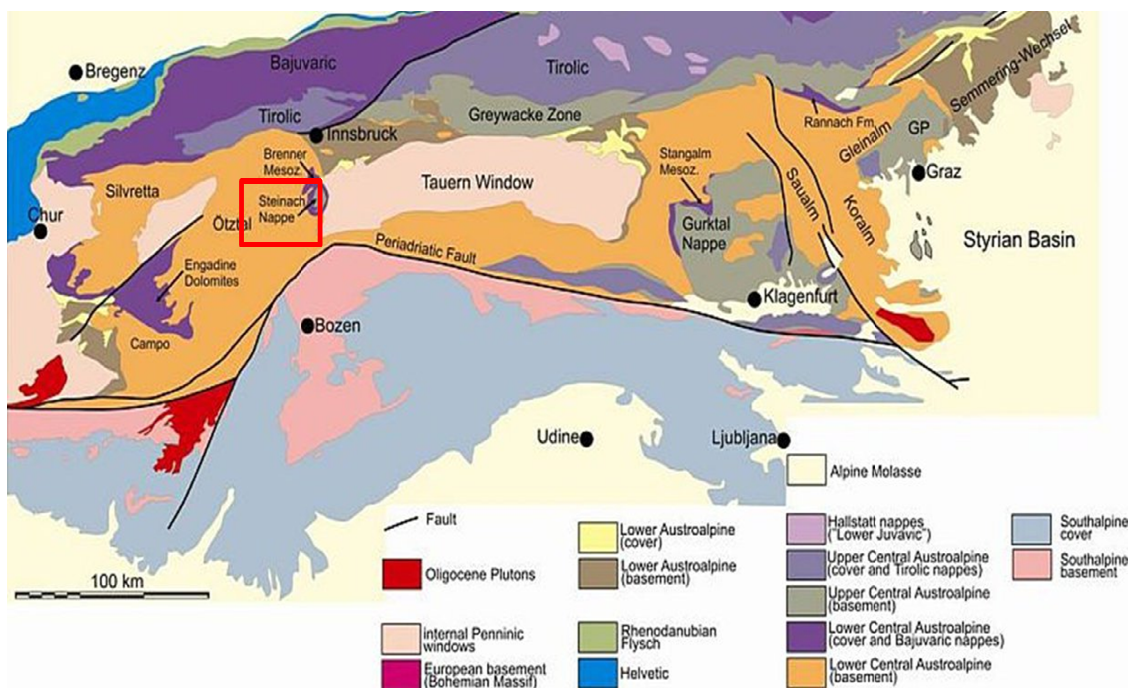


Fig.2: Schema strutturale delle Alpi Orientali

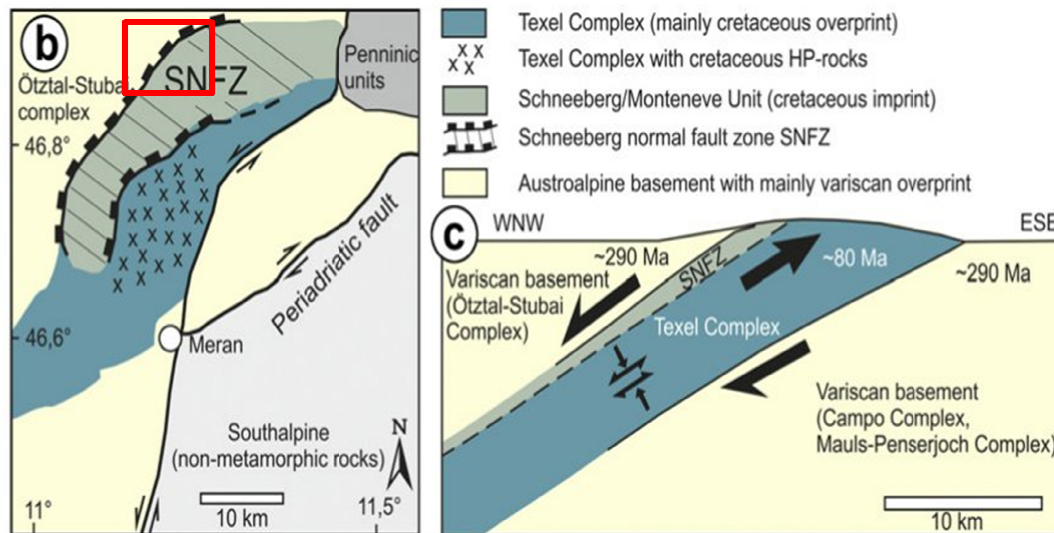


Fig.3: modello schematico dell'esumazione cretacea delle unità di alta pressione del complesso del Tessa-Racines. Da Bestmann et al., 2011 modificato)

Dal punto di vista geodinamico, l'area si colloca in corrispondenza di una importante zona di taglio duttile di età cretacea, la Schneeberg Normal Fault Zone (SNFZ di seguito nel testo, Sölva et al., 2005). Tale zona di shear, avente uno spessore di circa 4-5 km, rappresenta il settore di tetto di una più grande fascia deformativa di direzione SW-NE di età Eoalpina. La SNFZ separa le rocce di basamento di età pre-alpina (Complesso dell' Ötztal-Stubai) con le rocce cretacee di alta pressione (eclogiti del Complesso di Tessa-Racines)(Sölva et al., 2005; Bestmann et al., 2010).

Secondo le datazioni radiometriche Sm-Nd eseguite sui granati della SNFZ e nelle eclogiti del complesso Tessa-Racines, il processo esumativo ebbe inizio circa 95 Ma fa (Sölva et al., 2005).

2.1 Assetto geomorfologico

La Val Ridanna è una tipica valle glaciale, come testimoniato dal suo profilo trasversale ad U e dalla presenza, su entrambi i fianchi, di circhi glaciali, forme di erosione glaciale (conche di sovra escavazione e rocce montonate) e da accumuli glaciali che si estendono dalla quota di 1070 m (in prossimità dell'abitato di Telves) sino a 2300m di quota circa. All'interno dei circhi glaciali, differenti Rock Glacier caratterizzano le conche di sovrascavazione, soprattutto lungo il versante sinistro della valle. L'elemento geomorfologico principale presente nella valle è dato da un collasso gravitativo di grandi dimensioni avente le caratteristiche tipiche di una

Rock Avalanche. Tale fenomeno ha provocato la chiusura della valle, inducendo la formazione di un lago a monte, attualmente testimoniato dalla presenza di depositi lacustri tra l'accumulo e la chiusura della valle.

3. Materiali e metodi

3.1 Basi topografiche

Le basi topografiche utilizzate per le attività previste per questa tesi sono le Carte Tecniche Provinciali della Provincia Autonoma di Bolzano alla scala 1:10.000, relative all'area della Val Ridanna, liberamente scaricabili dal sito internet della Provincia Autonoma di Bolzano.

3.2 Ortofoto

Assieme alle CTP, per le analisi in remoto sono state utilizzate ortofoto digitali a colori in scala 1:10.000 (risoluzione di 1m al suolo). Esse derivano da riprese aeree eseguite nell'estate del 2006 e commissionate dalla Provincia Autonoma di Bolzano. In aggiunta, si sono utilizzate anche foto aeree derivanti dalle riprese eseguite durante il 2003 nell'ambito delle attività di ricerca finalizzate alla realizzazione del Tunnel di Base del Brennero, e gentilmente concesse dalla ripartizione Informatica della Provincia Autonoma di Bolzano

3.3 Basi topografiche lidar

Una miglior analisi del rilievo è stata possibile grazie all'utilizzo del modello digitale del terreno generato da immagini LIDAR, liberamente scaricabili dal portale cartografico della Provincia Autonoma di Bolzano. La risoluzione al pixel del DTM-LiDAR utilizzato è variabile sia a seconda della posizione delle aree rispetto a luoghi sensibili (centri urbani, coperte da carta tecnica 1:5000), sia sulla base della loro altitudine:

- a) Le zone mappate della carta tecnica 1:5000, risoluzione al pixel di 2.5m x 2.5m.
- b) Le zone non mappate al di sotto dei 2.000 m sul livello del mare, risoluzione al pixel di 5mx5m.
- c) Aree con altitudine superiore ai 2000 m sul livello del mare, risoluzione al pixel di 5mx5m.

