

**CONSORZIO DI BONIFICA DELLA
BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE**

**RIFACIMENTO INVASO SUL TORRENTE SESSERA IN SOSTITUZIONE
DELL'ESISTENTE PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI
IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA
DEGLI INVASI ESISTENTI SUI TORRENTI RAVASANELLA ED OSTOLA,
LA VALORIZZAZIONE AMBIENTALE DEL COMPENSORIO**

DATA PROGETTO

APRILE 2010

AGGIORNAMENTO
PROGETTO

ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE



(dott. ing. Domenico Castelli)

CONDOTTA PRIMARIA ED UTILIZZAZIONE IDROELETTRICA

**STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO
DELLA GALLERIA DI GRANERO
RELAZIONE GEOLOGICA**

ELABORATO N.

RC4.1

ATTIVITÀ SPECIALISTICA



(Geol. Ing. Massimo PIETRANTONI)

PROGETTO DEFINITIVO

PRATICA N°10131D

ARCH. N° IB080

MODIFICHE
AGGIORNAMENTI

Aggiornamento

Data

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

AT

CONTROLLO

MP

APPROVAZIONE

DC

I N D I C E

1. PREMESSE	1
2. INDAGINI E STUDI ESEGUITI	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	6
4. GEOLOGIA DELLA GALLERIA	8
5. CARATTERISTICHE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI	12
5.1. LITOLOGIA.....	12
5.2. RISULTATI DEI SONDAGGI E DELLE PROVE IN SITO.....	14
5.3. METODOLOGIE DI INDAGINE.....	15
5.4. CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA ROCCIA INTATTA.....	18
5.5. CARATTERISTICHE STRUTTURALI DELLE DISCONTINUITÀ.....	20
5.6. CARATTERISTICHE A LIVELLO DI AMMASSO.....	21
5.7. PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ DELL'AMMASSO	22
6. PROBLEMI GEOTECNICI CONNESSI CON IL PROGETTO DELLA GALLERIA.....	23
6.1. IMBOCCO LATO COGGIOLA (GRANERO).....	23
6.2. IMBOCCHI LATO PIANCONE.....	25
6.3. TRACCIATO DELLA GALLERIA.....	30
7. APPENDICE. RISULTATI DELLE MISURE NELLE STAZIONI GEOSTRUTTURALI	32

1. PREMESSE

Nell'ambito del programma di razionalizzazione e potenziamento dell'uso della risorsa idrica del biellese orientale e del vercellese settentrionale sono previste le seguenti opere:

- una nuova diga sul torrente Sessera, per il potenziamento dell'accumulo attuale, con collegamento alla centrale del Piancone tramite una galleria esistente;
- una condotta ad uso irriguo ed idroelettrico che collega la centrale idroelettrica del Piancone (prima con una galleria e poi con una condotta interrata) con l'invaso della Ravasanella e con la roggia Marchionale in località Pavona di Rovasenda.

Nella presente Relazione sono esaminati gli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici del progetto della galleria idraulica di collegamento tra la centrale del Piancone e Coggiola (Granero).

Si tratta di una galleria della lunghezza di 3700m circa, di forma circolare e diametro 5m, all'interno della quale verrà alloggiata una condotta di acciaio di diametro 1600mm.

In relazione alle condizioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso e alla lunghezza della galleria, è stata prescelta la modalità di scavo meccanizzato con fresa.

L'imbocco della galleria (nel senso dello scorrimento dell'acqua) è ubicato nei pressi della Centrale del Piancone e lo sbocco nei pressi dell'abitato di Coggiola (in località Granero) dove verrà realizzato l'edificio di sezionamento. Da Coggiola si dirama la condotta idraulica Ø1600mm che arriva fino alla piana vercellese.

Dal punto di vista operativo, lo scavo della galleria meccanizzata procederà, come usuale, da valle verso monte e cioè dall'imbocco di Granero in salita verso il Piancone. Per problemi legati alle fasi esecutive, nei pressi del Piancone la galleria si biforca in due rami:

- un ramo con scavo meccanizzato, eseguito in continuità con il resto della galleria, ma con un aumento di pendenza, con sbocco a quote poco superiori a quelle del fondovalle del Sessera, su un piazzale che sarà utilizzato anche per il carico e trasporto tramite teleferica dei materiali per la costruzione della diga;
- un ramo da scavare in tradizionale, con sbocco a quote inferiori al fondovalle in corrispondenza della vasca di carico; questo tronco di galleria, da eseguire in seconda fase, sarà quello utilizzato per l'alloggiamento finale della condotta.

Per la progettazione definitiva della galleria è stata eseguita una specifica campagna di indagine geognostica mediante perforazioni a carotaggio (con prove di laboratorio), prove in sito e indagini geofisiche. I risultati di queste indagini, contenuti negli specifici elaborati, sono commentati nel seguito della presente relazione.

La documentazione geologica e geotecnica allegata al progetto, oltre alla presente Relazione, è costituita dai seguenti elaborati.

[RC4.5] *Carta Geologica*

[RC4.6] *Profilo Geomeccanico*

[RC4.7] *Relazione sulle Indagini*

[RC4.8] *Planimetria con ubicazione delle indagini*

[RC4.9] *Stratigrafie dei sondaggi*

[RC4.10] *Prove di Laboratorio*

[RC4.11] *Risultati dell'indagine geofisica*

Lo studio comprende inoltre le relazioni geotecniche e di calcolo della galleria e delle opere di imbocco e le tavole progettuali della galleria e dei relativi imbocchi, redatte sulla base dei risultati dello studio geologico e geotecnico.

2. INDAGINI E STUDI ESEGUITI

Esame bibliografico e ricerca dei dati esistenti

Per quanto riguarda la documentazione geologica regionale sono stati raccolti i dati di letteratura più aggiornati necessari per un inquadramento geologico a grande scala.

Le ricerche bibliografiche sono state estese anche agli archivi delle Amministrazioni comunali interessate dalle opere.

Interpretazione geologica di foto aeree

Le zone interessate dai tracciati della galleria e delle condotte sono state coperte da un volo per l'acquisizione di foto aeree.

Le foto sono state studiate e interpretate con l'utilizzo di attrezzature per visione stereoscopica.

L'attività di fotointerpretazione ha permesso di acquisire una serie di dati indispensabili per delineare i lineamenti geomorfologici e strutturali dell'area e per indirizzare le attività di campagna.

Dopo aver eseguito i primi rilievi sul sito è stata effettuata una seconda fase di fotointerpretazione in modo da approfondire gli argomenti prima citati sulla base dei riscontri nel sito.

Rilevamento geologico

Sono state effettuate le seguenti attività.

- rilievo geologico a grande scala per l'inquadramento geologico generale e per il controllo dei dati disponibili da letteratura;
- rilievo geologico a media scala del tracciato e individuazione degli affioramenti utilizzabili per l'esecuzione di rilievi meso-strutturali estrapolabili per la ricostruzione delle condizioni di sottosuolo lungo la galleria;
- rilievo geologico-tecnico di dettaglio delle zone degli imbocchi (imbocco lato Coggiola e due imbocchi lato Piancone);
- rilevamento dei caratteri mesostrutturali dell'ammasso roccioso finalizzato alla caratterizzazione delle discontinuità e all'acquisizione dei dati geomeccanici delle rocce. I risultati delle misure sono riportati in appendice alla presente Relazione e sono sintetizzati graficamente nel profilo geomeccanico;

Campagna di sondaggi geognostici e prove di laboratorio

La galleria si sviluppa nel sottosuolo del rilievo della Bocchetta di Pontiggie con coperture molto importanti, superiori al centinaio di metri, già dopo poca distanza dagli imbocchi stante la forte acclività dei rilievi. L'acquisizione di dati di sottosuolo diretti nelle zone con coperture maggiori comporterebbe la necessità di eseguire sondaggi molto profondi (alcune centinaia di metri), peraltro difficilmente eseguibili vista l'inaccessibilità dei siti posti sulla verticale della galleria e la

pratica impossibilità di realizzare piste in una zona fittamente boscata. Per contro, le uniformità delle condizioni geologiche riscontrate con i rilevamenti non fanno ritenere indispensabile l'esecuzione di sondaggi per l'individuazione di passaggi litologici e stratigrafici significativi. Inoltre, dal punto di vista geomeccanico, l'esecuzione di uno o due sondaggi molto profondi non fornirebbe dati particolarmente importanti e statisticamente significativi se confrontati con i notevoli costi richiesti per queste perforazioni (profondità di alcune centinaia di metri, rocce molto dure, difficoltà di accesso). Le dimensioni della galleria e la tecnologia di avanzamento poi prescelta (con scavo meccanizzato) rendono peraltro ancor meno sensibile la progettazione degli interventi alle variabilità delle condizioni geomeccaniche.

In tale condizione si è preferito destinare le risorse disponibili nelle due zone iniziali della galleria dove le coperture relativamente basse consentono di acquisire dati di indagine con costi commisurati all'effettiva importanza dell'opera. In particolare, nella zona dell'imbocco lato Coggiola, le condizioni morfologiche consentono di eseguire sondaggi di lunghezza relativamente contenuta (60-70m) lungo la galleria a distanze di alcune centinaia di metri dall'imbocco.

Sul lato del Piancone le forte pendenze del rilievo portano a coperture di alcune centinaia di metri già a poca distanza dall'imbocco.

Con tale impostazione sono state programmate ed eseguite le seguenti indagini

- nella zona di **imbocco lato Coggiola (Granero)**: 2 sondaggi a carotaggio continuo profondi 12 e 17m, con 5 prove SPT (Standard Penetration Test) nei terreni di copertura e prelievo di carote di roccia per prove di laboratorio;
- **lungo la galleria lato Coggiola**: 2 sondaggi a carotaggio continuo, profondi 55 e 65m, con prelievo di carote di roccia per prove di laboratorio; uno dei sondaggi è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto per il rilievo dei livelli di falda;
- nella zona di **imbocco lato Piancone** (vasca di carico): un sondaggio verticale profondo 10 m e uno inclinato di 60° dalla verticale, della lunghezza di 25m, entrambi a carotaggio continuo con prelievo di carote di roccia.

I risultati delle indagini in sito sono raccolti nello specifico elaborato della tav. RC4.9.

Sulle carote di roccia prelevate nei sondaggi sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- 19 determinazioni del peso di volume
- 19 prove di compressione uniassiale;
- 19 prove "point-load"

I risultati delle prove di laboratorio sono raccolti nello specifico elaborato della tav. RC4.10.

Campagna di indagini geofisiche

Con lo scopo di ricostruire la situazione di sottosuolo nelle zone di imbocco e di acquisire utili dati circa le caratteristiche meccaniche delle rocce, è stata programmata una specifica campagna di indagine geofisica con il metodo della sismica a rifrazione.

Nel complesso sono stati realizzati

- nella zona di **imbocco lato Coggiola**: 2 stendimenti sismici a rifrazione, per una lunghezza complessiva di 117m;
- nella zona di **imbocco lato Piancone** (uscita galleria scavata con fresa): 2 stendimenti sismici a rifrazione, per una lunghezza complessiva di 48m;
- nella zona di **imbocco lato Piancone** (vasca di carico): 2 stendimenti sismici a rifrazione da 18 e 35m, per una lunghezza complessiva di 53m nella zona della vasca di carico; 1 stendimento sismico a rifrazione lungo 18m nella zona d'alveo del Sessera dove è prevista la condotta di collegamento tra la centrale e la vasca di carico.

I risultati delle indagini sismiche sono raccolti nello specifico elaborato della tav. RC4.11.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Si riassumono brevemente alcuni temi di geologia regionale necessari per la comprensione dello schema evolutivo della catena alpina e di conseguenza dell'inquadramento strutturale della zona in esame.

Come è noto, le Alpi hanno una struttura crostale "*a doppia vergenza*": sono costituite cioè da due catene a falde che, durante i processi orogenetici, si sono propagate, con fenomeni traslativi e plicativi, in senso opposto.

Con riferimento all'impostazione del nuovo *Structural Model of Italy* (CNR 1990), si possono distinguere una *catena a vergenza europea* e una *catena a vergenza africana*.

La *catena Europa-vergente*, o catena alpina in senso stretto, è costituita da una sequenza di sistemi tettonici che, a partire dal Cretacico, sono traslati verso l'avanpaese europeo (in media verso NW).

La *Catena Africa-vergente* è costituita da un sistema tettonico meridionale che, a partire dal Neogene, ha formato una serie di falde a prevalente vergenza africana (Sud); tale sistema è noto con il termine di Alpi Meridionali o Sudalpino.

Il contatto tra le Alpi Meridionali e la catena Europa-vergente è di natura tettonica ed è rappresentato da un sistema di faglie sub-verticali a dominante carattere trascorrente (*Linea Insubrica* o *Lineamento Periadriatico*) che si estende dalla linea del Canavese e quella del Tonale, prosegue nella Pusteria e arriva fino alle Alpi orientali in Slovenia.

La struttura attuale dell'edificio alpino è il risultato della sovrapposizione di diverse fasi di deformazioni. Vengono schematicamente distinti un primo evento (eoalpino), con la formazione di una prima catena a falde (orogenesi cretatica), e gli eventi successivi (mesoalpini e neoalpini) tra i quali si interpone la fase magmatica periadriatica.

A partire dall'Oligocene-Miocene, a seguito della continuazione del movimento di propagazione della catena alpina verso l'avanpaese europeo, la struttura a doppia vergenza si sviluppa in maniera dominante. Si forma in particolare il sistema Sud-Alpino con l'attivazione del Lineamento Periadriatico. Le deformazioni principali si protraggono dal Miocene al Pliocene verso l'avanpaese padano-adriatico.

In tale contesto geologico-regionale la zona dell'alta Val Sessera, oggetto del presente studio, rappresenta un'area molto importante. Essa ricade infatti nel settore prealpino del Biellese ed è caratterizzata dalla presenza di due grandi complessi litologici, la *Zona Ivrea-Verbano* e la *Zona Sesia-Lanzo*, separati da un importantissimo allineamento tettonico: la *Linea del Canavese*.

Nell'area che si riferisce al tracciato della galleria, viene interessata esclusivamente la *Zona Ivrea-Verbano*: questa rappresenta una unità del basamento pre-carbonifero Sudalpino ed è costituita da una sezione di crosta continentale profonda, con associazione di lembi di peridotiti (mantello). Si distinguono due principali unità litologiche di età diversa.

- a) L'unità più recente e profonda (complesso gabbrico stratificato o *complesso basico*), che affiora con continuità a contatto con la linea del Canavese, comprende una sequenza di peridotiti, pirosseniti, gabbri e dioriti.
- b) La seconda unità litologica (*complesso kinzigitico*) costituisce il tetto, attualmente ruotato e deformato, dei plutoni gabbrici. Essa è formata dall'associazione di metapeliti prevalenti con intercalazioni di vari tipi di metabasiti, marmi e quarziti.

Come precedentemente accennato, tra le fasi orogenetiche mesoalpina e neoalpina, durante una pausa distensiva, si sono verificate risalite di magmi che hanno dato luogo, prevalentemente all'interno delle rocce metamorfiche presenti a nord-ovest della linea del Canavese, alla formazione di ammassi intrusivi o in alcuni casi di effusioni laviche. Le rocce effusive affiorano lungo la linea del Canavese formando una fascia larga alcune centinaia di metri. Le rocce intrusive (graniti, monzoniti, sieniti), nella zona in esame, formano il Plutone della Valle del Cervo.

La fase compressiva più recente (neoalpina) si è verificata successivamente al citato episodio magmatico oligocenico, innescando tra l'altro importanti fenomeni di trascorrenza. Nell'ambito della zona in esame si segnala, in associazione alla Linea del Canavese, una seconda importante linea tettonica, nota come Linea della Cremosina, che nella zona di Trivero si sviluppa in direzione ENE-WSW separando la serie kinzigitica della Zona Ivrea-Verbano a nord, dal Massiccio granitico del Biellese a sud.

4. GEOLOGIA DELLA GALLERIA

La galleria ha inizio a valle della centrale del Piancone e dopo aver attraversato il rilievo della Bocchetta di Pontiggie sbocca nei pressi dell'abitato di Coggiola.

Tutto il rilievo attraversato dalla galleria è costituito dalla formazione gabbro-dioritica appartenente al *Corpo Basico di Ivrea*.

Si tratta di rocce con struttura granulare a grana grossa, di colore nerastro con sfumature verdastre. Nell'ambito degli affioramenti esaminati sono stati rilevati frequenti passaggi di litologia (nel campo delle rocce gabbriche e dioritiche) senza una regola ben precisa o comunque tale da far individuare settori con una schietta prevalenza di una litologia rispetto all'altra.

Generalmente la tessitura è isotropa, ma localmente si nota un leggero grado di metamorfismo che crea una certa isorientazione dei cristalli e superfici patinate, saponose al tatto.

Negli affioramenti la roccia si presenta in genere fresca o poco alterata; i processi di alterazione creano solo una lieve decolorazione o patine di colore rossastro o brunastro. L'alterazione è limitata a pochi centimetri dalle superfici e si estende in profondità solo attraverso i giunti di frattura più aperti.