3.4 Il rilievo geomeccanico

Con il termine di ammasso roccioso si intende l'insieme delle porzioni di roccia intatta e dei piani di discontinuità (fratture, giunti, faglie, etc). Il rilievo geomeccanico è una tecnica di indagine di campagna atta alla caratterizzazione fisico-meccanica degli ammassi rocciosi.

Esso permette quindi di fornire una caratterizzare gli ammassi rocciosi, sia tramite il metodo della linea di scansione (scanline) che con prove "volanti".

L'esecuzione di una prova geomeccanica attraverso il metodo della linea di scansione fornirà una più completa descrizione dell'ammasso roccioso, ma è condizionata dalla presenza di affioramenti di dimensioni tali da permettere la raccolta di dati statisticamente utili per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso. (stendimento di almeno 5m di lunghezza).

Per affioramenti di dimensioni ridotte, è possibile eseguire il rilievo geomeccanico attraverso prove definite "volanti" eseguite senza l'utilizzo della cordella metrica. Di contro forniscono solo valori di resistenza a compressione uniassiale e giaciture dei diversi sistemi. Sono meno complete delle stazioni Geomeccaniche, ma permettono, grazie alla loro rapidità esecutiva un maggior numero di prove, nonostante la non-sistematicità della raccolta dei dati relativi ai parametri propri delle discontinuità.

I parametri che vengono presi in considerazione per una caratterizzazione di un ammasso roccioso sono:

- Intersezione
- Giacitura
- Spaziatura dei giunti
- Persistenza
- Terminazione
- Rugosità
- Apertura
- Riempimento
- Resistenza a compressione delle discontinuità

4. Classificazioni degli ammassi rocciosi

Passo successivo alla caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità, prevede la definizione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso considerato. Per raggiungere tale obiettivo è necessario utilizzare alcuni schemi di classificazione qualitativa e quantitativa dell'ammasso roccioso.

I sistemi di classificazione utilizzati in questo lavoro sono i seguenti:

- Rock Quality Designation (RQD)
- Rock Mass Rating (RMR)
- Slope Mass Rating SMR
- Geological Strength Index (GSI)
- Parametro classificativo di Barton (Q)

4.1 Rock quality designation Index (RQD)

E' stato uno dei primi metodi di classificazione dell'ammasso roccioso. Esso viene definito come il rapporto tra la sommatoria delle porzioni di roccia intera di dimensione maggiore a 0,1m (L_c), fratto la lunghezza totale della scanline (L_t) moltiplicato a 100

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

4.2 Rock Mass Rating (RMR)

La classificazione di Beniaowski, nota anche come "Rock Mass Rating (RMR) System", è stata sviluppata a partire dagli anni 1972-1973 per gallerie e rocce competenti fratturate.

Il valore di RMR viene dato da:

$$RMR = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Dove

A1 valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 valore numerico derivato delle condizioni delle discontinuità

A5 valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Nella pratica si usa differenziare:

$$RMR_{asciutto} = RMR_a = A1 + A2 + A3 + A4$$

$$RMR_{di\ base} = RMR_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$RMR_{corretto} = RMR_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Durante le indagini di campagna è stato utilizzato l' RMR_b .

I valori di RMR_a e di RMR_b vanno calcolati considerando i valori relativi a tutte le famiglie di discontinuità presenti.

4.3 Slope Mass Rating (SMR)

Il metodo SMR ha dato un importante contributo per l'applicare la classificazione degli ammassi rocciosi a versanti in roccia ed ha rapidamente raggiunto un utilizzo universale.

Sviluppato da Romana nel 1985, esso propone di sommare al valore di RMR_b , alcuni fattori di correzione, sulla base dell'orientamento relativo fra le discontinuità ed il fronte del versante, aggiungendo infine un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$SMR = RMR (di\ base) + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Il fattore di aggiustamento relativo all'orientamento è dato dal prodotto di tre fattori:

F1: dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti; presenta valori variabili tra 1 e 0,15.

F2: riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare; presenta valori variabili tra 1 e 0,15.

F3: mantiene le relazioni proposte da Bieniawski per l'inclinazione tra fronte e giunti (tutti i valori sono negativi)

F4: rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo e viene fissato empiricamente.

Come per l'RMR, l'SMR viene calcolato considerando i valori relativi a tutte le famiglie.

4.4 Geological Strength Index (GSI)

Il concetto sviluppato da Hoek (Hoek&Marinos, 2000) e che è alla base del GSI (Geological Strength Index) combina l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, per arrivare ad un valore indice, che non viene indicato come valore univoco ma attraverso un range, che permetta il suo utilizzo per una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso.

Il GSI vede la sua valutazione affidata all'utilizzo di un grafico (Fig. 4) dove le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico sono intercorrelate con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura.

Tale intercorrelazione permette di assegnare i valori di GSI.

L'assunzione di base del sistema, estendibile anche ad altri sistemi di classificazione, quali Q, RMR, SMR, è che l'ammasso si comporta in maniera isotropa.

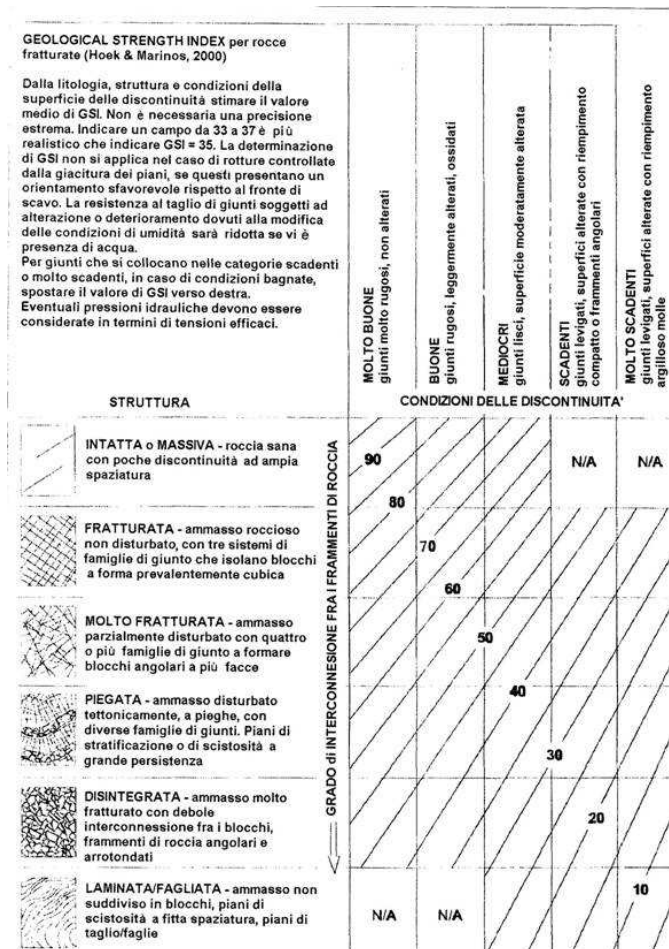


Fig.4: La classificazione GSI

4.5 Parametro classificativo di Barton (Q)

La classificazione di Barton ha lo scopo di fornire una valutazione qualitativa dell'ammasso roccioso.

Il valore di Q viene calcolato dalla:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SFR}$$

I valori indice sono:

RQD, che tiene conto della suddivisione della massa rocciosa.

J_n (Joint Set Number), che dipende dal numero di famiglie dei giunti presenti nell'ammasso roccioso.

J_r (Joint Roughness Number), che dipende dalla rugosità della famiglia più sfavorevole

Ja (Joint Alteration Number), che dipende dal grado di alterazione delle fratture, dallo spessore e dalla natura del riempimento, e che viene ugualmente determinato sulla famiglia più sfavorevole.

Jw (Joint Water Number), che dipende dalle condizioni idrogeologiche.

SFR (Stress Reduction Factor) che è in funzione dello stato tensionale in rocce massive o dal disturbo tettonico.

Nell'equazione di Q, il primo quoziente ($\frac{RQD}{J_n}$) è rappresentativo della dimensione dei blocchi isolati del sistema fratturativo, il secondo ($\frac{J_r}{J_a}$) è rappresentativo della resistenza d'attrito disponibile nei blocchi, il terzo ($\frac{J_w}{SFR}$) tiene conto dell'influenza della circolazione d'acqua nell'ammasso e dello stato tensionale al contorno.

5. Il Versante sinistro della Val Ridanna

Il versante sinistro della Val Ridanna è modellato all'interno delle unità metamorfiche dei complessi dell' Ötztal-Stubai e di Monteneve. Entrambi mostrano una scistosità regionale immergente a basso angolo verso N-NW. Essi sono separati da un contatto tettonico di tipo fragile, di probabile età creatacea, caratterizzato dalla presenza di faglie costituite da ultracataclasiti compatte, a giacitura concorde con la scistosità regionale.

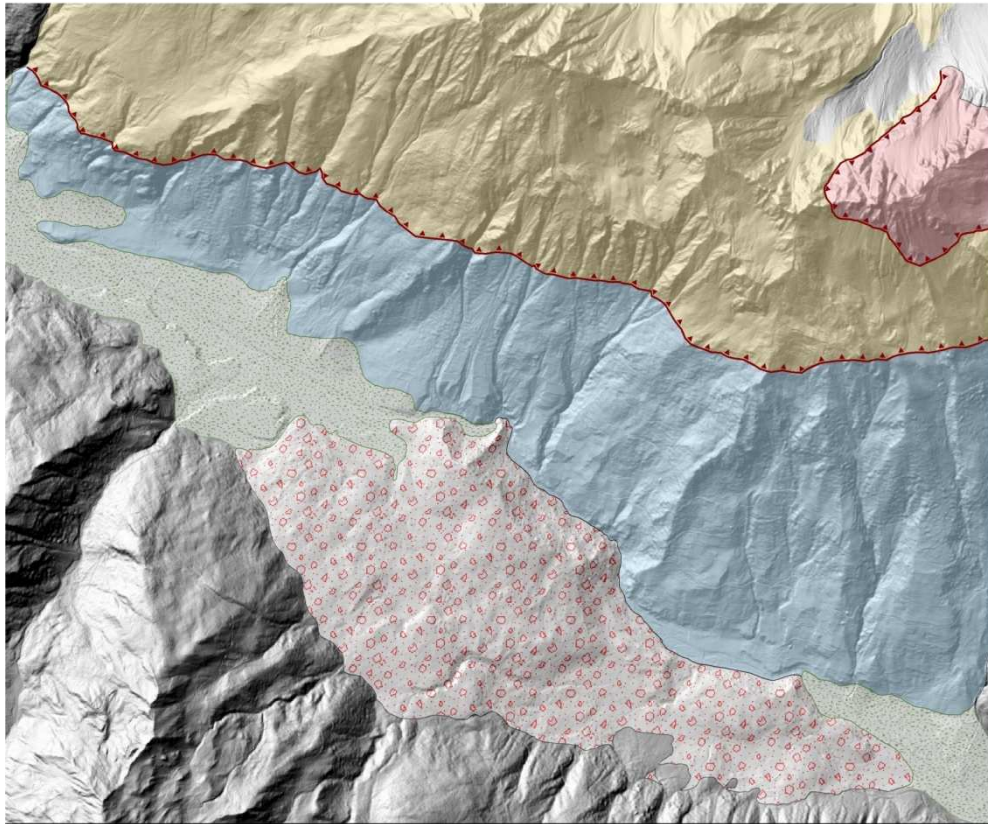


Fig.5 Versante sinistro della Val Ridanna e relativa suddivisione geologica dei complessi, segnato in azzurro il complesso Monteneve, in giallo il complesso Ötztal-Stubai ed in rosa il complesso delle cime bianche di Telves e puntinato l'accumulo della Rock Avalanche

Come anticipato in precedenza, l'elemento morfologico principale della valle è dato dalla Rock Avalanche di Ridanna. Tale fenomeno presenta un volume di accumulo di circa 0.6 km^3 , copre un'area di circa 2.4 km^2 , la cui zona di coronamento, posta sul versante sinistro della valle, ha una lunghezza di circa 2 km. Le datazioni al radiocarbonio eseguite sulle successioni lacustri mostrano un'età di 8865 ± 50 (Ostermann, 2010). Tale dato non indica però l'età del collasso in quanto la datazione è stata eseguita su livelli organici posti all'interno della sequenza lacustre

e non alla sua base. In aggiunta, le coperture glaciali relative all'Ultimo Massimo Glaciale sono presenti lungo il versante sinistro solo a monte ed a valle della RA, mentre non si rinvencono all'interno dell'area affetta dal fenomeno. Tale condizione unita alle datazioni radiometriche sopracitate, permettono di collocare il fenomeno nell'intervallo temporale tra l'UMG e gli 8865 ± 50 anni. L'importanza di questo fenomeno è testimoniata dall'attuale attività deformativa interessante l'area di coronamento della RA. Scarpate, controscarpate e trenches caratterizzano l'area di coronamento (Fig. 6, 8),

Dalle analisi in remoto del DTM-lidar, unite ad indagini di campagna, si evidenzia come il versante in studio sia caratterizzato anche da altri fenomeni di deformazioni gravitativa profonda che interessano le aree poste ad est ed ovest rispetto alla RA (Fig. 7). Tali deformazioni sono ben riconoscibili poichè il versante, soprattutto nel settore ad ovest della RA, è pervasivamente interessato da morfostrutture quali scarpate, controscarpate e trenches (Fig.8).

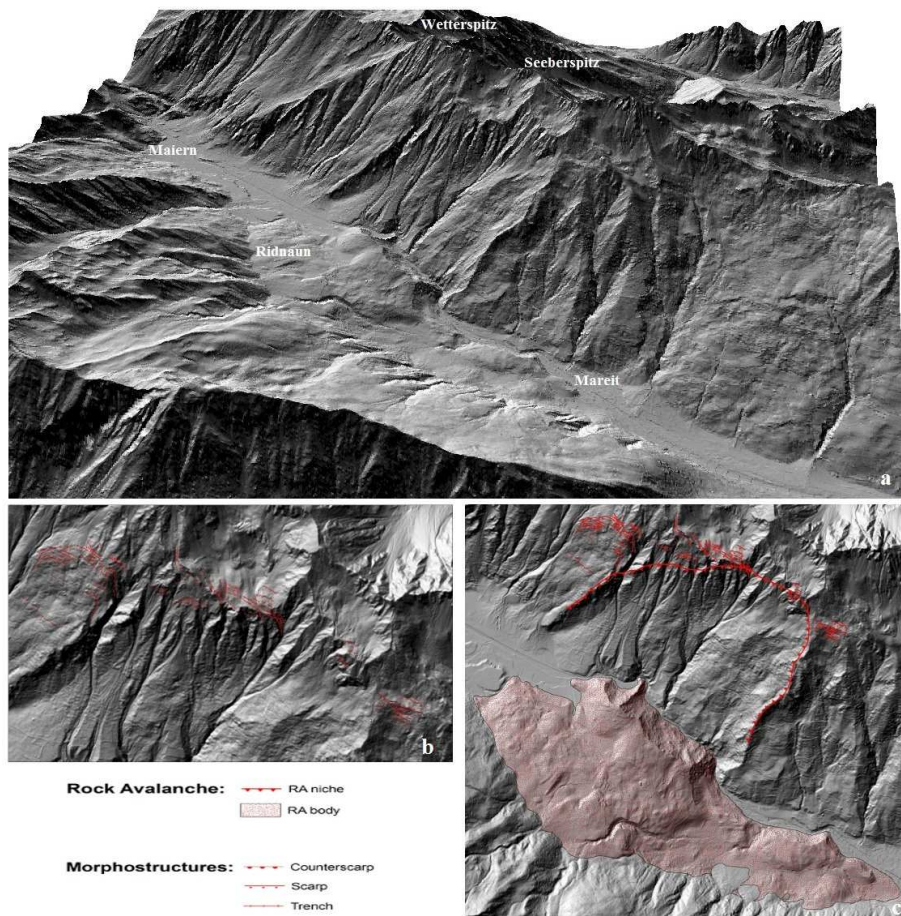


Fig.6 immagine lidar del versante sinistro della Val Ridanna con la rappresentazione delle scarpate, contro scarpate e trenches nell'area del coronamento