Affioramenti di rocce gabbro-dioritiche sono rilevabili su molti settori del rilievo montuoso attraversato dalla galleria, in particolare nel settore settentrionale, verso la centrale del Piancone, dove le rocce gabbriche sono estesamente affioranti

Nel settore meridionale (lato Coggiola) un esteso manto detritico ricopre con spessori più o meno elevati le rocce del substrato. In gran parte si tratta di detriti di falda accumulatisi al piede dei versanti. In altri casi si rilevano ampie zone, soprattutto nei valloni maggiormente sviluppati, in cui l'intensa attività di erosione e di trasporto ha dato luogo ad accumuli di materiale detritico di un certo spessore.

Un accumulo detritico di notevole spessore è presente nel settore di versante che forma la sponda destra del Sessera all'altezza dell'abitato di Coggiola, dove il rilievo attraversato dalla galleria forma un'ampia area di compluvio che trae origine, verosimilmente, da un antico dissesto, oggi ormai stabilizzato. Le caratteristiche morfologiche di questo settore, caratterizzato da una grande depressione di forma arcuata seguita da un ripiano morfologico (in parte anche in contropendenza), è riconducibile ad un antico dissesto di tipo rototraslazionale.

Le indagini eseguite hanno tuttavia accertato che il tracciato della galleria (peraltro già molto profondo in questo settore) non avrà interferenze con i depositi detritici legati a questo antico fenomeno.

Negli affioramenti l'ammasso roccioso è attraversato da vari sistemi di fratture nell'ambito dei quali si possono quasi sempre riconoscere alcune famiglie prevalenti. Lungo questi affioramenti sono state misurate le giaciture delle principali discontinuità per mezzo di stazione di misura mesostrutturale i cui risultati (riportati in Appendice alla presente relazione) sono illustrati graficamente nella carta geologica della tav. RC4.5. Le misure sono poi state riportate (graficamente e numericamente) anche sul profilo geomeccanico della tav. RC4.6, proiettando il punto di rilevamento sul tracciato della galleria. Tali dati vanno considerati solo come indicativi della probabile giacitura in profondità delle principali discontinuità dell'ammasso roccioso.

Negli stessi elaborati citati sono inoltre state riportate le principali dislocazioni tettoniche rilevate in affioramento e/o individuate dall'analisi interpretativa delle foto aeree.

E' stato riconosciuto un sistema principale di faglie orientato circa NNW-SSE (analogo a quello individuato nel sito diga e che costituisce anche un motivo di carattere regionale). Tale sistema tettonico determina particolari strutturali morfologici, in forma di lunghi speroni e costoloni emergenti obliqui sui versanti, ben evidenti nel paesaggio e che si seguono su lunghe distanze (v. foto 4.1).



Foto 4.1 Allineamento tettonico sulla sponda destra del Sessera, lungo il tracciato della galleria

Tali speroni, che si protendono dal versante verso il fondovalle, formano di frequente anse e stretti gomiti del corso del torrente. Questi motivi morfologici sono particolarmente evidenti anche nella zona della centrale del Piancone, dove uno di questi speroni si protende in maniera accentuata verso il fondovalle (v. paragrafo sull'imbocco del Piancone).

E' presumibile che in corrispondenza di tali dislocazioni lo stato di fratturazione dell'ammasso risulti più accentuato, anche se dai rilievi di superficie è emerso che anche le dislocazioni più importanti sono accompagnate da una fascia di disturbo relativamente stretta (v. ad es. foto 4.2 e 4.3).

In linea generale è stato previsto che le principali dislocazioni potranno essere accompagnate da una fascia di roccia rilasciata e fratturata, di spessore variabile, a stima prevista dell'ordine della decina di metri; in corrispondenza della faglia vera e propria è da attendersi invece la presenza di materiale fortemente suddiviso fino a triturato (miloniti); tali fasce, verosimilmente di spessore non rilevante, potrebbero condizionare le operazioni di avanzamento in galleria previsto di tipo meccanizzato. La presenza di tali fasce più fratturate rispetto alla media deve pertanto indirizzare la scelta del tipo di macchina adatta all'attraversamento anche di fasce di roccia molto suddivisa.



Foto 4.2 Dettaglio della faglia della foto 4.1

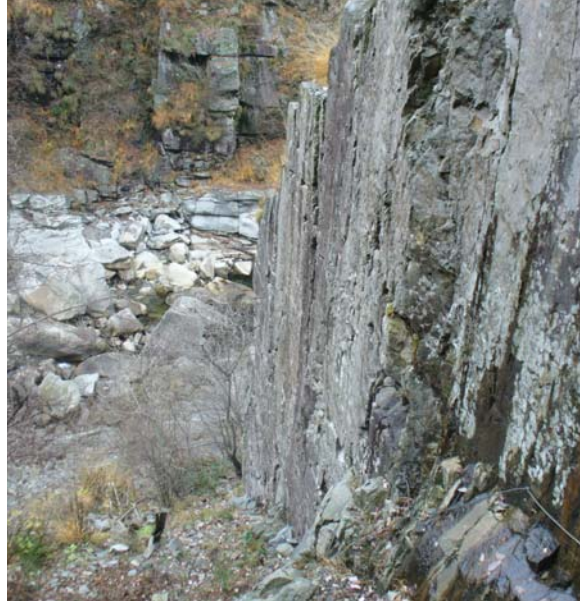


Foto 4.3 Particolare di una zona di faglia (liscione)

Nella zona iniziale della galleria, a causa della presenza di lineamenti tettonici con direzione poco divergente rispetto alla direzione della galleria, potrebbe verificarsi l'attraversamento di porzioni di roccia fortemente suddivise per lunghi tratti (tale circostanza è stata segnalata con apposita simboleggiatura nel profilo geologico). Tale possibilità, ricavabile dai rilievi di superficie, è stata mantenuta valida anche se i sondaggi eseguiti nella zona dell'imbocco del Piancone (SG5 e SG6) hanno attraversato ammassi rocciosi poco fratturati fin dai primi metri di profondità.

In linea generale le caratteristiche dell'ammasso roccioso sono da considerare buone; per una indicazione delle caratteristiche geomeccaniche della formazione si può fare riferimento alle considerazioni che saranno svolte nel capitolo successivo.

Considerazioni particolari vanno svolte per i citati attraversamenti delle zone di faglia, dove le caratteristiche dell'ammasso sono da prevedere più scadenti di quelle stimate per le porzioni di roccia indisturbata.

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica, i rilievi di superficie non hanno individuato la presenza di sorgenti o emergenze idriche tali da far prevedere la presenza di una falda idrica all'interno del rilievo con livelli superiori alle quote della galleria; piccole e diffuse venute idriche sono state rilevate a varie quote sui versanti, ma si tratta delle normali percolazioni che si verificano attraverso la roccia a causa delle circolazioni idriche superficiali (molto abbondanti durante il periodo di scioglimento della neve).

Non è tuttavia da escludere che all'interno del rilievo possano instaurarsi le condizioni per la formazioni di piccole falde sospese. Si tratterebbe in questo caso di circolazioni idriche di carattere stagionale, che avvengono nelle porzioni di ammasso più fratturate e sostenute dalle porzioni di roccia più integra. Tenuto conto del presumibile scarso grado di permeabilità (per fratturazione) dell'ammasso roccioso, eventuali attraversamenti di falde sospese non dovrebbero tuttavia provocare problemi di rilevanza tecnica per lo scavo della galleria in quanto si tratterebbe di portate molto modeste.

Una maggiore circolazione idrica potrebbe avvenire in corrispondenza delle zone di faglia dove è possibile che, una volta attraversati con lo scavo, diano luogo a venute idriche cospicue anche con trasporto del materiale triturato (miloniti).

Le misure eseguite nel piezometro SG3 ubicato nel settore vicino all'imbocco di Coggiola ha misurato un livello idrico in foro alla profondità di 18.3m in data 15/3/2010 e quindi solo due giorni dopo la fine della perforazione. Vista la scarsa profondità del livello misurato, è assai probabile che questa rilevazione sia ancora condizionata dalle operazioni di perforazione, eseguite con acqua di circolazione: tenuto conto della scarsa permeabilità dell'ammasso roccioso è verosimile che l'ammasso non abbia ancora consentito la completa percolazione dell'acqua contenuta nel foro.

Per avere maggiori informazioni le misure saranno proseguite in periodi successivi.

In tale zona comunque, a causa della accertata presenza di un accumulo detritico di un certo spessore, è stata comune ipotizzata una maggiore circolazione idrica legata all'effetto serbatoio provocato dall'ammasso detritico stesso (anche se in realtà risultato a grana medio-fine) sovrapposto al substrato roccioso.

5. CARATTERISTICHE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

5.1. Litologia

Dal punto di vista litologico il rilievo attraversato dalla galleria è costituito da una formazione gabbro-dioritica appartenente al *Corpo Basico di Ivrea*.

Dal punto di vista macroscopico la roccia ha struttura granulare a grana grossa, colore nerastro con sfumature verdastre e puntature biancastre più o meno abbondanti. E' formata essenzialmente da plagioclasio e da pirosseno rombico interstiziale, con secondari cristalli di biotite, orneblenda e olivina. Nelle varietà dioritiche aumenta la presenza di quarzo. Il passaggio da una litologia all'altra (nel campo delle rocce gabbro-dioritiche) è molto sfumato e spesso difficile da riconoscere alla scala del campione a mano. Dioriti e Gabbri si distinguono infatti sulla base della composizione del plagioclasio e secondariamente in base all'indice di colore (spostandosi dalla diorite al gabbro il colore diventa più scuro per la maggiore presenza di minerali femici). Nelle foto successive si mostrano alcune tipologie delle litologie più dioritiche (v. foto 5.1) e di quelle che ricadono maggiormente nel campo dei gabbri (v. foto 5.2).

Generalmente la tessitura è isotropa, ma localmente si nota un leggero grado di metamorfismo che crea una certa isorientazione dei cristalli e superfici patinate, saponose al tatto.



Foto 5.1 – Dettaglio delle rocce gabbro-dioritiche (prevalenza dioritica)



Foto 5.2 – Dettaglio delle rocce gabbro-dioritiche (prevalenza gabbrica)

Nella zona di Coggiola, dove sono molto scarsi gli affioramenti naturali, i sondaggi profondi hanno accertato la presenza di gabbri nerastri con un basso grado di metamorfismo (serpentinizzazione) che da luogo anche ad una lieve scistosità (fissilità) del materiale.

Questa caratteristica strutturale ha delle implicazioni anche sulle caratteristiche di resistenza come si vedrà oltre nel commento dei risultati delle prove meccaniche di laboratorio.

Un aspetto litologico particolare riguarda l'ammasso roccioso presente nel sottosuolo della zona dell'imbocco di Coggiola. Come verrà esposto nel dettaglio nello specifico paragrafo sugli imbocchi, in questo settore il versante è coperto da un esteso manto detritico che non permette una visione diretta della formazione del substrato roccioso (affioramenti sporadici indicano la presenza della stessa formazione gabbro-dioritica prima descritta).

I sondaggi SG1 e SG2 eseguiti sul tornante di Coggiola, dove è ubicato l'imbocco di Granero, hanno però attraversato, al di sotto della copertura detritica, una breccia cementata, costituita da un aggregato di frammenti di rocce di varie dimensioni (da qualche mm a qualche cm) di varia litologia, prevalentemente gabbro-dioritica, ma anche di tipo granitoide, gneissico e quarzítico, legati da un cemento di vario colore da grigio a marrone-rossastro. In alcuni casi il cemento è di tipo granulare e la cementazione diventa meno resistente (v. foto 5.3).



Foto 5.3 – Le breccie attraversate con i sondaggi SG5 e SG6

Non sono stati rilevati affioramenti di questo litotipi né sono stati attraversati da altri sondaggi.

Con riferimento al contesto geologico regionale descritto nei precedenti capitoli, questo aggregato è stato interpretato come una breccia tettonica legata all'importante allineamento che passa proprio in questo settore e che separa il complesso gabbro-dioritico da quello gneissico.

5.2. Risultati dei sondaggi e delle prove in sito

I sondaggi geognostici hanno confermato le evidenze di superficie che indicano un basso grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Nelle stratigrafie allegate alla documentazione sulle indagini sono riportati i dati di rilevamento geomeccanico effettuato sulle carote; sono riportati in particolare gli indici TCR (Total Core Recovery), SCR (Standard Core Recovery) e RQD (Rock Quality Designation), che forniscono indicazioni sullo stato di fratturazione della roccia, ed inoltre alcuni parametri geometrici e le caratteristiche dei giunti.

I risultati essenziali sono illustrati graficamente nel profilo geomeccanico della tav. RC4.6.

E' stata evidenziata una certa differenza, sia della litologia sia del grado di fratturazione, tra la zona del Piancone e di Coggiola. Dal punto di vista litologico si tratta solo di variazioni petrografiche (ma anche di grado di metamorfismo), ma sempre nell'ambito della formazione gabbro-dioritica.

In particolare nella **zona del Piancone** i sondaggi, ma anche i numerosi affioramenti presenti in questa zona indicano la presenza di rocce gabbro-dioritiche (con passaggi sfumati da un limite all'altro) con un grado di fratturazione e di alterazione molto basso già in superficie e che diminuisce rapidamente con la profondità. I fenomeni di alterazione sono poco evidenti e sono concentrati nelle fessure più aperte; nei primi 4-5 m di profondità si nota che ad una distanza di qualche centimetro dalle fessure il materiale si presenta solo appena decolorato; a partire da 15-20 m di profondità la roccia si presenta del tutto integra anche all'interno delle fessure.

L'indice RQD è molto elevato già a poca profondità dal p.c. e tranne alcuni tratti con maggiore fratturazione, si mantiene spesso su valori tra 70 e 90%.

Nella **zona di Coggiola** i sondaggi, come già detto, hanno attraversato litotipi gabbrici di colore nerastro, con un apprezzabile grado di metamorfismo segnato dalla presenza di minerali serpentinitici. Questo debole grado di metamorfismo forma una certa fissilità della roccia che provoca una microfessurazione della roccia (a volte latente che viene amplificata dalla perforazione). Per tali motivi il grado di RQD è risultato molto variabile con tratti medio-elevati (50-80%) alternati con tratto molto bassi fino a passaggi completamente frantumati. Una ulteriore disarticolazione della carota è fornita da un sistema di fessure verticali che a volte rompono longitudinalmente, sull'intera lunghezza, la carota che altrimenti sarebbe risultata integra.

Per quanto riguarda gli imbocchi, nella zona del Piancone la roccia risulta affiorante, mentre nella zona di Coggiola le ipotesi circa lo scarso spessore della copertura detritica e della fascia di alterazione superficiale sono state confermate dai risultati dei sondaggi e degli stendimenti geosismici a rifrazione.

Con questi stendimenti sono stati generalmente individuati due o tre strati:

- ✓ un primo sismostrato (identificato come coltre superficiale) con velocità di 500÷1000 m/s circa;
- ✓ un secondo sismostrato (detrito di pendio/roccia alterata) con velocità di 1000÷2000 m/s;
- ✓ un terzo sismostrato (roccia poco fratturata) con velocità superiore a 2000 m/s; ulteriori suddivisioni sono possibili nell'ammasso roccioso che arriva a raggiungere velocità fino a 5500 m/s nell'ambito dei primi 10-15m di profondità.

Maggiori dettagli sulle prospezioni geofisiche saranno esposti nei paragrafi specifici sugli imbocchi.

5.3. Metodologie di indagine

Come è noto gli ammassi rocciosi sono strutture composte da una matrice rocciosa intatta separata da discontinuità (fratture), serrate o più o meno aperte, a volte riempite da materiale di origine secondaria. Tali discontinuità hanno una fondamentale importanza per il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso; dal punto di vista ingegneristico l'ammasso viene infatti assimilato ad un aggregato di blocchi, più o meno giustapposti, separati da un reticolo di discontinuità. La caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso consiste quindi nella definizione dei parametri geomeccanici e geometrici più significativi e nell'individuazione di un modello che meglio approssimi il comportamento dell'ammasso.

Con tale criterio la caratterizzazione può essere fatta trattando l'ammasso come un mezzo "discontinuo", a comportamento anisotropo, o come un mezzo "continuo" a comportamento schematizzabile come un mezzo isotropo.

Nel primo caso gli elementi strutturali influiscono in misura essenziale sulle caratteristiche meccaniche dell'insieme, soprattutto nei riguardi delle condizioni di stabilità dei pendii e dei fronti di scavo. Nel secondo caso, a causa dell'intensità della fratturazione e/o della scala del problema trattato, ovvero del volume di roccia interessato in relazione all'andamento delle discontinuità, gli elementi strutturali influiscono ancora sulla caratterizzazione geomeccanica, ma senza stabilire anisotropie di comportamento.

La scelta di uno o l'altro modello è ovviamente funzione delle caratteristiche specifiche dell'ammasso, ma anche del tipo di problema (volumi interessati, geometria degli scavi, direzione delle sollecitazioni).

In linea generale, a prescindere dall'effetto scala, il comportamento meccanico di un ammasso roccioso (in termini di caratteristiche di resistenza e deformabilità) può essere considerato isotropo nei due casi estremi in cui la formazione rocciosa è completamente integra o è interessata da un sistema di discontinuità fitto e irregolare (il primo di questi casi è nella pratica mai applicabile).

Nei casi più frequenti, in cui la presenza di sistemi di discontinuità più o meno regolari fanno individuare zone di debolezza dell'ammasso, la caratterizzazione deve essere indirizzata a definire un modello che meglio approssimi il comportamento di un ammasso roccioso discontinuo.

Per una ricostruzione del modello è richiesta l'analisi dei seguenti aspetti:

- caratteristiche meccaniche della roccia intatta;
- assetto strutturale delle discontinuità;
- resistenza a taglio dei piani di discontinuità.

Di questi tre aspetti, il terzo è quello che richiede maggiori sforzi per l'acquisizione dei dati, in quanto è assai difficile riprodurre, in sito o in laboratorio, le effettive condizioni che si presentano lungo i giunti. Tra i vari metodi quello più affidabile, ma peraltro più oneroso, è quello che richiede l'esecuzione di complesse prove di taglio in sito. Tali prove sono in genere demandate alle fasi di progettazione più avanzata. In questa sede si è provveduto ad una stima di campagna, con misure speditive di scabrezza secondo il criterio del JRC (Joint Roughness Coefficient).

Le caratteristiche meccaniche della roccia intatta sono state ricavate con gli usuali mezzi delle prove di laboratorio, che risultano affidabili in quanto la scala del campione è rappresentativo delle caratteristiche del litotipo intatto.

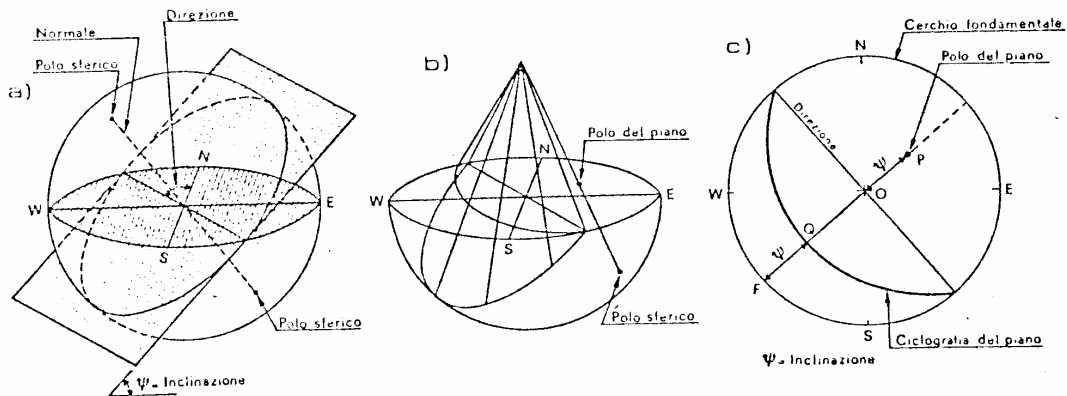
Per la definizione dell'assetto strutturale delle discontinuità è invece necessario un approfondito studio di campagna che, già in questa fase del Progetto Preliminare, è stato svolto con accuratezza. A tale scopo, per fornire una rappresentazione statisticamente significativa delle discontinuità presenti negli ammassi rocciosi, è stato effettuato uno specifico rilievo geostrutturale realizzato con alcune stazioni di misure. In tali stazioni vengono analizzate le caratteristiche strutturali della roccia in corrispondenza di allineamenti (traverse); le traverse sono rappresentate da ideali linee sull'affioramento, posizionate a discrezione dal rilevatore in modo che essa intercetti in maniera significativa le discontinuità che intersecano l'ammasso. Per le discontinuità intercettate vengono rilevati i seguenti dati:

- distanza dal punto di inizio della traversa;
- giacitura del piano di discontinuità (immersione e inclinazione);
- lunghezza visibile della frattura;
- apertura/larghezza della frattura;
- rugosità della superficie di frattura;
- tipo di riempimento (se presente).

I dati raccolti sono riassunti in apposite tabelle; i dati di giacitura delle discontinuità sono elaborati e rappresentati graficamente con i metodi di proiezione stereografica polare ed equatoriale.

Con tale metodo un piano nello spazio è definito dalla direzione della linea di massima pendenza proiettata sull'orizzontale (immersione), misurata in gradi in senso orario dal riferimento Nord, e dalla sua inclinazione rispetto all'orizzontale. La rappresentazione piana viene fatta proiettando l'intersezione del piano con l'emisfero di riferimento (arco di cerchio nella proiezione equatoriale conforme), detta ciclografica, o in alternativa riportando il suo polo (intersezione tra la superficie dell'emisfero di riferimento e la normale al piano passante per il centro) su uno stereogramma polare. Il criterio prima enunciato è illustrato graficamente nella fig. 5.1 seguente.

I dati delle discontinuità così rappresentati sono poi elaborati statisticamente e graficizzati sempre sulle proiezioni stereografiche con una rappresentazione delle isodense (linee di uguale densità dei punti rappresentativi delle discontinuità).



- Proiezione stereografica di un piano inclinato:
- cerchio massimo tracciato dal piano sulla sfera di riferimento
 - proiezione della sua metà inferiore sul piano orizzontale
 - ciclografia e polo del piano

Fig. 5.1 – Sistema di rappresentazione stereografica delle discontinuità dell'ammasso roccioso

5.4. Caratteristiche meccaniche della roccia intatta

Nella campagna di indagini eseguita per il progetto definitivo sono stati raccolti i seguenti dati di laboratorio con prove eseguite su carote prelevate dai sondaggi:

- determinazione del peso di volume
- resistenza a compressione uniassiale;
- prove point load.

I risultati delle prove di laboratorio sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 1 Risultati delle prove meccaniche effettuate su carote di roccia prelevate dai sondaggi

Sond	Camp.	Litologia	Prof. (m)	γ (kN/m ³)	Porosità	UCS (MPa)	I _{S(50)} (MPa)
SG2	1	Breccia	9.0-10.0	23.3	14.16	10.7	
SG2	2	Breccia	11.0-12.0	29.3	0.74	9.7	
SG3	1-5	Gabbro	36.2-53.0				6.99(ax) 8.15(diam)
SG3	1	Gabbro	36,2-36,52	27.2	0.35	8.2	
SG3	2	Gabbro	43,5-44,0	29.2	0.36	32.3	
SG3	3	Gabbro	47,37-48,0	28.7	0.82	32.3	
SG3	5	Gabbro	52,5-53,0	29.0	0.57	22.8	
SG4	1-5	Gabbro	40.4-62.0				7.58(ax) 9.95(diam)
SG4	1	Gabbro	40,0-40,72	28.8	0.83	42.9	
SG4	2	Gabbro	45,5-46,0	28.6	0.77	59.3	
SG4	3	Gabbro	50,0-51,0	28.7	0.50	21.1	
SG4	4	Gabbro	59,3-59,8	28.6	0.26	22.7	
SG4	5	Gabbro	61,2-62,0	29.9	0.58	26.7	
SG5	1-3	Gabbro-diorite	6.49-12.90				10.55(ax) 8.22(diam)
SG5	1	Gabbro-diorite	6.77-6.95	29.7	0.61	137	
SG5	2	Gabbro-diorite	9.45-9.63	29.7	0.83	133.9	
SG5	3	Gabbro-diorite	12.0-12.18	30.0	0.35	119.5	
SG6	1-5	Gabbro-diorite	12,15-23,85				4.83(ax) 5.86(diam)
SG6	1	Gabbro-diorite	12,15-12,3	29.9		72.5	
SG6	2	Gabbro-diorite	15,4-16,0	30.0		110.9	
SG6	3	Gabbro-diorite	18,3-19,0	29.6		82.1	
SG6	4	Gabbro-diorite	21,0-21,7	28.2		82.5	
SG6	5	Gabbro-diorite	23,0-23,85	28.5		91.9	

Legenda

UCS: Valore di resistenza a compressione uniassiale (unconfined compressive strength) ricavato dai risultati delle prove di compressione in laboratorio

I_{S(50)} è l'indice point load riferito alla carota di diametro 50 mm

I risultati delle prove di laboratorio mostrano alcune differenze significative che riflettono le diverse litologie e caratteristiche strutturali accertate con i sondaggi.

Nell'ambito dei campioni gabbro-dioritici, che costituiscono la quasi totalità delle rocce che saranno attraversate con la galleria, si evidenzia una differenza tra la zona del Piancone, indagata con i sondaggi SG5 e SG6 e la tratta di galleria prossima all'uscita di Coggiola (sondaggi SG3 e SG4).

Nella zona del Piancone i campioni sono costituiti da litotipi gabbro-dioritici, del tutto analoghi a quelli del sito diga e in effetti i valori delle prove di laboratorio sono confrontabili a quelli ricavati con le indagini per la diga. Il peso di volume è risultato molto elevato, ma in linea con i dati di letteratura e in accordo con la prevalenza di minerali femici (molto pesanti). I valori del peso di volume sono risultati variabili con valori più frequenti tra 28.2 e 30.0kN/m³ con una media di 29.5kN/m³. I valori della resistenza a compressione variano nel campo 72÷137MPa, con una media di circa 100MPa. Le prove point load, interpretate con un valore di taratura ricavato dalle prove della diga (pari a circa 10 molto inferiore al valore classico di letteratura pari a 22) forniscono valori di resistenza analoghi a quelle delle prove di compressione.

Nella zona di Coggiola invece i valori delle resistenze a compressione sono risultati molto inferiori: generalmente tra 20 e 60MPa circa (escludendo un valore anomalo molto basso <10MPa) con una media di circa 30MPa. Le prove point load hanno fornito invece valori molto simili a quelli della zona del Piancone. La litologia di questi campioni è prevalentemente gabbrica, ma questa circostanza (per le esperienze ricavate dalle indagini in diga che hanno interessato varie litologie nel campo della formazione gabbro-dioritica) non sembra essere il motivo delle differenze riscontrate. Questi valori molto bassi dovrebbero essere almeno in parte dovuti alla suddivisione interna dei campioni (interessati da microfessure sub-verticali e da una pseudo-fissilità provocata dal debole grado di metamorfismo). Le prove point load (che si eseguono su spezzoni di carota più piccoli e forse non risentono di questo aspetto strutturale) hanno riscontrato valori simili a quelli del Piancone (e del sito-diga) e questo porterebbe a confermare i motivi prima ipotizzati.

I valori del peso di volume dei gabbri della zona di Coggiola sono risultati sostanzialmente analoghi e solo leggermente più bassi rispetto alle litologie gabbro-dioritiche (tra 27.2 e 29.2kN/m³ con una media di 28.7kN/m³).

Per quanto riguarda le brecce attraversate con i sondaggi dell'imbocco di Coggiola (SG1 e SG2), il peso di volume sui due campioni analizzati è risultato molto differente (23.3 e 29.3kN/m³), dipendendo dalla quantità e dimensioni dei singoli elementi a costituzione gabbrica rispetto al cemento e agli altri litotipi con peso specifico minore.

La resistenza a compressione nei due campioni è risultata simile (9.7 e 10.7 MPa) a testimonianza che le caratteristiche di resistenza sono legate essenzialmente al cemento delle brecce.

5.5. Caratteristiche strutturali delle discontinuità

L'analisi degli elementi meso-strutturali, condotta sui fronti di affioramento, naturali o artificiali, presenti nell'ambito dell'area esaminata ha permesso di riconoscere alcuni sistemi di discontinuità principali.

I rilievi sono stati concentrati soprattutto lungo la strada di accesso alla Centrale del Piancone che, nell'ultimo tratto corre parallelamente e a poca distanza dal tracciato della galleria di progetto e quindi è molto utile per una previsione dei possibili sistemi di discontinuità che saranno attraversati dalla galleria.

Lungo questa strada sono state evidenziate 2-3 o più famiglie di fratture, alcune delle quali si ripetono (con lievi variazioni di giacitura) su varie stazioni di misura.

Alcune di queste famiglie, con inclinazione molto accentuata fino a sub-verticale, sono associabili ai principali allineamenti tettonici commentati nei paragrafi precedenti. Si tratta delle famiglie con direzione dei piani NNW-SSE che costituiscono anche le principali faglie prima descritte e che delineano la morfologia a dorsali allungate di questa zona.

Alcuni di questi giunti costituenti la prima famiglia sono rappresentati nelle foto seguenti.



Foto 5.4 Famiglia di giunti a inclinazione sub-verticale

Un'altra importante famiglia di giunti ha inclinazioni minori (tra 30° e 50°) e presentano immersione a N e NE nelle stazioni più prossime al Piancone, e anche verso SW nelle stazioni più spostate verso Coggiola. Alcune di queste famiglie sono rappresentate nelle foto seguenti.



Foto 5.5 Famiglie di giunti a media inclinazione

La rappresentazione grafica delle condizioni geostrukturali misurate nelle stazioni è riportata nella carta geologica (rappresentazione delle isodense dei poli delle discontinuità). I dati completi delle misure (tabelle e rappresentazione stereografiche complete) sono riportati in appendice alla presente relazione.

5.6. Caratteristiche a livello di ammasso

A scala più grande, o in particolari condizioni geometriche e di sollecitazione, il comportamento meccanico dell'ammasso è ancora condizionato dallo stato di fratturazione, ma le superfici di potenziale rottura cui riferire i coefficienti di sicurezza possono utilizzare solo in parte e indifferentemente le discontinuità precostituite.

Allo scopo di ottenere una classificazione geomeccanica dell'ammasso che consenta di sfruttare, per la stima dei parametri fisico-meccanici che interessano, il patrimonio di conoscenze empiriche raccolte nella letteratura tecnica specifica, può essere utile riferire l'ammasso stesso a un modello di mezzo continuo pseudo-omogeneo, dotato di caratteristiche di resistenza a rottura e di deformabilità che tengano conto solo implicitamente della presenza, dell'orientamento e degli altri caratteri delle discontinuità effettivamente presenti nell'ammasso reale.

Al riguardo si è fatto riferimento al modello proposto da Hoek & Brown (1998-2002), ricavando l'indice GSI (Geological Strength Index) dallo schema riprodotto nella fig. 5.2.

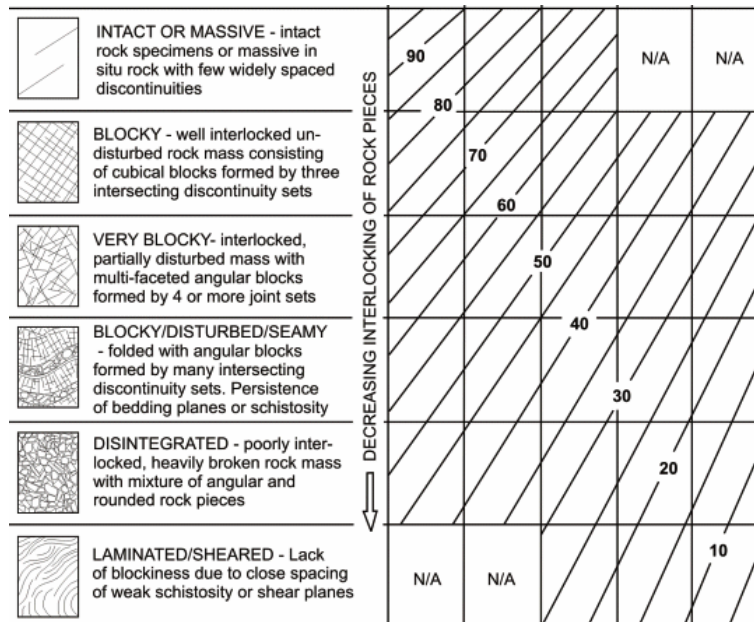


Fig. 3 – Indice GSI (Geological Strength Index) da Hoek & Brown (1998-2002)

Rimandando alla relazione geotecnica per gli aspetti di dettaglio si riassumono i campi di valori di GSI stimati sulla base dei risultati delle indagini e dei rilievi in sito.

Per le porzioni di ammasso alterate e fratturate più o meno superficiali

GSI 40

Per le porzioni di ammasso relativamente profonde, poco alterate e fratturate

GSI 50

Per le porzioni di ammasso profonde, relativamente integre

GSI 60

Valori di GSI ridotti, dell'ordine di 25-30, sono stati stimati per le zone di disturbo tettonico.

5.7. Parametri di deformabilità dell'ammasso

Per una valutazione delle caratteristiche di deformabilità, espresse come modulo di Young, si può fare riferimento alle varie relazioni di letteratura che tengono conto delle caratteristiche meccaniche del litotipo (resistenza a compressione) e del grado di fratturazione (GSI o RMR).

Si rimanda alla Relazione Geotecnica per le valutazioni quantitative.

6. PROBLEMI GEOTECNICI CONNESSI CON IL PROGETTO DELLA GALLERIA

6.1. Imbocco lato Coggiola (Granero)

L'imbocco della galleria è ubicato in un tratto di versante poco acclive, in corrispondenza dell'ultimo tornante della strada che da Trivero scende verso Coggiola.

Sul versante è presente un'estesa copertura detritica che non permette la visione diretta delle rocce del substrato (v. foto 6.1). Limitati affioramenti di rocce gabbrodioritiche sono presenti lungo la strada che fiancheggia il corso del torrente Sessera (molto distante dall'imbocco) e nella piccola incisione torrentizia che forma il vallone sul quale è ubicato l'imbocco.



Foto 6.1 - Zona dell'imbocco della galleria lato Coggiola

Per delineare nel dettaglio il quadro di sottosuolo sono stati eseguiti:

- 2 sondaggi a carotaggio continuo profondi 12 e 17m, con 5 prove SPT (Standard Penetration Test) nei terreni di copertura e prelievo di carote di roccia per prove di laboratorio;
- 2 stendimenti sismici a rifrazione (Rs05 trasversale e la base 12 longitudinale).