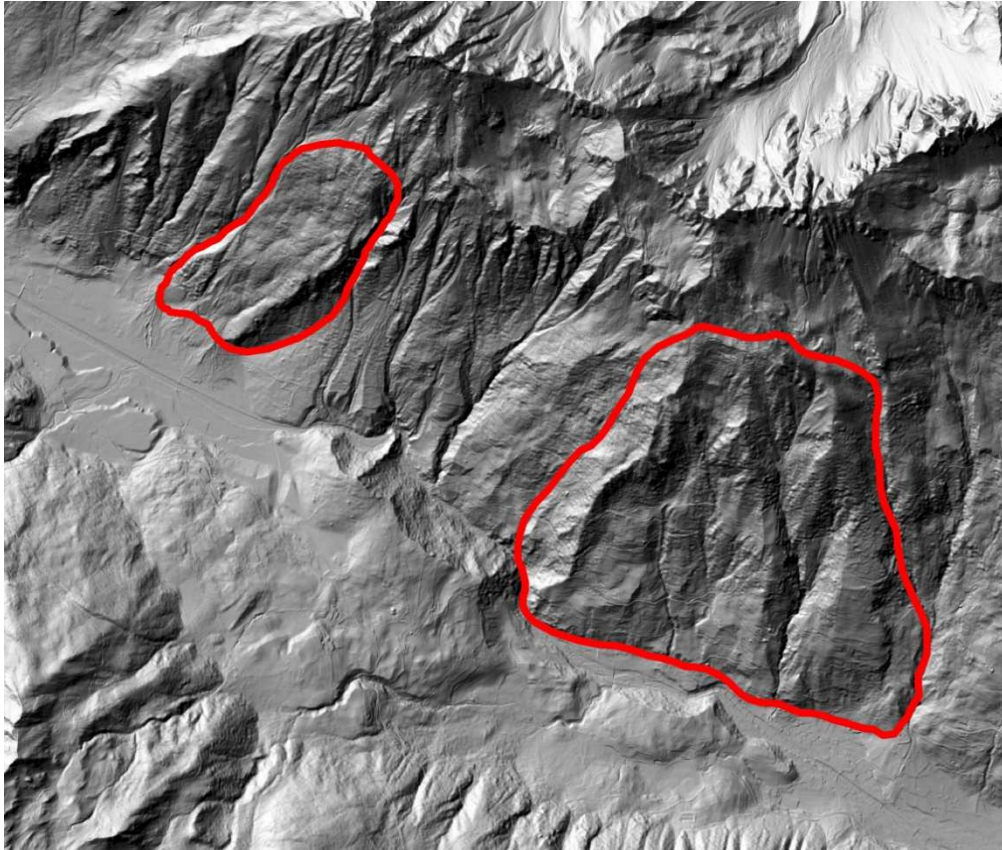


Fig. 7: localizzazione delle due Deformazioni Gravitative Profonde di Versante riconosciute ad ovest ed est rispetto alla RA.

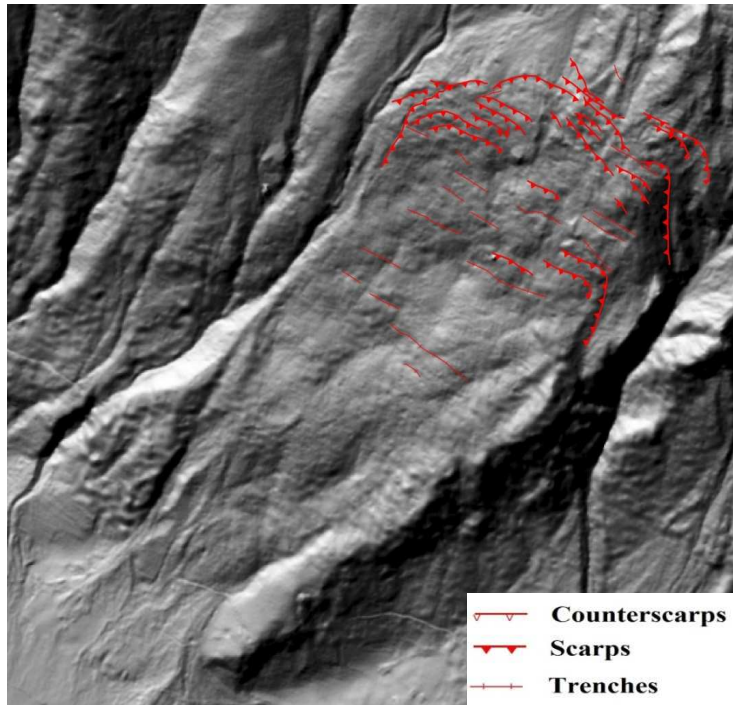


Fig.8: Deformazione Gravitative Profonda posta ad ovest della RA; si noti la presenza di scarpate controscarpate e trenches che complicano la topografia.

6. Analisi dei dati

La caratterizzazione geomeccanica del versante sinistro della Val Ridanna da parte del gruppo di ricerca di geologia applicata del Dipartimento di Geoscienze, ha previsto fino ad ora la realizzazione di 18 stazioni geomeccaniche complete (metodo della linea di scansione) e 17 stazioni geomeccaniche "volanti" (Fig.8).

Delle trentacinque stazioni geomeccaniche complessivamente eseguite, io ho preso parte alla realizzazione di sei di queste (3 stazioni complete e 3 volanti). Esse sono state effettuate sia su affioramenti posti sul versante sinistro della Val Ridanna, sia in aree all'interno dell' accumulo della Rock Avalanche. In particolare, le tre stazioni complete sono state eseguite all'interno del Complesso di Monteneve: le stazioni definite dal codice GMDR16 e la GMDR17 hanno interessato affioramenti di micascisti a granati posti poco ad ovest del fianco della RA, mentre la stazione GMDR18 ha interessato affioramenti sempre di micascisti a granati all'interno della zona di accumulo della Rock Avalanche (Fig.9).

Per ogni affioramento, sia che esso fosse poi adatto per l'esecuzione di stazioni geomeccaniche complete, che volanti, è stato valutato il valore di GSI sulla base delle condizioni di fratturazione e alterazione dell'ammasso.

La rielaborazione dei dati di campagna delle tre stazioni con scanline ha portato ad una caratterizzazione dei parametri principali dell'ammasso roccioso, sia in termini qualitativi che classificativi. Essi sono presentati, per ogni stazione svolta, nelle tabelle 1, 2 e 3.

Per quanto riguarda invece le stazioni "volanti", è stato possibile ottenere unicamente i valori di JCS per le discontinuità riconosciute ed i valori di GSI dell'ammasso roccioso (Tabelle 4, 5, 6).

Come già accennato in precedenza, ad ogni affioramento incontrato durante il rilievo di campagna è stato assegnato un valore di GSI. Considerando i valori da me assegnati ed integrandoli ad i valori dello stesso parametro assegnati durante le campagne di rilevamento geologico e geomeccanico precedentemente eseguite sul versante sinistro della valle, è stato possibile creare una mappa di distribuzione del parametro GSI lungo il versante (Allegato 3). L'assegnazione del valore di GSI ad un ammasso roccioso è fortemente condizionata dalla presenza di affioramenti

significativi. Per tal motivo, l'assenza di valori in ampie aree della carta (allegato 3) deriva unicamente dalla scarsità di affioramenti presenti.

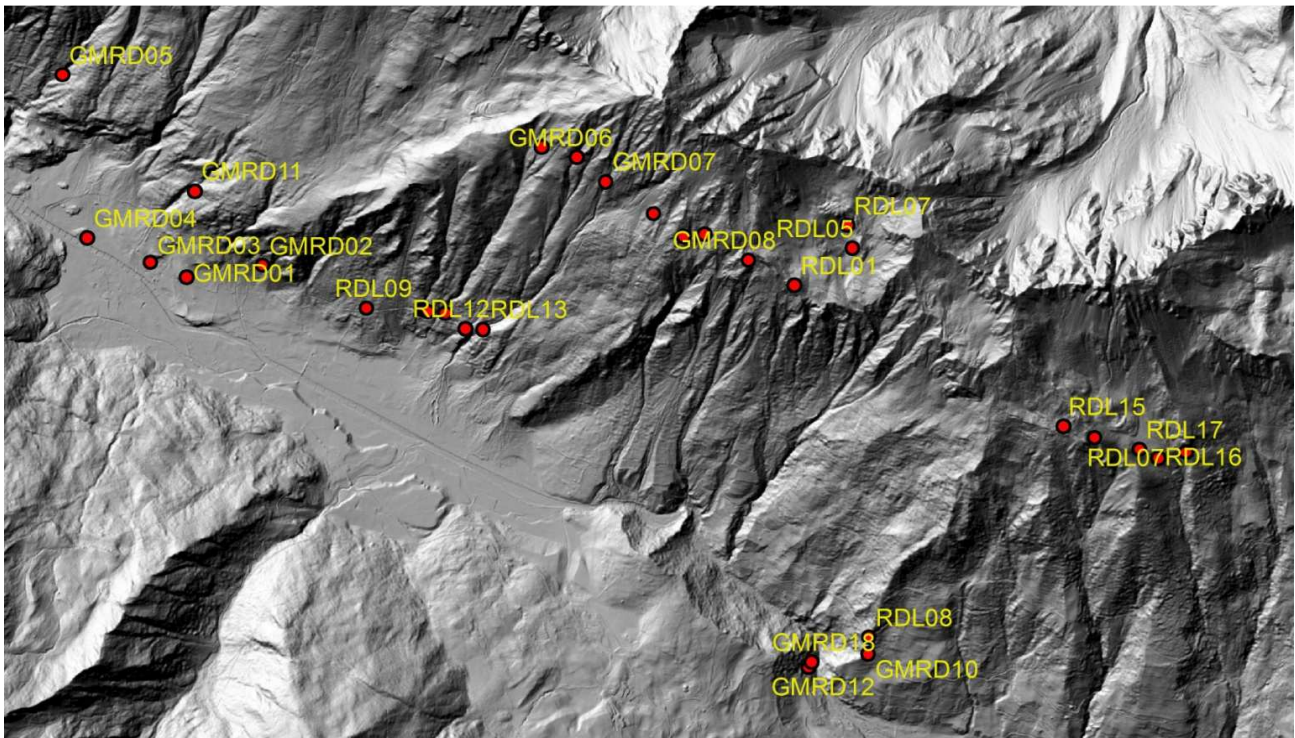


Fig. 8: distribuzione delle stazioni geomeccaniche complessivamente eseguite fino a questo momento lungo il versante sinistro della Val Ridanna

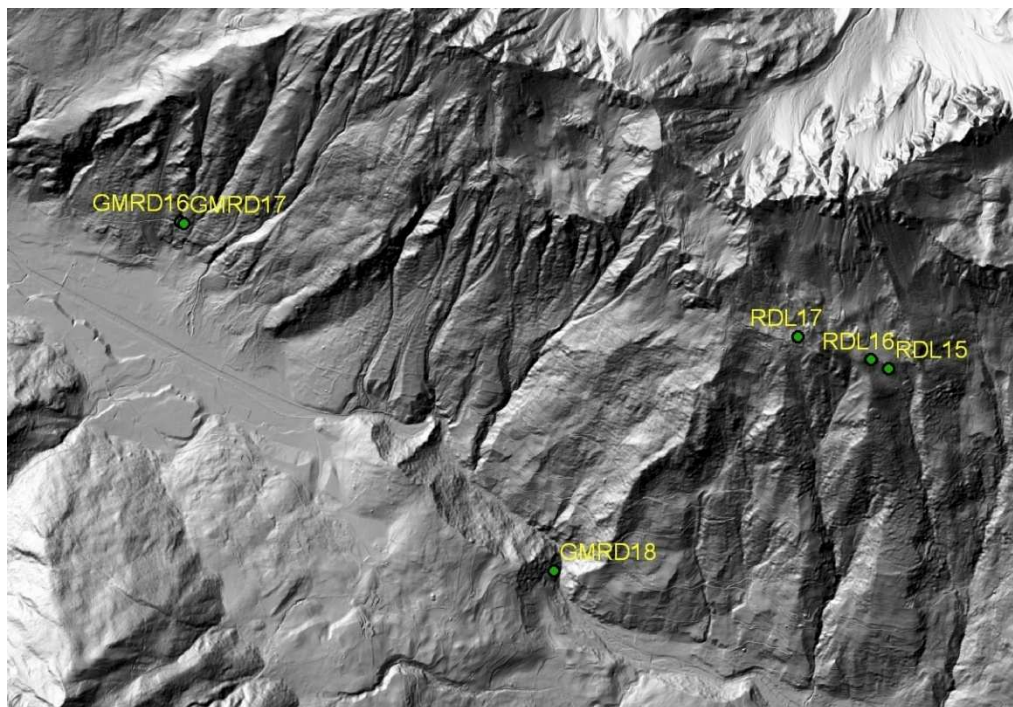



Fig. 9: localizzazione delle 6 stazioni geomeccaniche da me eseguite

Tabella 1

Codice GMRD16

Data	06/07/2011
E UTM	675333,118
N UTM	5198976,467
Quota	1500m slm

Località	Strada forestale di Braunhofe		
Complesso	Monteneve		
Unità litologica	Micascisto a granati		
			
Tipo di affioramento	scavo	Altezza	3,5m
Giacitura dell'affioramento	250/70	Lunghezza	15,0m
Giacitura scanline	338/05	Lunghezza	5,0m
Giacitura scistosità generale	276/14	Deviazione	5°
N° sistemi di discontinuità	5		

Struttura	R1 Massiccia	R2 Stratificata	R3 Scistosa	WR1 semicoerente	WR2 Altemanze
Alterazione	F(W1) Inalterata	SW(W2) Deb. alterata decolorata	MW(W3) Mod. alterata <50% decomp.	HW(W4) Fort. Alterata <50% decomp.	CW(W5) Completamente alterata

Diagramma Densità

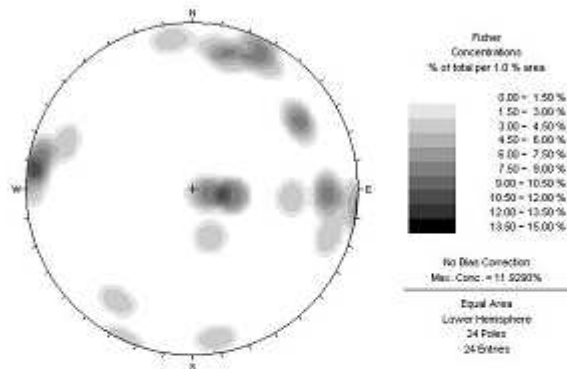
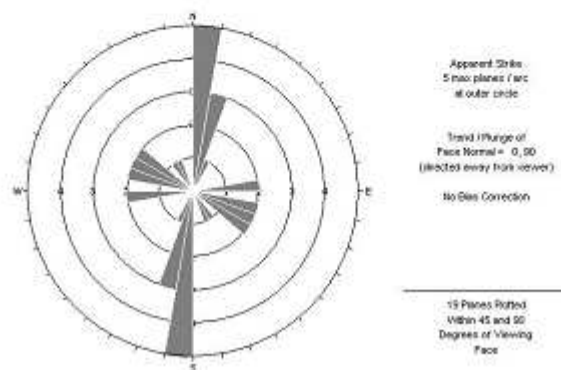
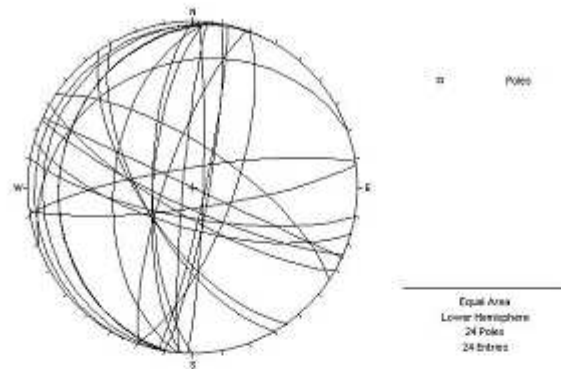