I due sondaggi sono stati eseguiti sul tornante, uno sul lato di valle (SG1) e l'altro sul lato di monte della strada, al piede del versante (SG2). I due sondaggi hanno attraversato, al di sotto del riporto stradale, un accumulo detritico di spessore molto variabile, ma congruente con la pendenza del versante (e quindi del presumibile contatto detrito/roccia) e con la posizione dei due sondaggi.

In particolare, il **sondaggio di valle (SG1)** ha attraversato circa 13 m di materiali di riporto (rilevato stradale) e terreni detritici. Si tratta di materiali molto eterogenei costituiti da limi argillosi e sabbiosi con inclusi frammenti litoidi di varie dimensioni, presenti in varia proporzione rispetto alla matrice fine. L'eterogeneità dell'accumulo è confermato anche dai valori delle prove SPT, risultati molto variabili (da 2 a rifiuto). Nel dettaglio, i valori di N_{SPT} sono risultati pari a 5 a 3.0m, "rifiuto" a 6.0m, 2 a 9.0m, 31 a 12.0m.

Al di sotto della copertura detritica sono state attraversate breccie litoidi formate da aggregati di rocce di varia natura (prevalentemente gabbro-dioritiche, ma anche granitoidi, gneissiche e quarzitiche) cementate da una matrice di colore da grigiastro a rossastro.

Per i motivi descritti in precedenza, questa breccia è da attribuire ad un antico allineamento tettonico.

Il sondaggio non ha intercettato circolazioni idriche né livelli di falda fino alla profondità massima investigata (17m).

Il **sondaggio di monte (SG2)** ha invece attraversato uno spessore di terreni detritici (prevalentemente sabbioso-limosi con inclusi lapidei) molto più esiguo (circa 6m), congruente con la posizione più addossata al versante. La prova SPT a 3m di profondità ha fornito un valore di $N_{SPT}=15$.

Anche in questo foro la roccia è formata da brecce lapidee. La falda idrica è risultata assente almeno fino a fondo foro (12m).

I risultati dei sondaggi sono stati confermati dall'**indagine sismica a rifrazione**.

La **base sismica RS05** è stata eseguita trasversalmente alla galleria e quindi lungo le curve di livello del versante, a quota 500 circa, quindi poco più in alto rispetto alla quota di imbocco (a monte del sondaggio SG2). Lo stendimento ha individuato una copertura detritica (con velocità di 600-700 m/s) di spessore molto variabile in relazione all'andamento molto irregolare del substrato roccioso. Lo spessore varia infatti da 3m a circa 12m e aumenta progressivamente procedendo verso il fondovalle del Sessera; in corrispondenza dell'asse della galleria risulta dell'ordine di 6-7 m.

La **base sismica 12** eseguita invece lungo la massima pendenza del versante, in asse con la galleria, ha invece individuato uno spessore della coltre detritica (velocità tra 500 e 1000 m/s e fino a 1500 m/s) variabile tra 6 e 8m circa lungo il versante. Lo spessore del detrito all'intersezione con la base sismica RS05 è congruente con i risultati prima descritti.

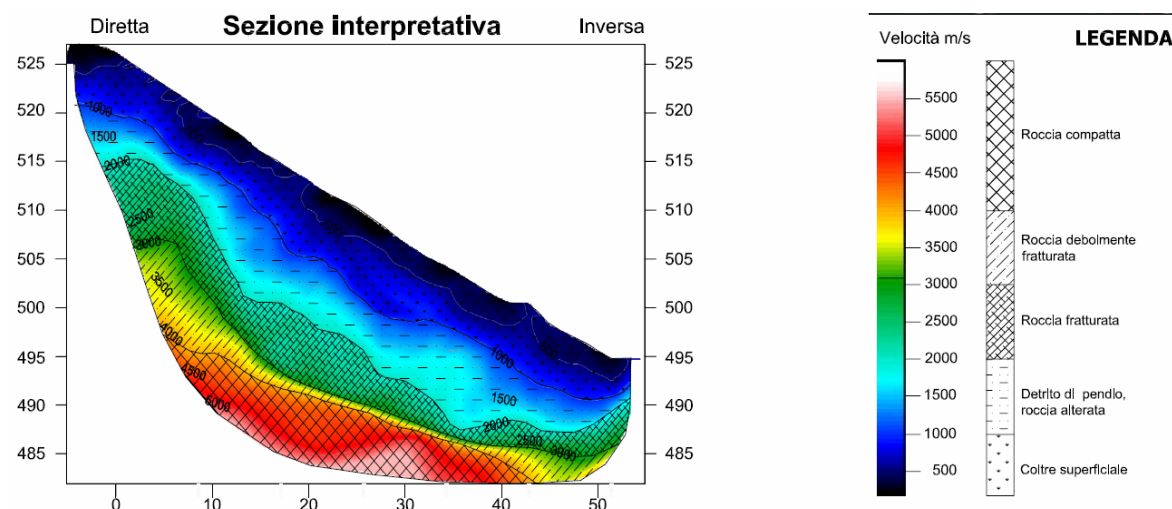


Fig. 6.1 – Restituzione tomografica del profilo sismico 12 nell'imbocco di Coggiola

Sulla base di tali risultati è stata effettuata la ricostruzione di sottosuolo riportata nel profilo geomeccanico dell'allegato RC4.5.

La situazione di sottosuolo così delineata ha consentito di adottare specifici interventi per questo imbocco di galleria. In particolare è stato deciso di realizzare un primo tratto di galleria in artificiale (tra paratie di micropali) nel tratto di attraversamento della strada di Coggiola (che non potrà essere interrotta durante i lavori). Lo scavo in questo tratto procederà al di sotto del solettone gettato in opera che collega la testa dei micropali.

A partire da questo tratto di artificiale è stato previsto un primo tratto di galleria in naturale da scavare in tradizionale. Si è ritenuto infatti di iniziare lo scavo meccanizzato una volta che l'intero fronte di scavo sarà interamente costituita da roccia. Il primo tratto in naturale avrà infatti una porzione residua in calotta costituita da terreni detritici sciolti per cui si è previsto di procedere con metodo tradizionale, e cioè con scavo centinato preceduto da un ombrello di infilaggi, in modo da prevenire fornelli e instabilità del fronte.

Per lo scavo del piazzale antistante l'imbocco, che avrà anche una funzione di stoccaggio, carico e scarico di materiali durante i lavori, sono stati previsti scavi sostenuti da micropali per evitare interferenza con la strada. La scelta di micropali è dovuta alla presenza di rocce al di sotto della copertura detritica, che avrebbe comportato notevoli difficoltà nell'esecuzione di pali di grande diametro che devono essere inevitabilmente intestati nelle rocce.

6.2. Imbocchi lato Piancone

Come detto in premessa, nella zona della centrale del Piancone sono previsti due differenti imbocchi: uno destinato all'uscita della fresa a quote più elevate del fondovalle; uno da realizzare in seconda fase per l'alloggiamento della condotta che collegherà la centrale del Piancone con il tronco di galleria già scavato in precedenza con fresa.

Lo ***sbocco della galleria con fresa*** è previsto a quota 600m s.l.m circa, al piede del ripido versante che costituisce la sponda destra del Sessera.

L'imbocco è ubicato poco a lato del fronte di una lunga dorsale montuosa che si protende in direzione SE-NW.

L'imbocco è ubicato a fianco di un fabbricato esistente (v. foto 6.2). Lo scavo a tergo del fabbricato mostra estesi affioramenti della formazione gabbro-dioritica interessata da una fratturazione poco o mediamente sviluppata (v. foto 6.3).



Foto 6.2 Imbocco della galleria lato Centrale del Piancone (uscita fresa)



Foto 6.3 Particolare degli affioramenti rocciosi nella zona di imbocco

Sul versante affiorano diffusamente le rocce gabbro-dioritiche con un sistema di suddivisione ben delineato, con immersione degli strati all'incirca verso NE con inclinazione di 30-40°. Tale sistema di discontinuità forma una serie di banconi emergenti dal versante (ben visibili anche nelle foto dove sono state evidenziate con linea colorata) disposti a reggipoggio o a leggero traverso rispetto alla direzione del versante di imbocco (v. anche foto 6.4).

Solo nella parte bassa del versante, al contatto con il fondovalle, la roccia è coperta da una fascia detritica di debole spessore; tale fascia detritica diventa più estesa e di spessore molto più rilevante nel tratto di versante a monte dell'imbocco (nel senso di scorrimento del torrente), ma questa zona non sarà interessata dalla galleria.

I due stendimenti sismici a rifrazione (profili 9 e 13) eseguiti in questo settore di pendio hanno confermato le ipotesi descritte. I due stendimenti sono stati eseguiti lungo le curve di livello, trasversalmente alla galleria, a quote rispettivamente di 595 e 600 circa. Lo spessore della copertura detritica è risultata molto esiguo (inferiore al metro) nel profilo 9 (al piede del versante) mentre è risultato dell'ordine di 3-4m nel profilo 13 posto 5 m al di sopra. Si deve evidenziare che il passaggio tra detrito e roccia fratturata non è individuabile con molta precisione e in effetti la velocità di 1500 m/s molte volte viene attribuita alla prizione fratturata del substrato roccioso.

Le velocità delle onde sismiche V_p nella roccia sono superiori a 2500 m/s e raggiungono valori di 5000 m/s anche a pochi metri di profondità nello stendimento 9.

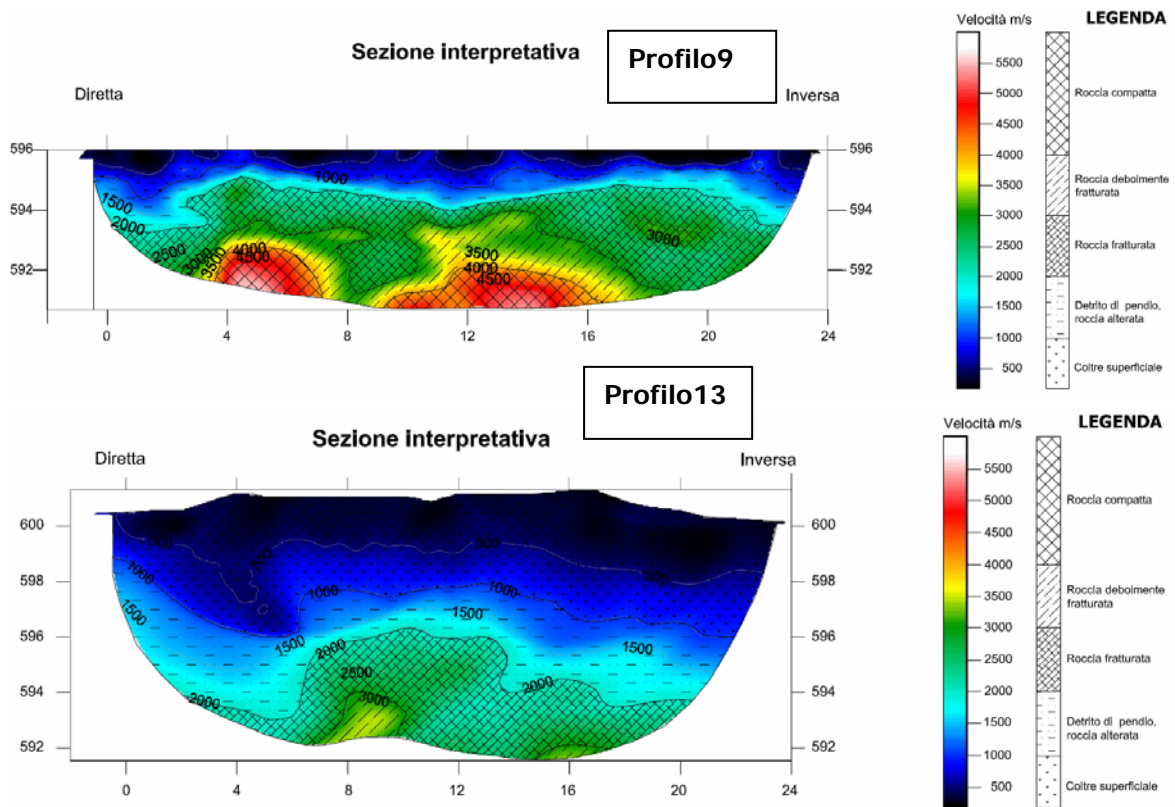


Fig. 6.2 – Restituzione tomografica dei profili sismici 9 e 13 nell'imbocco del Piancone

In tale situazione non si prevedono particolari problemi tecnici per l'esecuzione dell'imbocco, per il quale sono stati previsti interventi usuali per gli imbocchi delle gallerie in roccia. Tenuto conto dello stato di fratturazione della roccia nelle zone superficiali, è stato previsto che il fronte di imbocco della galleria sarà consolidato con chiodature e spritz-beton anche per garantire adeguate condizioni di sicurezza in cantiere.

Il **secondo imbocco** è previsto sul lato opposto del fabbricato prima descritto, di fronte alla centrale del Piancone, in corrispondenza del piazzale dal quale si stacca il ponte di attraversamento del torrente. L'imbocco è ubicato sul fronte della stretta e lunga dorsale la cui morfologia è controllato dai principali lineamenti tettonici della zona. L'imbocco di questa galleria è posto a quote inferiori a quelle del piazzale, qualche metro al di sotto dell'alveo del Sessera. Infatti questa galleria parte dalla vasca di carico che raccoglie le acque in uscita dalle turbine della centrale.

Gli allineamenti tettonici citati in precedenza sono probabilmente la causa della presenza di un accumulo detritico che forma una stretta e lunga fascia allineata all'asse della dorsale (v. foto 6.4). La presenza di tale fascia detritica e il suo verosimile legame con il disturbo tettonico ha suggerito un leggero spostamento dell'imbocco della galleria verso il fabbricato.



Foto 6.4 – Lo sperone roccioso, probabilmente legato a motivi tettonici, nella centrale del Piancone

La situazione illustrata è evidente nella foto seguenti dove si evidenziano le postazioni dei sondaggio SG5 e SG6 (in asse alla galleria) e sulla sinistra la fascia detritica.



Foto 6.5– Postazioni dei sondaggi SG5 e SG6 allineati all'imbocco della galleria

I sondaggi SG5 e SG5 hanno evidenziato la presenza di rocce gabbro-dioritiche (prevalenza dioritica) poco fratturate.

In particolare, il sondaggio verticale SG5 ha attraversato per i primi 4.5m il materiale di riporto che costituisce il piazzale (sostenuto dal muro di contenimento che costeggia il torrente). Al di sotto e

fino a 15m l'ammasso roccioso è poco o per nulla fratturato e integro; il grado di fratturazione diminuisce gradualmente e dopo i primi metri il coefficiente RQD è prossimo al 100%.

Il sondaggio SG6 è invece stato carotato con inclinazione di circa 30° sull'orizzntale lungo l'andamento della galleria, in modo da attraversare i primi 20m circa del futuro scavo.

Anche in questo sondaggio l'ammasso roccioso, dopo i primi 3-4 metri superficiali, più alterati e fratturati, è risultato integro e poco fratturato. Il grado RQD è prossimo al 90-100%.

Dai sondaggi si ricava quindi che la fascia tettonica in profondità ha una larghezza molto limitata e da luogo comunque a deboli disturbi dell'ammasso. La presenza dell'accumulo detritico in superficie è quindi più legato a fenomeni di alterazione e degradazione meteorica solo sulla porzione di ammasso roccioso relativamente più fratturata rispetto a quella circostante.

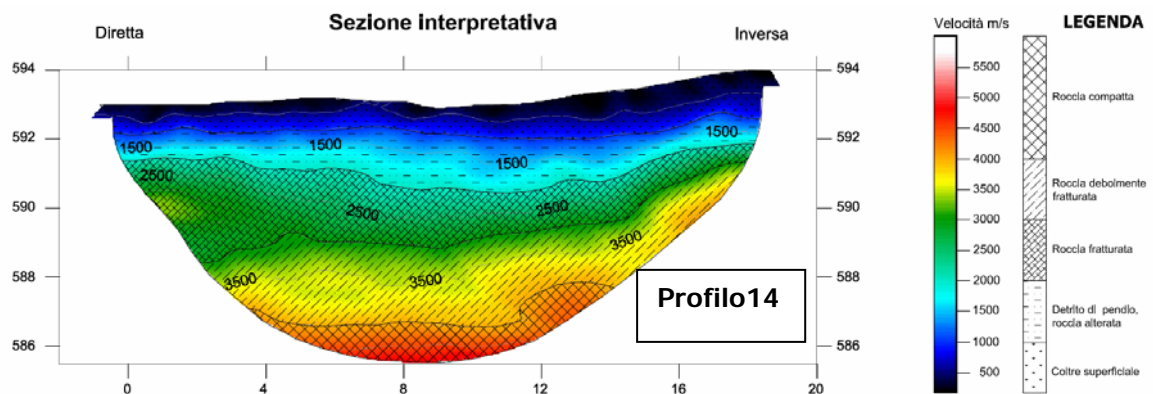
La situazione prima delineata è stata confermata anche con le prospezioni sismiche a rifrazione.

Gli stendimenti 10 e 11, eseguiti perpendicolarmente tra loro, hanno ricostruito la situazione del sottosuolo del piazzale sul quale verrà realizzata la vasca.

In entrambi gli imbocchi non sono state incontrate falde idriche permanenti. E' tuttavia verosimile che nel tratto in profondità al di sotto della quota del torrente possano verificarsi circolazioni idriche nell'ammasso.