Diagramma a rose



Ciclografiche delle famiglie principali



tipo	famiglia	Inclinazione/ inclinazione (°)	Spaziatura normale ai set (m)	semitraccia (cm)	terminazione	Apertura (cm)	riempimento	alterazione	Condizioni idrogeologiche	JRC	JCS (MPa)
8	I	276/14	0,08	/	O	chiusa	assente	moderata	asciutto	/	17,2
2	II	096/85	0,76	35	A	chiusa	assente	moderata	asciutto	/	59,7
2	III	205/78	0,43	50	O/A	chiusa	assente	moderata	asciutto	12-14	18,4
2	IV	238/63	0,11	10	O/A	chiusa	assente	moderata	asciutto	/	15,0
2	V	270/69	0,25	30	O/A	chiusa	assente	moderata	asciutto	10-12	23,9

Terminazione:

I = in roccia intatta, A = contro un'altra frattura, O = fuori affioramento

Tipo:

1 = faglia, 2 = giunto, 3 = clivaggio, 4 = scistosità, 5 = taglio, 6 = vena, 7 = trazione, 8 = foliazione

9 = stratificazione, 10 = stilolite

Riempimento

I = incoerente, C = coesivo, S = coesivo rigonfiante, Cm = cementato, Ca = calcite, Q = quarzo

T = talco, G = gesso


Caratteristiche della roccia		Peso di volume: 26KN/m ³	
Parametri dell'ammasso roccioso	RQD	Deere, 1964	93,2
		Palmstrom, 2005	35,41
		Priest&Hudson, 1981	90,98
	SMR		35,0
	Q		0,682347

GSI	30-35(criterio di Hoek)
	50 (calcolato da RMR)

Tabella 2

Codice GMRD17

Data	06/07/2011
E UTM	675348,669
N UTM	5198969,748
Quota	1500m slm

Località	S trada forestale di Braunhofe		
Complesso	Monteneve		
Unità litologica	Micascisto a granati		
			
Tipo di affioramento	scavo		
Giacitura dell'affioramento	234/82	Altezza	4,0m
		Lunghezza	15,0m
Giacitura scanline	136/05	Lunghezza	5,2m
		Deviazione	5°
Giacitura scistosità generale	290/33		
N° sistemi di	4		

Struttura	R1 Massiccia	R2 Stratificata	R3 Scistosa	WR1 semicoerente	WR2 Altermanze
Alterazione	F(W1) Inalterata	SW(W2) Deb. alterata decolorata	MW(W3) Mod. alterata <50% decomp.	HW(W4) Fort. Alterata <50% decomp.	CW(W5) Completamente alterata

Diagramma Densità

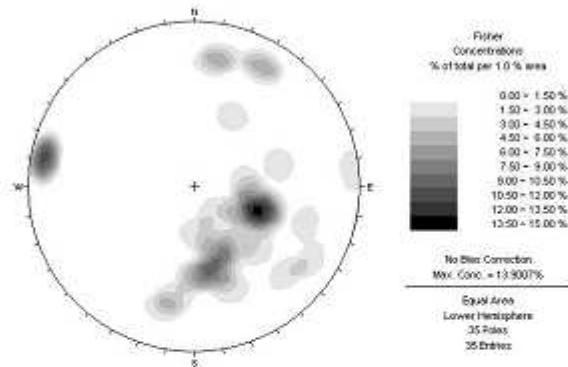
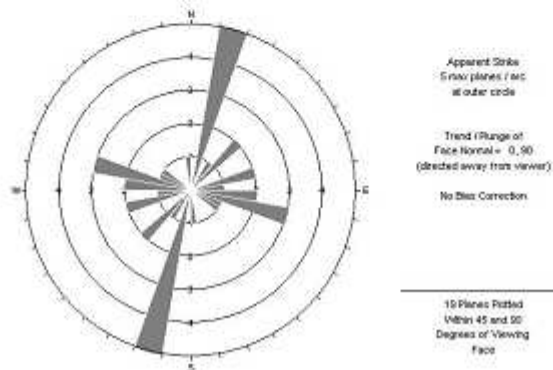
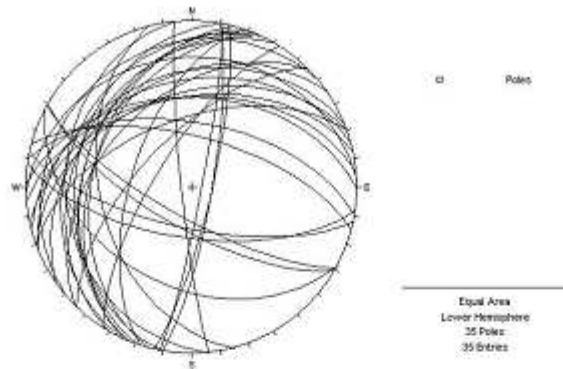


Diagramma a rose



Ciclografiche delle famiglie principali



tipo	famiglia	Inclinazione inclinazione (°)	Spaziatura normale ai set (m)	senitraccia (cm)	terminazione	Apertura (cm)	riempimento	alterazione	Condizioni idrogeologiche	JRC	JCS (MPa)
8	I	290/33	0,13	/	O	chiusa	assente	moderata	asciutto	/	8,3
8/2	II	349/40	0,23	70	O	0-1	I	moderata	asciutto	/	5,8
2	III	100/80	0,60	30	I/A	0-2	I	moderata	asciutto	/	/
2	IV	209/71	0,12	70	A	chiusa	assente	moderata	asciutto	16/18/	13,8

Terminazione:

I = in roccia intatta, A = contro un'altra frattura, O = fuori affioramento

Tipo:

1 = faglia, 2 = giunto, 3 = clivaggio, 4 = scistosità, 5 = taglio, 6 = vena, 7 = trazione, 8 = foliazione

9 = stratificazione, 10 = stilolite

Riempimento

I = incoerente, C = coesivo, S = coesivo rigonfiante, Cm = cementato, Ca = calcite, Q = quarzo

T = talco, G = gesso

Caratteristiche della roccia	Peso di volume: 26KN/m ³
-------------------------------------	-------------------------------------


Parametri dell'ammasso roccioso	RQD	Deere, 1964	87,5
		Palmstrom, 2005	49,4
		Priest&Hudson, 1981	85,35
	SMR		54,0
	Q		1,177827

GSI	30-35 (criterio di Hoek) 57 (calcolato da RMR)
------------	---

Tabella 3

Codice GMRD18

Data	07/07/2011
E UTM	677438,015
N UTM	5197001,397
Quota	1204m s.l.m.

Località	Bosco sopra Mareta		
Complesso	Monteneve		
Unità litologica	Micascisto a granati		
			
Tipo di affioramento	accumulo		
Giacitura dell'affioramento	075/45	Altezza	5,0m
		Lunghezza	15,0m
Giacitura scanline	165/10	Lunghezza	3,5m
		Deviazione	3°
Giacitura scistosità generale	004/53		
N° sistemi di discontinuità	5		

Struttura	R1 Massiccia	R2 Stratificata	R3 Scistosa	WR1 semicoerente	WR2 Alteranze
Alterazione	F(W1) Inalterata	SW(W2) Deb. alterata decolorata	MW(W3) Mod. alterata <50% decomp.	HW(W4) Fort Alterata <50% decomp.	CW(W5) Completamente alterata

Diagramma Densità

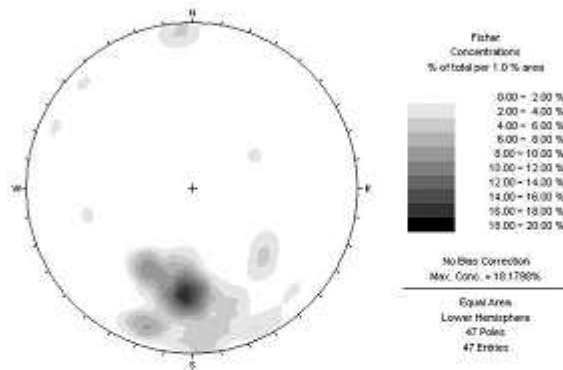
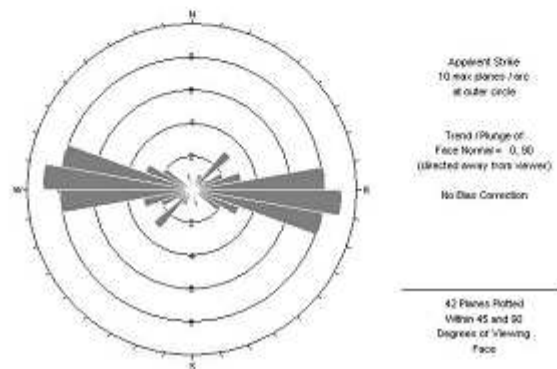
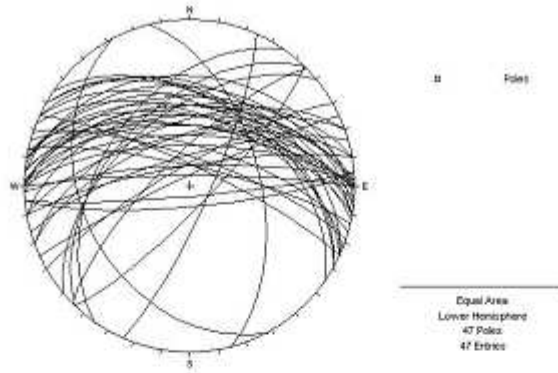


Diagramma a rose



Ciclografiche delle famiglie principali



tipo	famiglia	Inclinazione/ inclinazione (°)	Spaziatura normale ai set (m)	semiraia (cm)	terminazione	Apertura (cm)	riempimento	alterazione	Condizioni idrogeologiche	JRC	JCS (MPa)
8	I	004/53	0,08	/	O	chiusa	assente	Alta	asciutto	/	18,7
2	II	027/46	0,05	/	O	chiusa	assente	Alta	asciutto	/	21,3
2	III	314/49	0,92	60	O/A	chiusa	assente	Alta	asciutto	/	55,0
2	IV	175/84	0,08	/	/	chiusa	assente	Alta	asciutto	/	/
2	V	017/76	0,10	30	/	chiusa	assente	Alta	asciutto	/	/

Terminazione:

I = in roccia intatta, A = contro un'altra frattura, O = fuori affioramento

Tipo:

1 = faglia, 2 = giunto, 3 = clivaggio, 4 = scistosità, 5 = taglio, 6 = vena, 7 = trazione, 8 = foliazione
9 = stratificazione, 10 = stilolite

Riempimento

I = incoerente, C = coesivo, S = coesivo rigonfiante, Cm = cementato, Ca = calcite, Q = quarzo
T = talco, G = gesso

Caratteristiche della roccia	Peso di volume: 26KN/m ³
-------------------------------------	-------------------------------------

Parametri dell'ammasso roccioso	RQD	Deere, 1964	56,86
			Palmstrom, 2005
		Priest&Hudson, 1981	71,45
	SMR		69
	Q		1,269972

GSI	30-35 (criterio di Hoek) 57 (calcolato da RMR)
------------	---

Tabella 4

Codice RDL 15

Data	08/07/2011
E UTM	679345,008
N UTM	5198139,506
Quota	1990m slm

Località	Altavia della Ridanna
Complesso	Monteneve
Unità litologica	Micasisto a granati
Tipo di affioramento	naturale
Giacitura scistosità generale	192/16
N° sistemi di discontinuità	5

Discontinuità	Inneazione/ inclinazione (°)	JRC	JCS (MPa)
K1	192/16	/	42
K2	100/80		72
K3	114/25		
K4	275/80		36
K5	268/52		51

Caratteristiche della roccia	
GSI	15-20 (criterio di Hoek)

Peso di volume: 26KN/m³

Tabella 5

Codice RDL 16

Data	08/07/2011
E UTM	679250,788
N UTM	5198197,833
Quota	2037m slm

Località		Altavia della Ridanna	
Complesso		Otzal-stubai	
Unità litologica		Paragneiss	
Tipo di affioramento		naturale	
Giacitura scistosità generale		/	
N° sistemi di discontinuità		5	
Discontinuità	Innersioni/ inclinazione (°)	JRC	JCS (MPa)
K1	185/82	/	65
K2	157/60		113
K3	223/89		94
K4	202/30		57
K5	129/35		24
Caratteristiche della roccia			
GSI	35-40 (criterio di Hoek)		

Peso di volume: 27KN/m³

Tabella 6

Codice RDL 17

Data	08/07/2011
E UTM	678824,553
N UTM	5198318,973
Quota	2116m slm

Località		Altavia della Ridanna	
Complesso		Otzal-stubai	
Unità litologica		Paragneiss	
Tipo di affioramento		naturale	
Giacitura scistosità generale		/	
N° sistemi di discontinuità		5	
Discontinuità	Innesi ione/ inclinazione (°)	JRC	JCS (MPa)
K1	236/83	/	87
K2	303/67		126
K3	186/87		83
K4	120/35		90
K5	286/55		146
Caratteristiche della roccia			
GSI	45-50 (criterio di Hoek)		

Peso di volume: 27KN/m³

7. Discussioni e conclusioni

Il versante sinistro della Val Ridanna, modellato sulle unità di basamento della falda Austroalpina dell'orogeno Alpino, mostra evidenze di una complessa evoluzione gravitativa recente.

Il lavoro di tesi si inserisce all'interno di un più ampio progetto di ricerca, concernente l'analisi del comportamento fisico-meccanico delle deformazioni gravitative profonde di versante e di grandi collassi gravitativi a carattere catastrofico.

Questo lavoro ha quindi contribuito a completare la caratterizzazione geomeccanica del versante tramite la realizzazione di 6 stazioni geomeccaniche (3 eseguite con il metodo della linea di scansione e 3 con il metodo della stazione volante).

Unendo i valori di Geological Strength Index (GSI), assegnati durante l'attività di rilevamento, e quelli assegnati durante le campagne di rilevamento precedenti, è stato possibile creare una mappa di distribuzione dell'indice GSI (allegato 3).

La distribuzione spaziale dei valori di GSI sembra seguire un trend preferenziale di tipo N-S. Bassi valori di GSI (20/25 o 15/20) si collocano in corrispondenza della zona di coronamento sia della RA che della DGPV posta ad est della RA stessa. Ciò è dovuto alla presenza di morfostrutture gravitative attive, le quali aumentano il grado di fratturazione dell'ammasso roccioso interessato, peggiorandone la qualità.

Confrontando la mappa in allegato con la fig.5, si nota come la distribuzione dei valori di GSI non risulta essere influenzata dalle litologie costituenti il versante, suggerendo un comportamento meccanico alle deformazioni sostanzialmente omogeneo da parte delle differenti litologie.

In aggiunta, l'andamento circa N-S delle classi di GSI sembra seguire le attuali deformazioni gravitative che interessano attualmente il versante (Allegato 3; fig.7), con i valori più bassi posti in corrispondenza delle zone di coronamento dei fenomeni stessi.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare il prof. R. Genevois per la disponibilità come relatore, e per l'aiuto durante lo svolgimento della tesi.

Un sentito ringraziamento al dott. L. Zorzi che mi ha pazientemente aiutato per tutto il periodo di elaborazione e stesura tesi.

Ringrazio la sig. A. DeFalco ed il prof. L. Secco per avermi accompagnato durante il percorso universitario molto complicato.

Un profondo ringraziamento ai miei genitori Oscar ed Emanuela che mi hanno incoraggiato anche nei momenti più difficili e per aver sempre creduto in me.

Ringrazio molto i miei nonni Elide, Bruno e Fernanda per l'incoraggiamento durante gli ultimi 23 anni.

Ringrazio il mio cane Max per la compagnia e l'aiuto morale in ogni situazione

Ringrazio tantissimo tutti i miei amici che mi hanno sopportato durante tutti questi anni e per essermi sempre stati vicini in ogni situazione.