Per avere informazioni sulla situazione di sottosuolo nella zona d'alveo del torrente, che verrà attraversato con la condotta di collegamento tra le turbine della centrale e la vasca di carico in progetto, è stato eseguito un stendimento sismico a rifrazione trasversalmente all'alveo.

Lo stendimento 14 ha fornito velocità delle onde sismiche molto elevate già a poco profondità dal p.c. a testimonianza della presenza di una copertura alluvionale di debole spessore. In molti tratti la roccia è in effetti direttamente affiorante in alveo.



6.3. Tracciato della galleria

Come illustrato nel capitolo sulle indagini, la ricostruzione del sottosuolo del rilievo attraversato dalla galleria è basata in larga parte sui rilievi geologici e sulle estrapolazioni di affioramenti e dati di indagine.

I sondaggi sono stati eseguiti nella zona iniziale della galleria (lato Coggiola) dove è stato possibile eseguire sondaggi di lunghezza contenuta a meno di 100m.

I due sondaggi SG3 e SG4 sono ubicati nel primo tratto di galleria che ha coperture comprese tra 50 e 100m circa. Entrambi i sondaggi hanno attraversato spessori di materiali detritici di copertura di una certa importanza, confermando i caratteri geomorfologici di questa area.

Il sondaggio SG3 ha attraversato per 15m un deposito detritico a granulometria prevalentemente limo-argillosa e sabbiosa; solo nello strato di passaggio al sottostante substrato litoide sono presenti frammenti lapidei con frazione sabbiosa.

Il sottostante substrato è costituito da una prima parte (fino a 25m circa) da rocce gabbro-dioritiche, del tutto analoghe a quelle della zona del Piancone, e più in profondità da gabbri serpentinizzati e debolmente metamorfosati.

Come già commentato, la particolare struttura in parte metamorfica e la presenza di sistemi di fratture sub-verticali portano ad una accentuata disarticolazione (apparente o latente) delle carote e pertanto il grado di RQD risulta molto variabile, generalmente intorno al 50%, ma anche con passaggi molto bassi fino a nulli. L'ultimo tratto tra 50 e 55m che interessa la galleria, si presenta poco fratturato con grado RQD prossimo al 100%.

Il sondaggio SG4 ha attraversato un'analogha copertura detritica a grana fine fino a 7m. Al di sotto è stato attraversato un materiale assimilabile ad una terra sabbioso-limoso, ma con una struttura tipica di una formazione molto alterata ("cappellaccio" di alterazione). Il materiale si presenta in effetti, fino a 15.5m, come un materiale sciolto o debolmente coesivo, ma dal punto di vista geologico va interpretato come la formazione del substrato in posto. Nel tratto tra 15.5 e 18.5m sono stati prelevate carote e spezzoni di carote di roccia misto a materiale sciolto; da 18.5m il carotaggio è interamente in roccia integra variamente fratturata.

Il substrato è costituito da gabbro-diorite fino a 28m e poi dagli stessi gabbri serpentinizzati attraversati con il sondaggio SG3; anche in questo caso si evidenzia una elevata fratturazione per la presenza di un sistema di discontinuità sub-verticali. Anche in questo caso il grado RQD è molto variabile ma mediamente più elevato rispetto al sondaggio SG3. spessore di coltri detritiche (20m). Per questi litotipi sono state riscontrate alcune differenze significative anche in termini di resistenza meccanica, come descritto nel paragrafo specifico.

Nella zona finale della galleria lato Piancone sono disponibili numerosissimi affioramenti lungo la strada di accesso alla centrale, che cammina in affiancamento al tracciato della galleria.

Si tratta di rocce gabbro-dioritiche, generalmente poco fratturate. I litotipi sono del tutto analoghi a quelli attraversati con i sondaggi eseguiti nella zona di imbocco del Piancone che quindi possono essere estesi in profondità, almeno a livello litologico.

In queste zone sono state effettuate alcune stazioni geostrutturali che consentono di estrapolare le presumibili giaciture delle principali discontinuità dell'ammasso roccioso lungo il tracciato della galleria.

I dati ricavati dalle misure sono sintetizzati graficamente nella carta geologica e nel profilo geomeccanico.

7. APPENDICE. RISULTATI DELLE MISURE NELLE STAZIONI GEOSTRUTTURALI

StazioneG1.xls

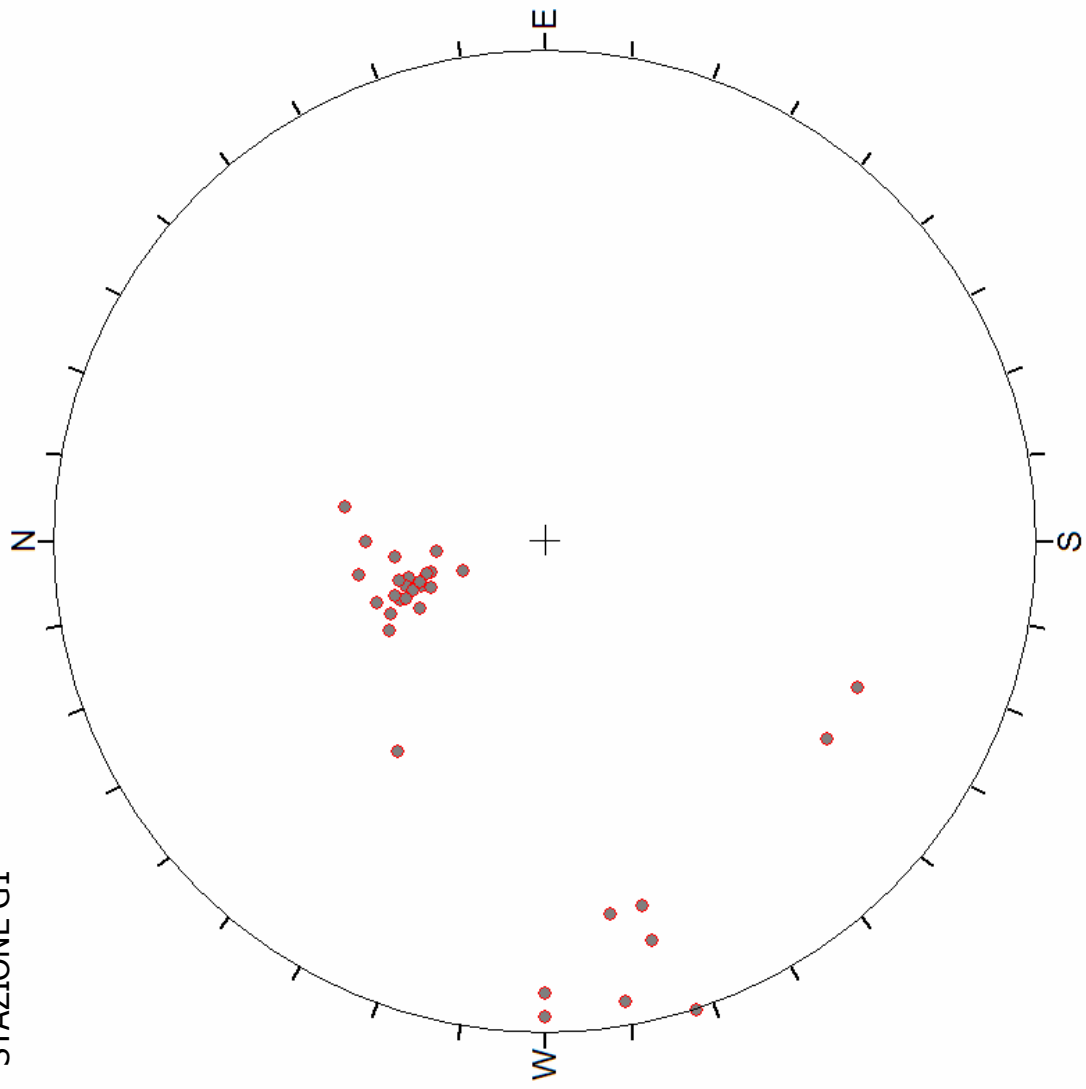
LAVORO: Galleria Sessera		LOCALITA': Trivero		SITO Strada Piancone		DATA 10/12/2009			
Stazione n.	G1	Inclinazione	orizzontale	Direzione	110 Lunghezza: 5 m				
Descrizione Affioramento: Gabbrodiorite									
Grado di alterazione (I-IV)		I-II		Resistenza a compressione R5-R6					
n.	Distanza (cm)	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Lunghezza (cm)	Apertura (mm)	Riempimento (tipo)	Rugosità (I-IX)	Litologia (tipo)	Note
1	15	160	30	30	1-3		IV-V	gabbro-diorite	
2	20	158	35	40	c		IV-V	gabbro-diorite	
3	25	175	25	100	1-3		IV	gabbro-diorite	
4	32	90	85	250	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
5	45	165	32	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
6	58	162	33	120	c		V	gabbro-diorite	
7	74	75	75	115	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
8	88	160	32	300	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
9	102	158	28	120	c		V	gabbro-diorite	
10	115	150	40	105	1-3		V	gabbro-diorite	
11	125	155	38	180	c		IV-V	gabbro-diorite	
12	152	25	70	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
13	178	160	32	90	c		IV-V	gabbro-diorite	
14	202	165	27	240	1-10	limo	IV	gabbro-diorite	
15	212	180	40	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
16	215	190	45	115	1-3		IV-V	gabbro-diorite	
17	251	165	34	125	1-5	limo	IV	gabbro-diorite	
18	275	80	87	135	c		IV-V	gabbro-diorite	
19	302	72	90	115	c		V	gabbro-diorite	
20	312	160	20	180	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
21	325	165	28	215	1-3		VI	gabbro-diorite	
22	335	174	34	135	c		V-VI	gabbro-diorite	patine verdastre
23	348	152	32	105	c		IV-V	gabbro-diorite	
24	375	162	30	125	5-10		VI	gabbro-diorite	patine verdastre
25	401	90	88	90	c		IV-V	gabbro-diorite	
26	408	80	75	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
27	412	160	36	110	c		IV-V	gabbro-diorite	
28	425	125	55	170	1-5		V	gabbro-diorite	
29	435	35	70	180	5-10		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
30	445	158	34	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	
31	452	160	40	85	c		V	gabbro-diorite	
32	475	170	42	90	1-3		V	gabbro-diorite	
33	500	75	80	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									

Rugosità: I-III (segmentata:rugosa-liscia-levigata), IV-VI (ondulata: r-l-l), VII-IX (piana:r-l-l)

Alterazione I: Fresca III: Moder. Alterata IV: Suolo

Resistenza a compress.: R0 (unghia) R2 (scalfo. con diff) R4 (>1 colpi martello) R6 (solo schegg.)

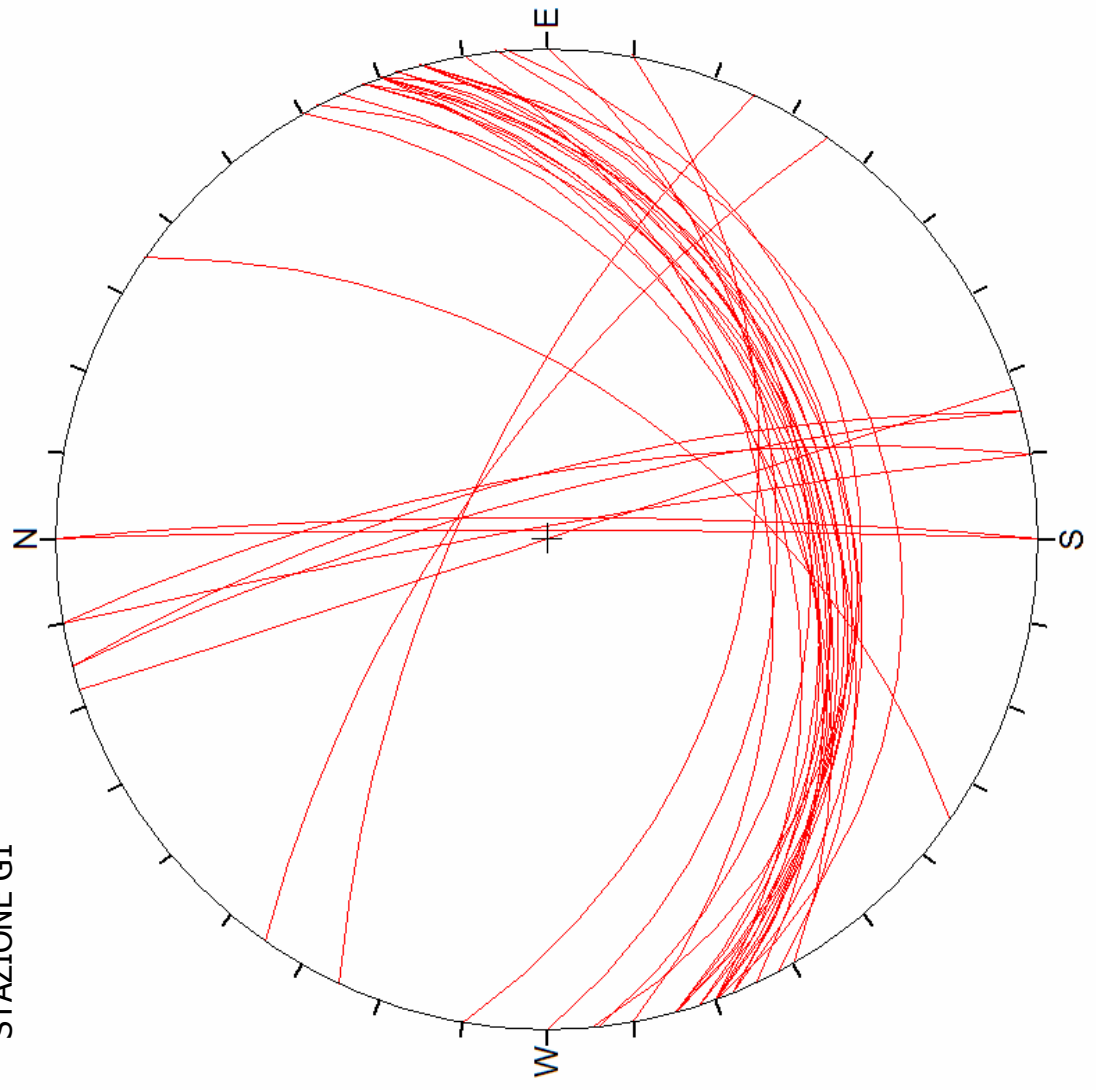
STAZIONE G1



Poles

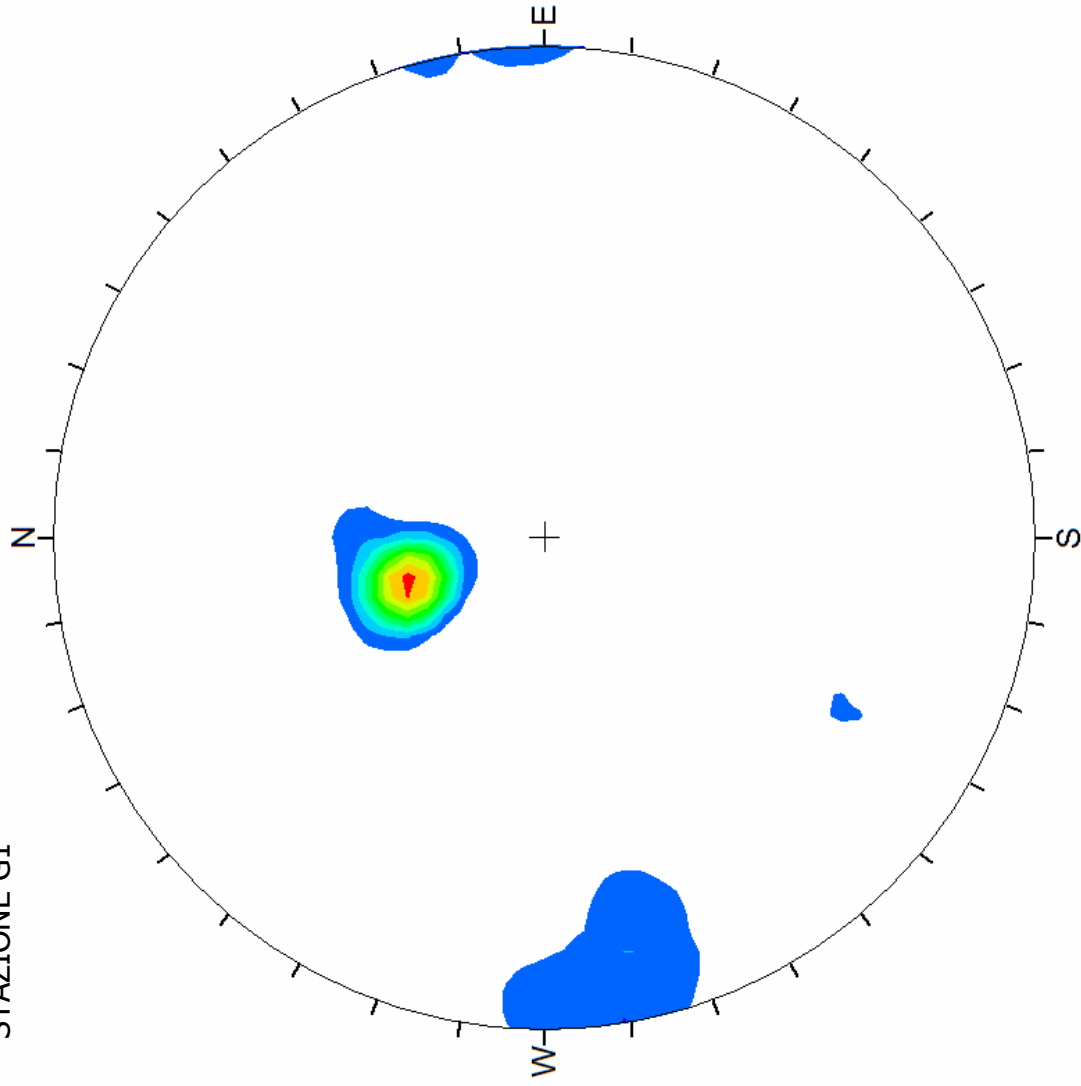
Equal Angle
Lower Hemisphere
33 Poles
33 Entries

STAZIONE G1

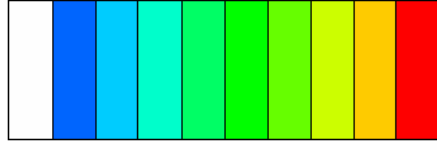


Equal Angle
Lower Hemisphere
33 Poles
33 Entries

STAZIONE G1



Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area



0.00 ~ 5.00 %
5.00 ~ 10.00 %
10.00 ~ 15.00 %
15.00 ~ 20.00 %
20.00 ~ 25.00 %
25.00 ~ 30.00 %
30.00 ~ 35.00 %
35.00 ~ 40.00 %
40.00 ~ 45.00 %
45.00 ~ 50.00 %

No Bias Correction
Max. Conc. = 46.9478%

Equal Angle
Lower Hemisphere
33 Poles
33 Entries

StazioneG2.xls

LAVORO: Galleria Sessera LOCALITA': Trivero

SITO Strada Piancone

DATA 10/12/2009

Stazione n. G2

Inclinazione orizzontale Direzione

115 Lunghezza: 4 m

Descrizione Affioramento: Gabbrodiorite

Grado di alterazione (I-IV) I-II

Resistenza a compressione R5-R6

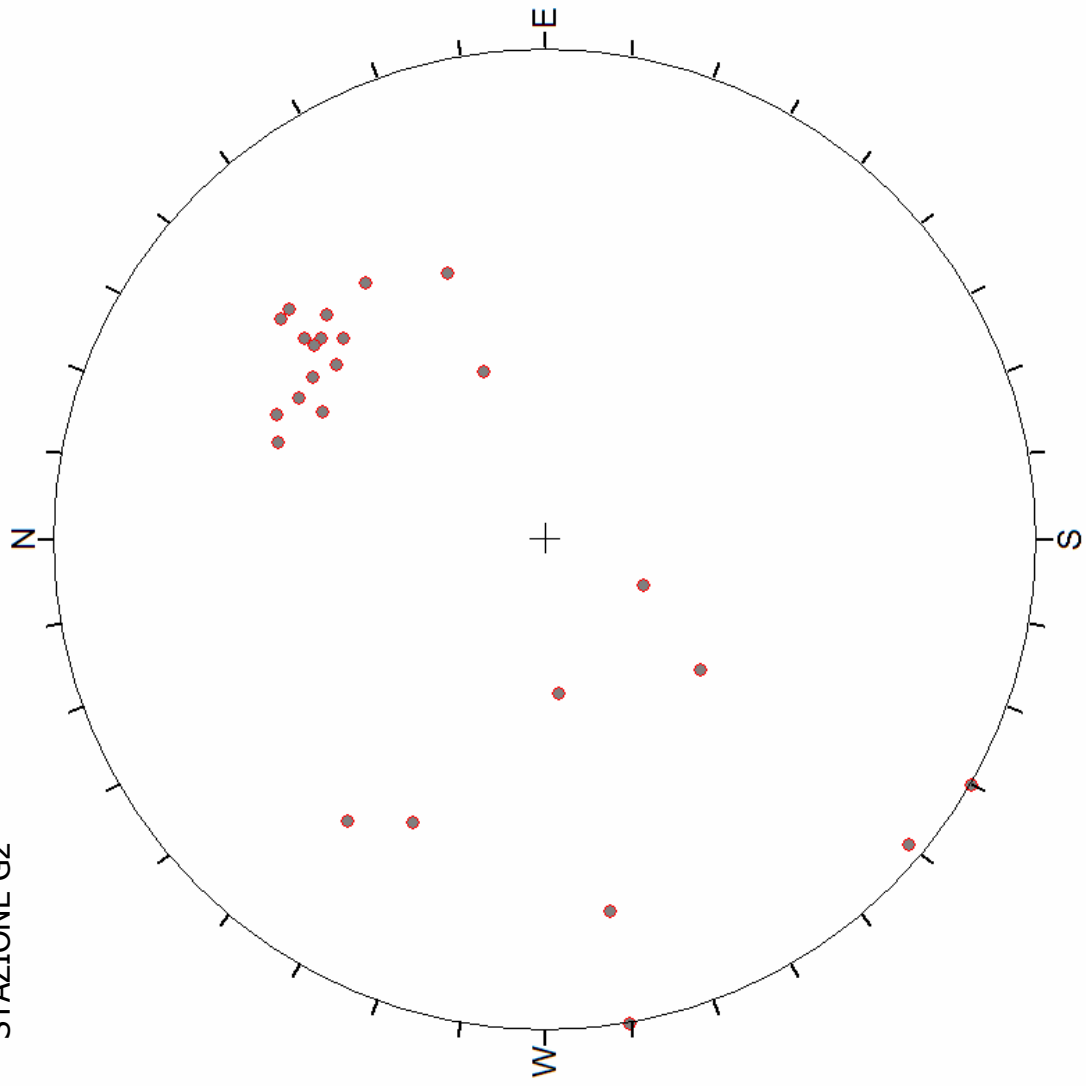
n.	Distanza (cm)	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Lunghezza (cm)	Apertura (mm)	Riempimento (tipo)	Rugosità (I-IX)	Litologia (tipo)	Note
1	20	220	65	30	1-3		V	gabbro-diorite	patine verdastre
2	25	215	60	40	c		IV-V	gabbro-diorite	
3	35	222	70	100	1-3		V	gabbro-diorite	
4	40	40	88	200	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
5	45	30	90	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
6	60	222	63	120	c		V	gabbro-diorite	
7	74	235	65	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
8	100	80	75	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
9	110	250	40	120	c		V	gabbro-diorite	
10	115	210	60	115	5-10	limo	V	gabbro-diorite	
11	125	115	65	180	c		V	gabbro-diorite	
12	150	220	70	125	c		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
13	178	205	62	90	c		IV-V	gabbro-diorite	
14	198	85	35	240	1-10	limo	IV	gabbro-diorite	
15	202	210	55	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
16	215	200	60	115	1-3		IV-V	gabbro-diorite	
17	245	25	25	125	1-5	limo	IV	gabbro-diorite	
18	275	226	65	135	c		IV-V	gabbro-diorite	
19	298	250	60	115	c		V	gabbro-diorite	
20	305	40	45	180	5-10	limo	V	gabbro-diorite	
21	315	80	90	215	1-3		VI	gabbro-diorite	
22	335	125	70	135	c		V-VI	gabbro-diorite	
23	352	225	60	105	c		IV-V	gabbro-diorite	
24	375	220	63	125	5-10		VI	gabbro-diorite	patine verdastre
25	405	215	60	90	c		IV-V	gabbro-diorite	
26	408	220	58	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									

Rugosità: I-III (segmentata:rugosa-liscia-levigata), IV-VI (ondulata: r-l-l), VII-IX (piana:r-l-l)

Alterazione I: Fresca III: Moder. Alterata IV: Suolo

Resistenza a compress.: R0 (unghia) R2 (scalfo. con diff) R4 (>1 colpi martello) R6 (solo schegg.)

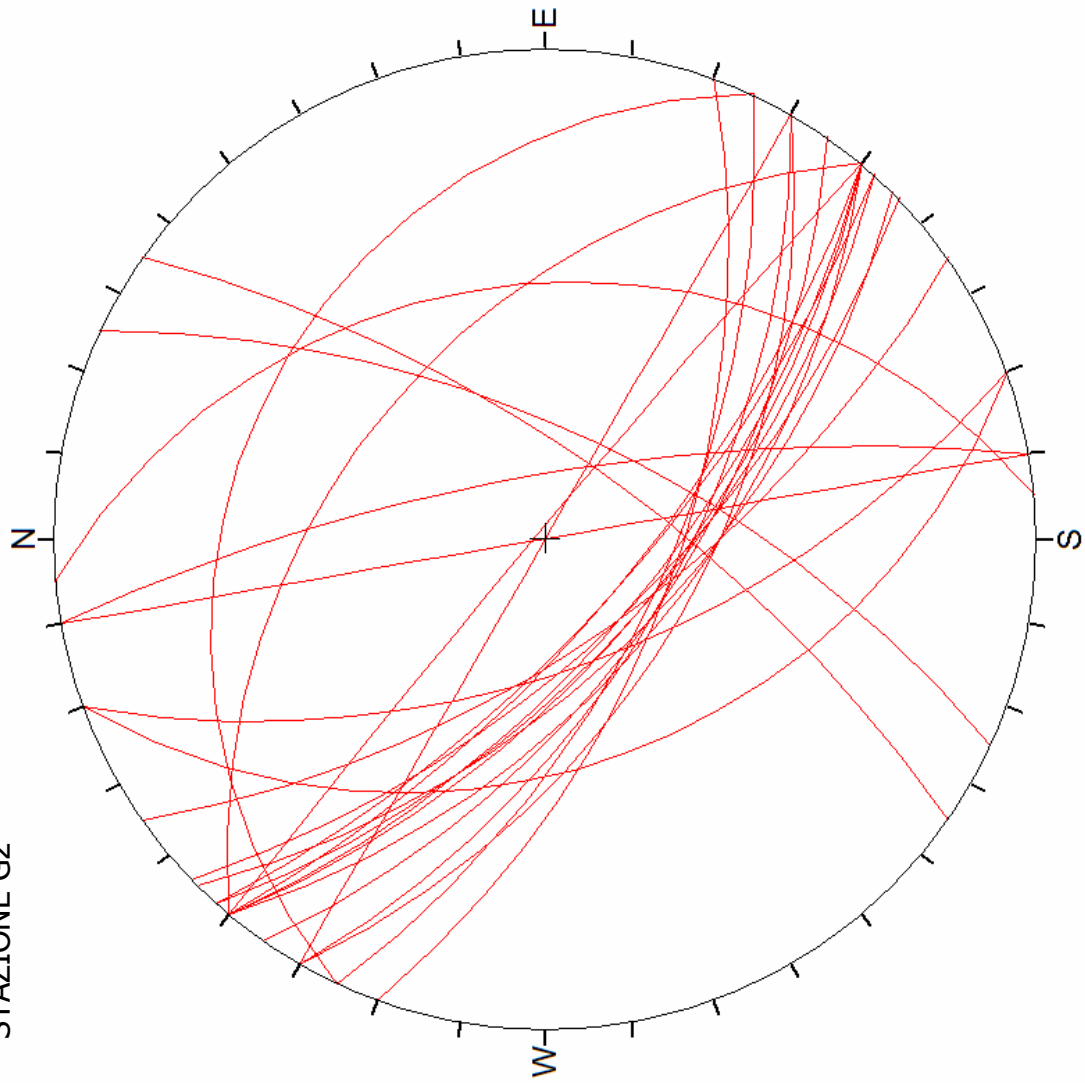
STAZIONE G2



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

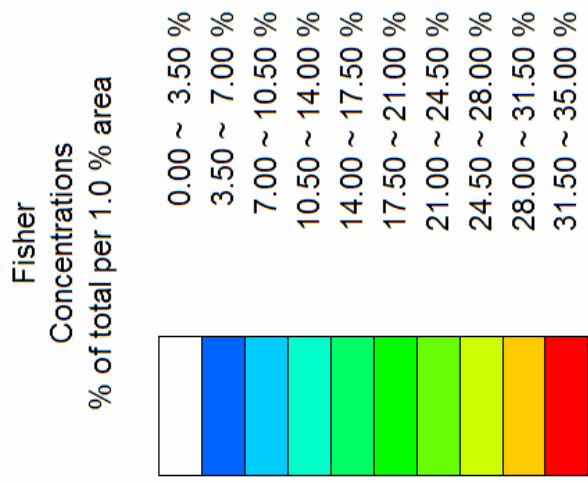
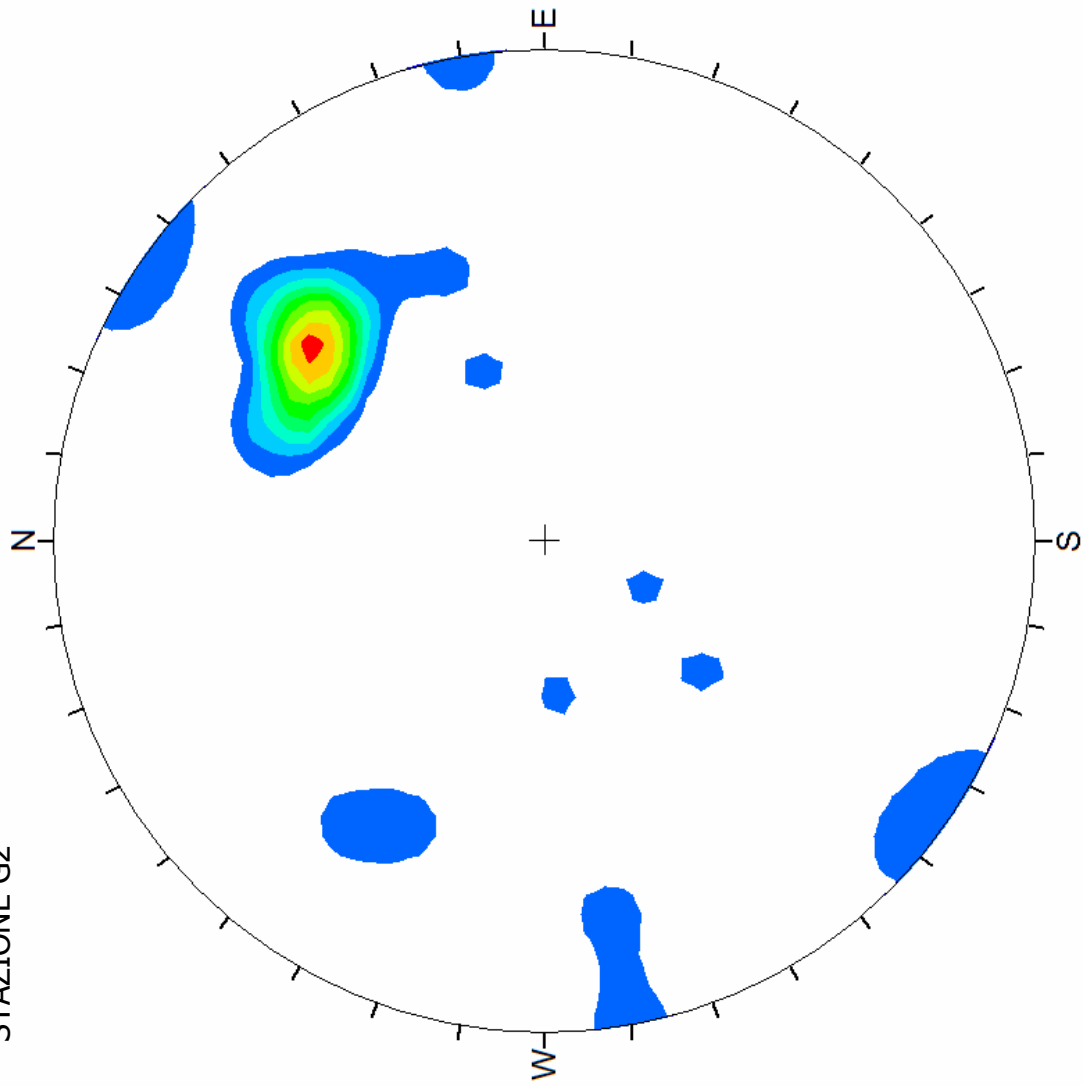
STAZIONE G2