Non vi posso elencare tutti ma vi voglio bene lo stesso.

Un particolare ringraziamento a tutti i miei fantastici compagni di corso con i quali sono cresciuto e ho imparato moltissimo.

Non posso elencare nemmeno tutti voi ma anche in questo caso vi voglio bene lo stesso

Bibliografia

BESTMANN M., PENNACCHIONI G., GERHARD F., GÖKEN M., DE WALL H. pseudotachylyte in muscovite-bearing quartzite: Coseismic friction-induced melting and plastic deformation of quartz. *Journal of Structural Geology* **33(2011)**, 169-186.

BRUSCHI A., 2004. *Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica*. Dario Flaccovio Editore.

OSTERMANN M.A., SANDERS D., RODNIGHT H., 2010. Three rockslide shaped the valleys around Sterzing/Vipiteno, Northern Italy- EGU General Assembly 2010 abstracts.

MARINOS P., HOEK E., 2000. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation, Proc. GeoEng 2000 Conference, Melbourne. 1422-1442.

SITI INTERNET CONSULTATI

www.provincia.bz.it

www.silverschmidt.com

Appendice

Allegato 1: Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

1. Intersezione

I valori di intersezione corrispondono alla distanza, espressa in metri, tra l'origine della linea di scansione ed il punto di intersezione tra la discontinuità e la linea di scansione stessa.

2. Giacitura

La determinazione della giacitura permette di discriminare discontinuità sistematiche che presenteranno caratteristiche omogenee. Per l'individuazione del numero delle famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso, sarà necessario avere a disposizione un numero statisticamente significativo di giaciture.

3. Spaziatura dei giunti

La spaziatura tra i giunti appartenenti ad uno stesso sistema viene determinata a partire dal valore di intersezione di questi con la linea di scansione.

La misura di questo parametro viene eseguita con una linea perpendicolare ai piani di discontinuità, che solitamente è un'operazione difficilmente eseguibile; per questo motivo, la tendenza comune è quella di misurare la traccia tra le linee di intersezione sull'affioramento corrette successivamente per un valore pari al seno dell'angolo formato dalla direzione del piano di affioramento di misura.

4. Persistenza

Il parametro della persistenza di una discontinuità sulla superficie in affioramento è rappresentato dalla lunghezza della traccia del giunto che lo interseca.

Il comportamento meccanico e la previsione di deformazione dello stesso ammasso è strettamente dipendente dal grado di persistenza delle discontinuità.

La misura della traccia esposta alla vista non permette di stimare quanto il piano si estenda all'interno dell'ammasso roccioso; in realtà tale valutazione dovrebbe essere effettuata tridimensionalmente, considerando l'estensione areale delle discontinuità di una stessa famiglia, giacenti su un piano ideale.

La definizione di persistenza si riferisce alla percentuale di questa superficie occupata dalla discontinuità stessa; le porzioni di roccia integra costituiscono i "ponti in roccia" che nella teoria conferiscono alla superficie un certo grado di coesione.

5. terminazione

La terminazione è un parametro che descrive come si evolve la discontinuità nell'ammasso roccioso, la terminologia proposta è:

- I = in roccia intatta
- A = contro un'altra frattura
- O = fuori affioramento

6. Rugosità

Il Joint Roughness Coefficient (JRC) è una stima della rugosità della discontinuità. Esso viene determinato confrontando il profilo di rugosità del giunto, ricavato appoggiando un profilometro (Pettine di Barton) sulla superficie della discontinuità, con alcuni profili standard proposti da Barton&Choubey (1977). Teoricamente, la direzione lungo la quale va determinata la rugosità deve essere quella coincidente con la direzione di scivolamento del blocco. Se questa non è nota a priori si può utilizzare come direzione di misura quella di immersione del piano di discontinuità o quella parallela alla linea di intersezione tra il piano di discontinuità di interesse e un altro piano di discontinuità adiacente

La rugosità viene definita:

- a gradini
- ondulata
- planare

7. Apertura

Viene definita apertura la distanza misurata perpendicolarmente tra due discontinuità.

8. Riempimento

Il riempimento si posiziona all'interno dell'apertura tra le discontinuità ed è molto importante in quanto influenza il comportamento meccanico del giunto.

Il riempimento potrà essere composto da:

- I = incoerente
- C= coesivo
- Cm = cementato
- Ca = calcite
- Q = quarzo
- T = talco
- G = gesso

9. Resistenza a compressione delle discontinuità

La resistenza a compressione delle discontinuità è un parametro importante per determinare la resistenza al taglio delle discontinuità.

Viene determinato con l'utilizzo dello sclerometro (martello di Schmidt), che permette la determinazione del coefficiente di rimbalzo R offerto dalla superficie analizzata.

Lo strumento deve essere impiegato per quanto possibile su superfici lisce e non vi devono essere fratture nell'immediato intorno del punto di contatto.

Durante le prove in campagna svolte per la mia attività di tesi è stato utilizzato prevalentemente lo sclerometro digitale SilverSchmidt (Proceeq s.r.l.), il quale calcola automaticamente una media dei valori di rimbalzo (definito in questo caso Q) tramite un algoritmo specifico, il quale non viene influenzato dall'inclinazione del martello rispetto alla superficie. Oltre al dato di rimbalzo, tale sclerometro fornisce in automatico anche il valore di Joint Compression Strength (JCS),

rendendo molto più rapida la realizzazione del rilievo e la successiva elaborazione dei dati.

Allegato 2: Procedura di esecuzione di una prova geomeccaniche con metodo della scanline

Per quanto riguarda le 3 stazioni complete eseguite (Fig. 9), la procedura di raccolta dei dati è stata la seguente:

- Si stende la cordella metrica (linea di scansione) della quale verrà presa la giacitura.
- Successivamente si misura la giacitura del piano di affioramento (nel caso sia questo naturale sarà anch'esso un piano di discontinuità).
- Dopo aver individuato la discontinuità viene misurata la distanza tra l'origine della linea di scansione e la discontinuità stessa e questo parametro viene riportato in tabella come numero progressivo.
- Viene determinata la giacitura della discontinuità incontrata (discontinuità con giaciture simili apparterranno allo stesso sistema).
- Si determina la semitraccia (in metri) riportando in tabella anche se la misurazione è stata effettuata al di sopra od al di sotto della linea di scansione.
- Viene stimata l'apertura (sia essa presente) della discontinuità e quindi misurata.
- Se vi è un'apertura si valuta il riempimento presente all'interno.
- La discontinuità non sempre si presenta come una superficie perfettamente dritta, ma può anche presentare una certa curvatura, in questo caso va determinata.
- Viene determinato, dove possibile, il valore di rimbalzo con il martello di Schmidt, che automaticamente restituisce i valori di resistenza a compressione monoassile (JCS). Prima di effettuare la prova la superficie va smerigliata al fine di rimuovere la possibile patina di alterazione che falserebbe i valori.

- Viene determinato, anche in questo caso dove possibile, il valore di rugosità (JRC) con il pettine di Barton.

Queste operazioni vanno effettuate per ogni discontinuità rinvenuta all'interno dell'ammasso.

Abstract

The aim of this work is to give a preliminary geological and geomechanical characterization of the northern slope of the Ridnaun Valley. Geological and geomorphological surveys, on the basis of already existing maps, were done during the field activity. In particular, the geomorphological survey was aimed to identify and map the principal morphostructures of the Deep Seated Gravitational Slope Deformations affecting the slope.

Geomechanical surveys were done using both the scanline and the random method, in order to evaluate the principal parameters of the involved rock masses. In particular, the field geomechanical investigations allow to obtain data about the orientation, uniaxial strength (Schmidt Hammer Tests), roughness and spacing of the discontinuities.

For a better description of the rock mass qualities along the slope, a map of the Geological Strength Index (GSI) values was carried out. For its definition, GSI values of all the encountered outcrops during the geomechanical surveys were used, coupled with the ones given during the previous field surveys.

All these activities allow to give a preliminary geomechanical characterization of the northern slope of the Ridanun Valley.