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

STAZIONE G2



No Bias Correction
Max. Conc. = 34.1963%

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

StazioneG3.xls

LAVORO: Galleria Sessera LOCALITA': Trivero

SITO Strada Piancone

DATA 10/12/2009

Stazione n. G3

Inclinazione orizzontale Direzione

125 Lunghezza: 4 m

Descrizione Affioramento: Gabbrodiorite

Grado di alterazione (I-IV) I-II

Resistenza a compressione R5-R6

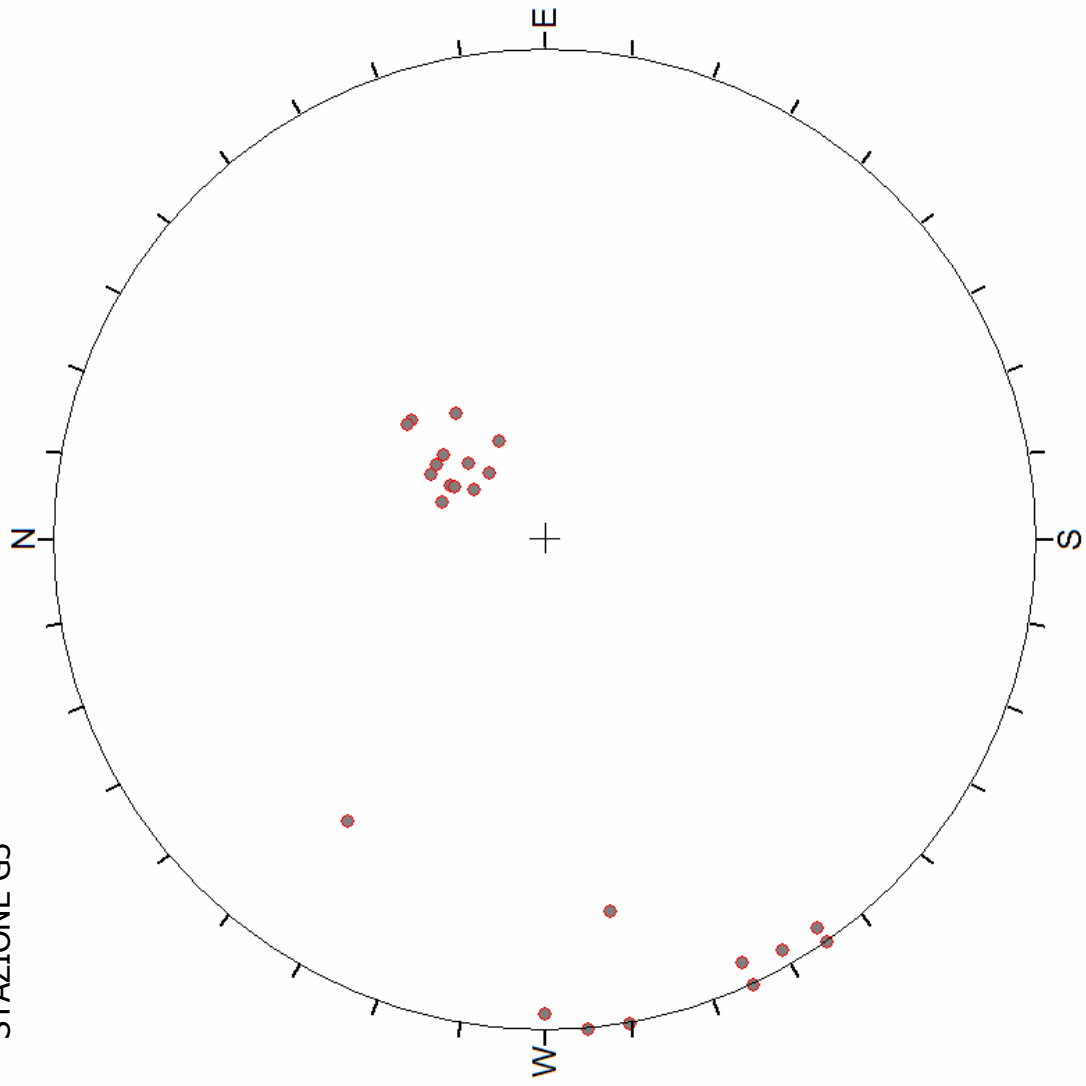
n.	Distanza (cm)	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Lunghezza (cm)	Apertura (mm)	Riempimento (tipo)	Rugosità (I-IX)	Litologia (tipo)	Note
1	10	230	20	100	c		V	gabbro-diorite	
2	25	215	30	40	1-3		V	gabbro-diorite	patine verdastre
3	40	200	25	115	1-3		V	gabbro-diorite	
4	50	60	88	200	1-3		V	gabbro-diorite	patine verdastre
5	55	55	90	150	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
6	60	222	40	125	1-3		V	gabbro-diorite	
7	80	235	35	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
8	100	80	75	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
9	110	245	25	120	c		V	gabbro-diorite	
10	120	210	30	40	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
11	125	55	90	180	c		V	gabbro-diorite	
12	150	220	40	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
13	170	210	25	90	c		V	gabbro-diorite	
14	200	85	90	270	1-10	limo	IV	gabbro-diorite	
15	205	210	24	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
16	215	90	88	115	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
17	240	80	90	155	1-5	limo	V	gabbro-diorite	
18	272	60	88	135	c		IV-V	gabbro-diorite	
19	298	65	90	85	c		V	gabbro-diorite	
20	305	55	88	180	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
21	312	80	90	205	1-3		VI	gabbro-diorite	
22	334	125	70	135	c		V-VI	gabbro-diorite	
23	355	225	25	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
24	370	220	30	200	5-10	limo	VI	gabbro-diorite	
25	395	215	20	40	c		IV-V	gabbro-diorite	
26	402	65	87	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									

Rugosità: I-III (segmentata:rugosa-liscia-levigata), IV-VI (ondulata: r-l-l), VII-IX (piana:r-l-l)

Alterazione I: Fresca III: Moder. Alterata IV: Suolo

Resistenza a compress.: R0 (unghia) R2 (scalfo. con diff) R4 (>1 colpi martello) R6 (solo schegg.)

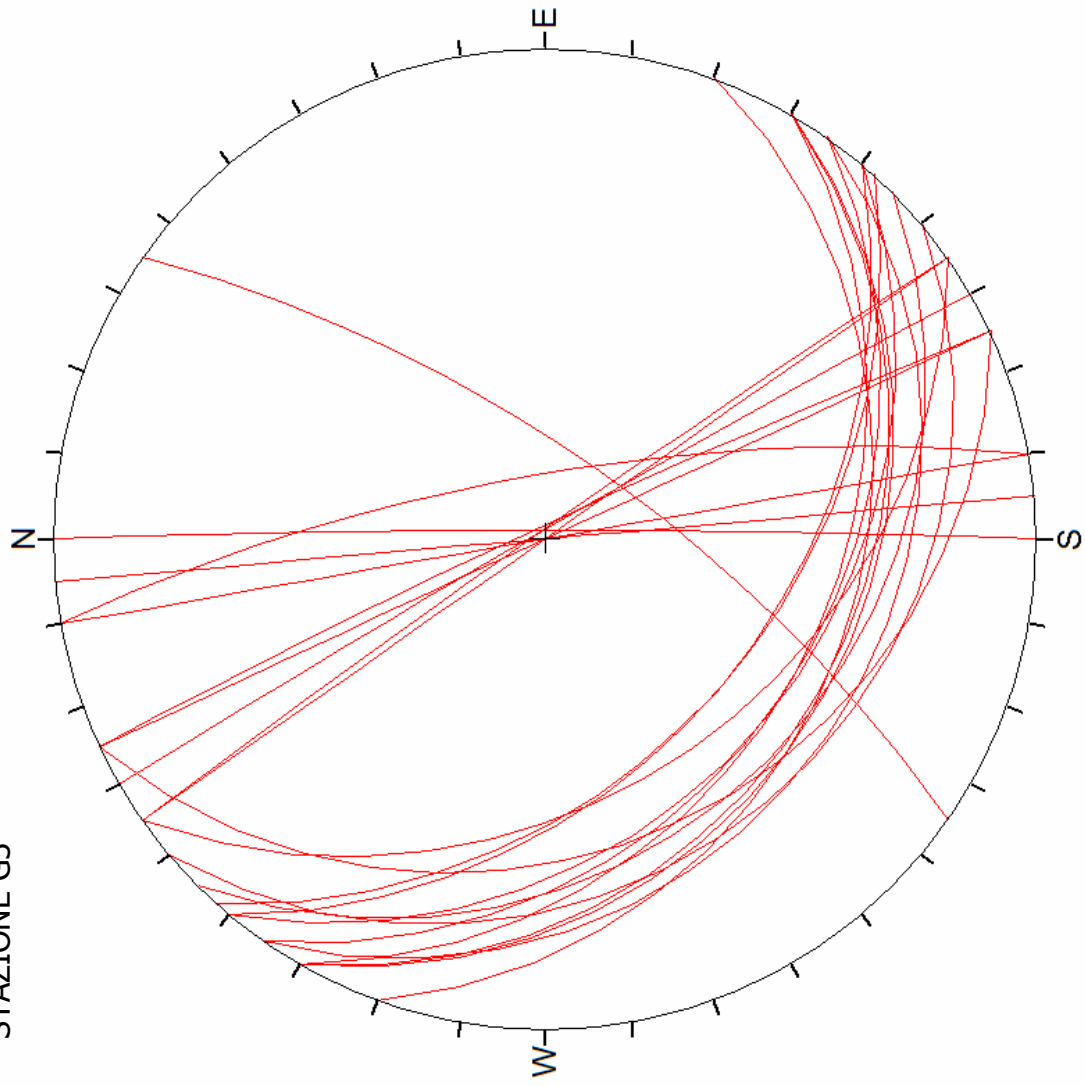
STAZIONE G3



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

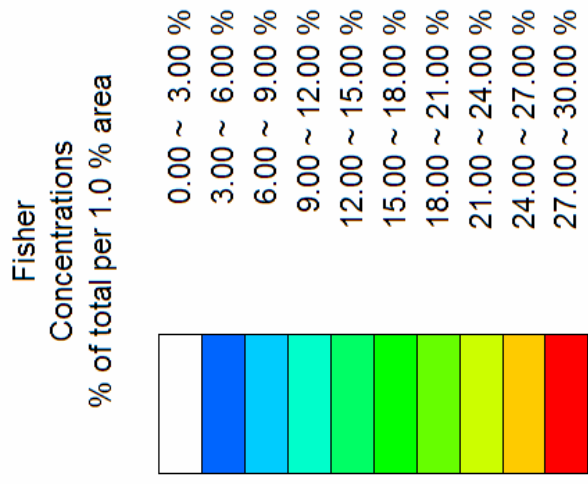
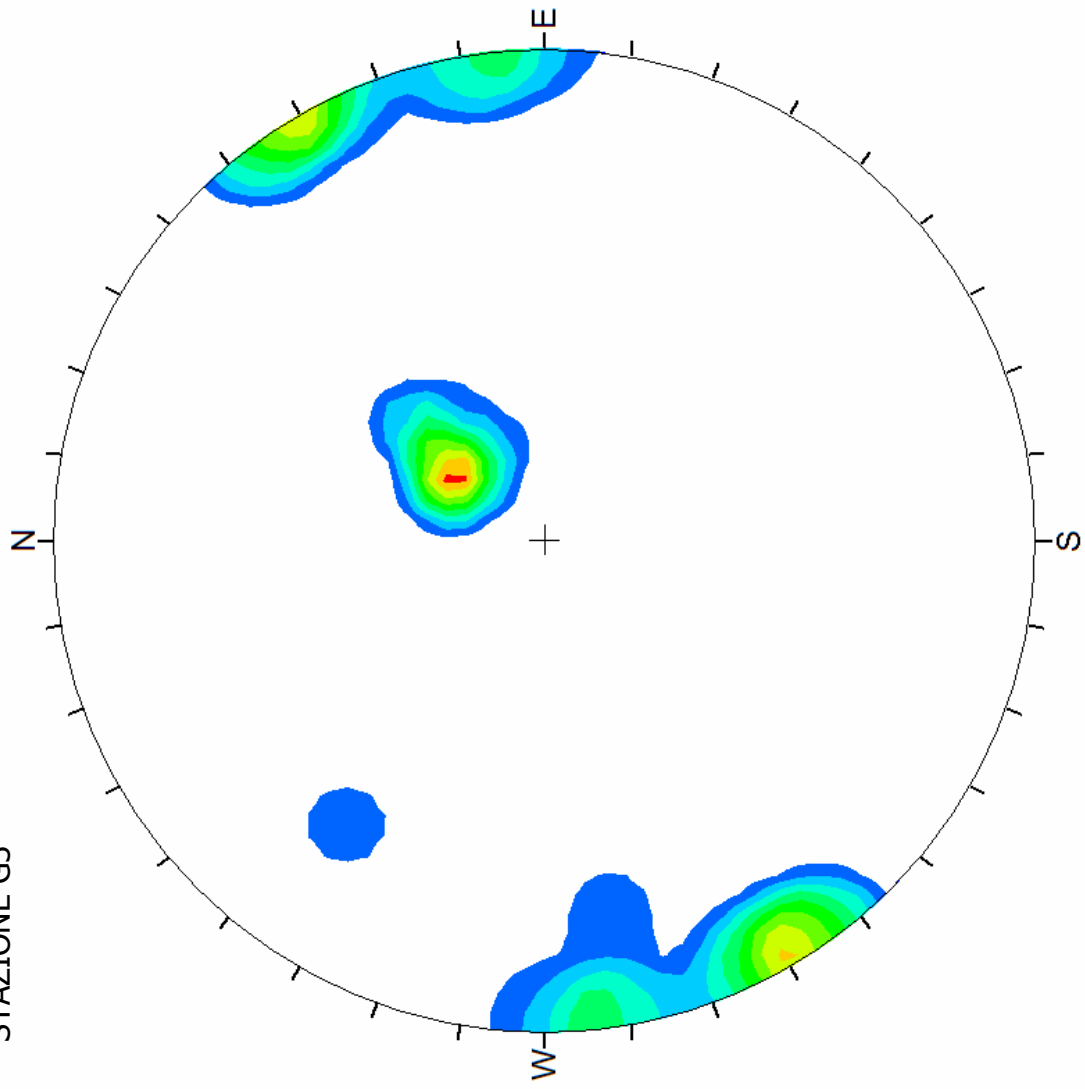
STAZIONE G3



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

STAZIONE G3



No Bias Correction
Max. Conc. = 28.1051%

Equal Angle
Lower Hemisphere
26 Poles
26 Entries

StazioneG4.xls

LAVORO: Galleria Sessera LOCALITA': Trivero SITO Strada Piancone DATA 11/12/2009

Stazione n. G4 Inclinazione orizzontale Direzione 345 Lunghezza: 10 m

Descrizione Affioramento: Gabbrodiorite

Grado di alterazione (I-IV) I-II Resistenza a compressione R5-R6

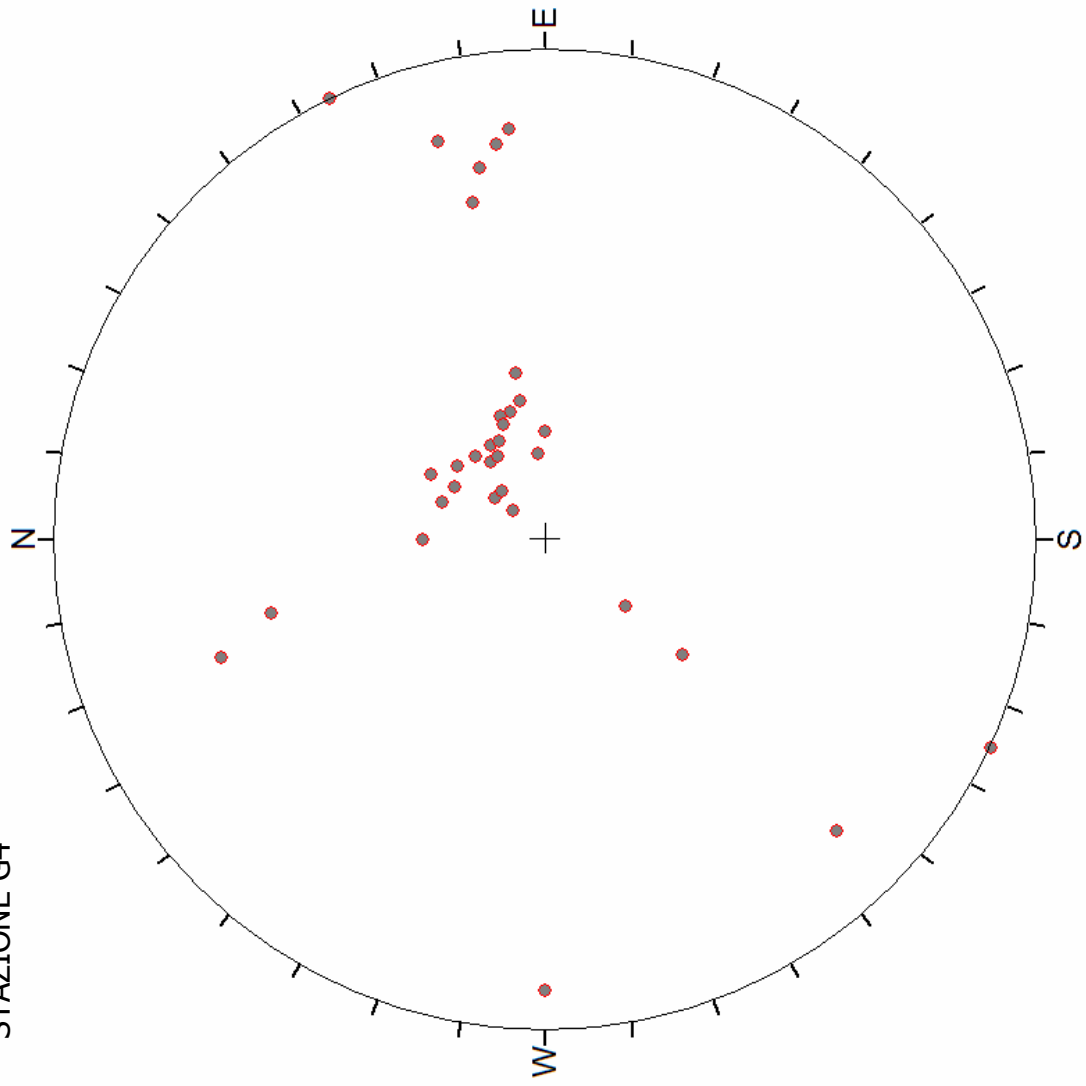
n.	Distanza (cm)	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Lunghezza (cm)	Apertura (mm)	Riempimento (tipo)	Rugosità (I-IX)	Litologia (tipo)	Note
1	25	235	22	80	c		IV-V	gabbro-diorite	
2	40	255	30	40	c		IV-V	gabbro-diorite	
3	60	200	25	115	1-3		V	gabbro-diorite	patine verdastre
4	85	260	75	155	1-3		V	gabbro-diorite	patine verdastre
5	105	265	80	150	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
6	125	222	10	125	1-3		V	gabbro-diorite	
7	145	165	60	15	c		V	gabbro-diorite	
8	150	250	30	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
9	168	270	25	120	c		V	gabbro-diorite	
10	185	210	30	40	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
11	205	230	25	180	c		VI	gabbro-diorite	
12	225	260	38	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
13	235	210	24	90	c		V	gabbro-diorite	
14	250	258	70	215	1-10	limo	IV	gabbro-diorite	
15	300	265	80	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
16	315	45	80	115	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
17	328	165	60	115	1-5	limo	V	gabbro-diorite	
18	350	240	25	135	c		IV-V	gabbro-diorite	
19	505	260	32	85	c		V	gabbro-diorite	
20	525	180	28	180	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
21	565	255	80	205	1-3		VI	gabbro-diorite	
22	585	263	78	125	c		V-VI	gabbro-diorite	
23	602	220	15	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
24	615	40	40	200	5-10	limo	VI	gabbro-diorite	
25	652	245	25	40	c		IV-V	gabbro-diorite	
26	725	265	20	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
27	785	220	26	90	1-3		V	gabbro-diorite	
28	795	250	28	115	c		IV-V	gabbro-diorite	
29	805	210	24	165	c		VI	gabbro-diorite	
30	855	90	85	200	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
31	875	244	90	70	5-10	limo	V	gabbro-diorite	
32	889	228	15	80	1-3		IV	gabbro-diorite	patine verdastre
33	912	160	70	115	c		V	gabbro-diorite	
34	915	240	22	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
35	955	40	24	65	c		VI	gabbro-diorite	
36	985	25	90	100	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									

Rugosità: I-III (segmentata:rugosa-liscia-levigata), IV-VI (ondulata: r-I-I), VII-IX (piana:r-I-I)

Alterazione I: Fresca III: Moder. Alterata IV: Suolo

Resistenza a compress.: R0 (unghia) R2 (scalp. con diff) R4 (>1 colpi martello) R6 (solo schegg.)

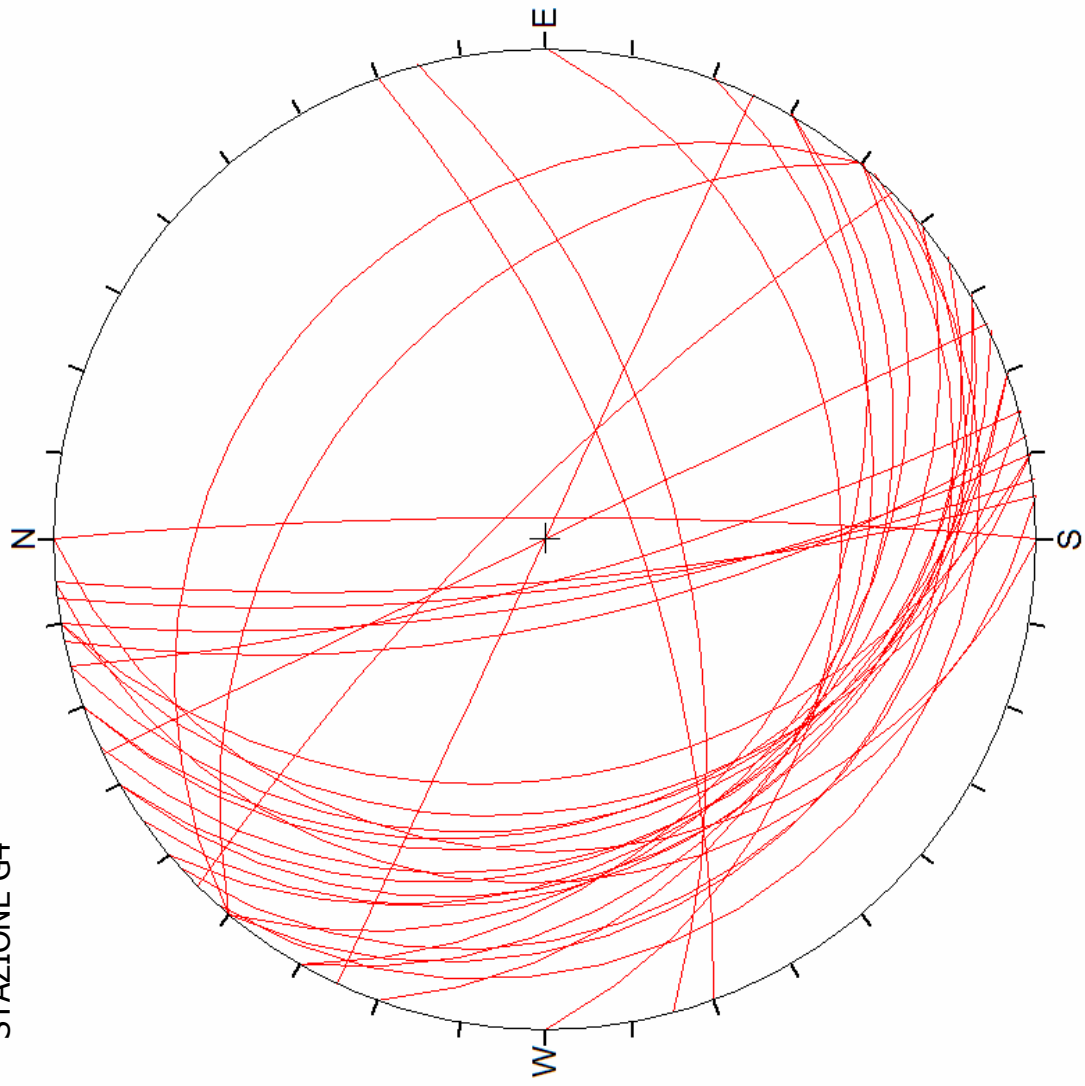
STAZIONE G4



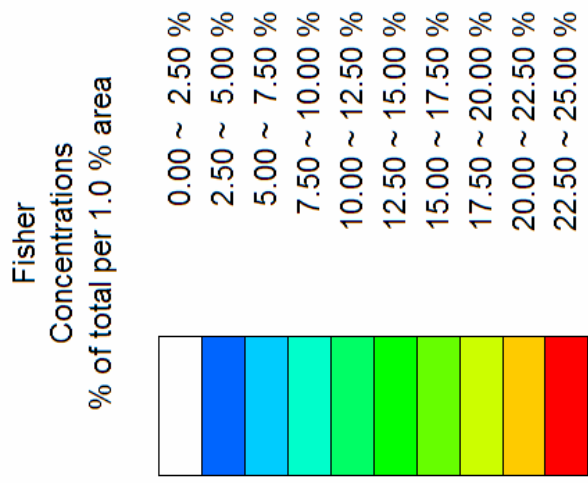
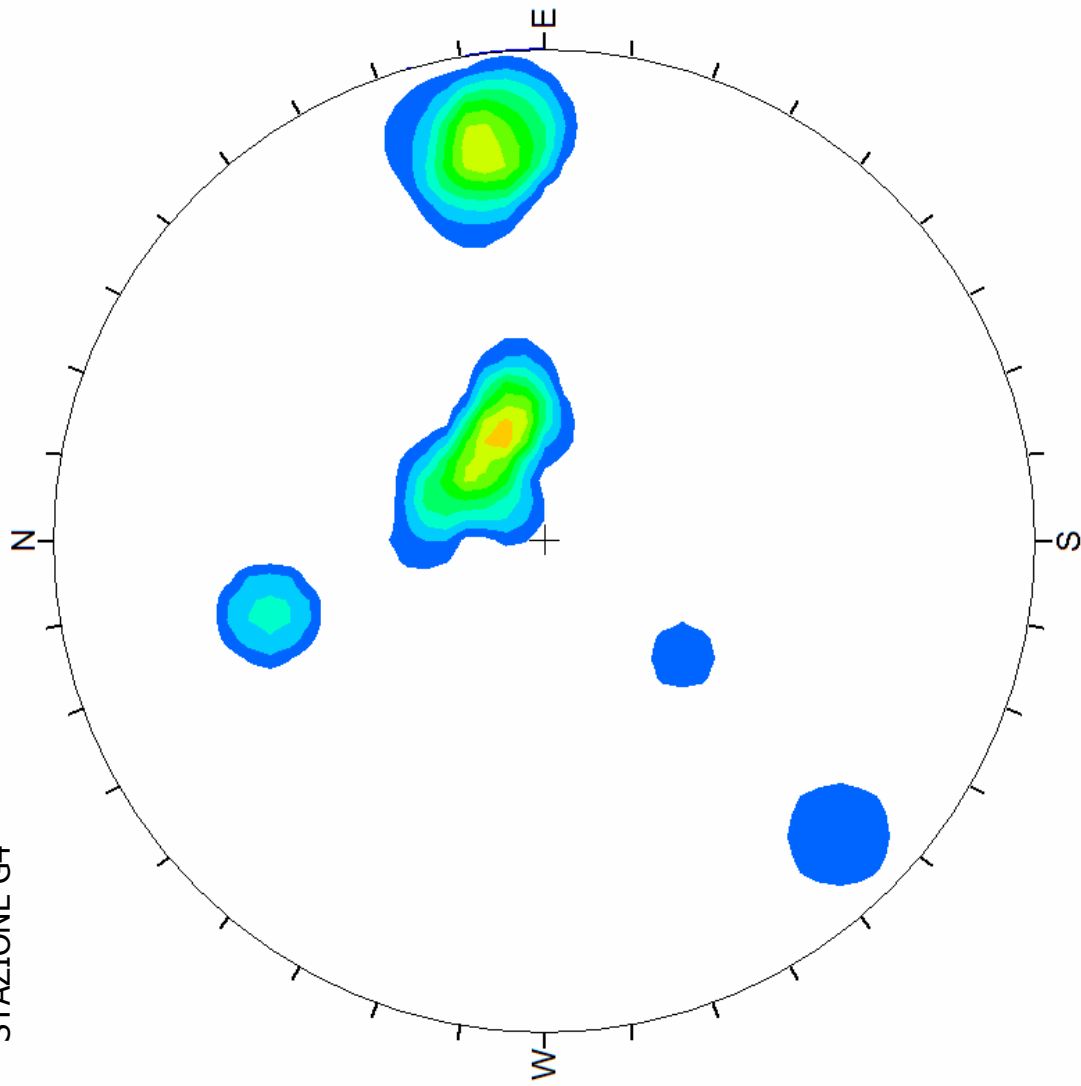
Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
25 Poles
36 Entries

STAZIONE G4



STAZIONE G4



No Bias Correction
Max. Conc. = 21.6467%

Equal Angle
Lower Hemisphere
25 Poles
36 Entries

StazioneG5.xls

LAVORO: Galleria Sessera LOCALITA': Trivero SITO Strada Piancone DATA 11/12/2009

Stazione n. G5 Inclinazione orizzontale Direzione 350 Lunghezza: 8 m

Descrizione Affioramento: Gabbrodiorite

Grado di alterazione (I-IV) I-II Resistenza a compressione R5-R6

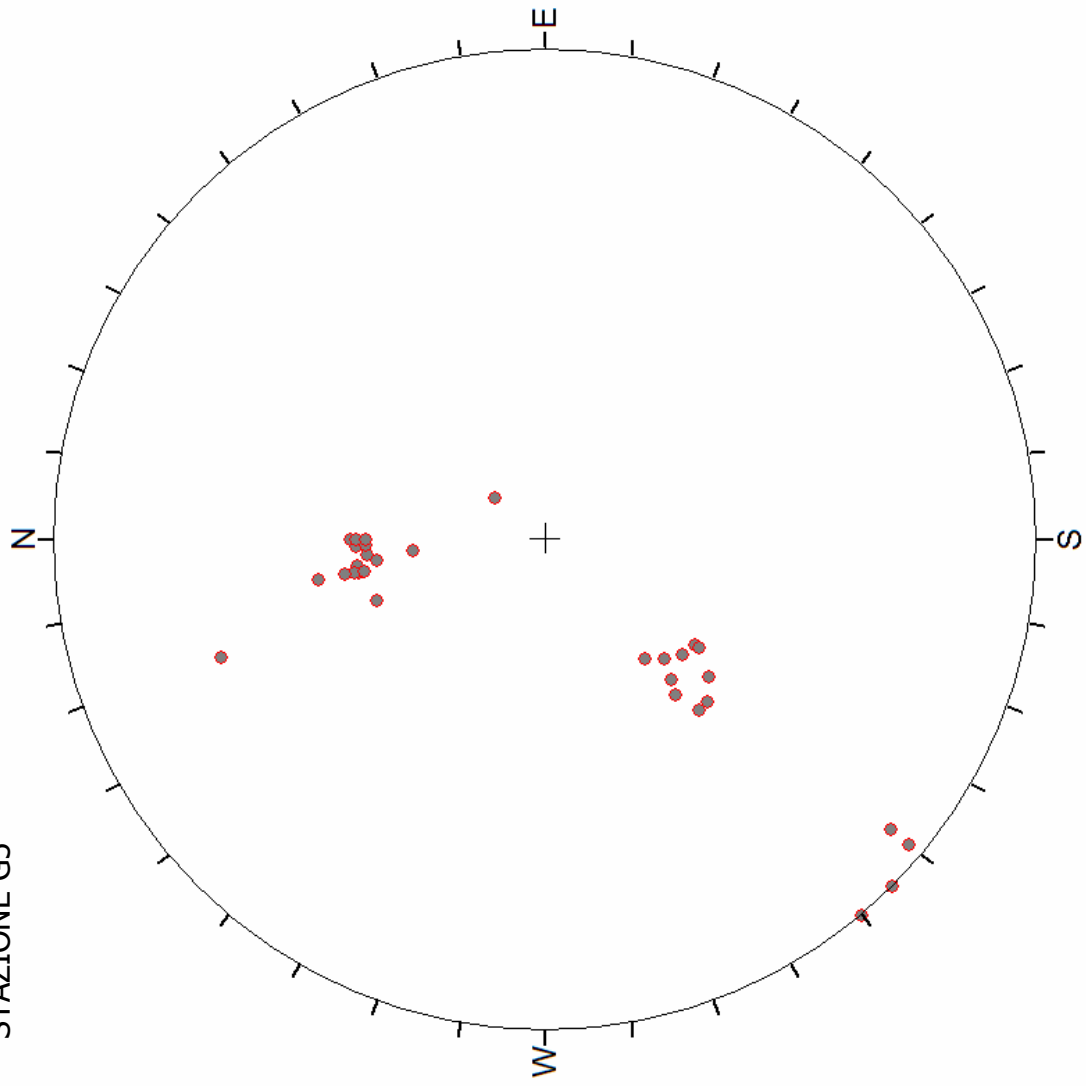
n.	Distanza (cm)	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Lunghezza (cm)	Apertura (mm)	Riempimento (tipo)	Rugosità (I-IX)	Litologia (tipo)	Note
1	0	180	43	105	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
2	25	40	40	80	c		IV-V	gabbro-diorite	
3	45	175	40	115	c		V	gabbro-diorite	
4	85	170	42	140	1-3	limo	V	gabbro-diorite	patine verdastre
5	115	50	45	150	1-3	limo	IV-V	gabbro-diorite	
6	125	178	42	125	1-3		V	gabbro-diorite	
7	150	35	41	80	c		V	gabbro-diorite	
8	165	172	42	125	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
9	180	170	50	120	c		V	gabbro-diorite	
10	185	45	50	40	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
11	210	40	85	180	c		VI	gabbro-diorite	
12	250	45	90	145	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
13	245	178	40	90	c		V	gabbro-diorite	
14	250	35	42	180	1-10	limo	IV	gabbro-diorite	
15	215	173	38	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
16	315	170	43	115	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
17	350	48	50	200	1-5	limo	V	gabbro-diorite	
18	400	178	40	135	c		IV-V	gabbro-diorite	
19	415	45	38	85	c		V	gabbro-diorite	
20	445	170	41	300	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
21	458	170	45	205	1-3		VI	gabbro-diorite	
22	465	48	42	150	c		V-VI	gabbro-diorite	
23	502	220	15	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
24	508	178	40	200	5-10	limo	VI	gabbro-diorite	
25	525	50	35	80	c		IV-V	gabbro-diorite	
26	585	180	42	150	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
27	615	160	40	90	1-3		V	gabbro-diorite	
28	652	40	47	150	c		IV-V	gabbro-diorite	
29	680	40	88	165	c		VI	gabbro-diorite	
30	715	50	90	200	1-3	limo	IV-V	gabbro-diorite	
31	745	180	40	80	c		V	gabbro-diorite	
32	785	175	30	100	1-3	limo	IV	gabbro-diorite	patine verdastre
33	790	160	70	125	c		V	gabbro-diorite	
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									

Rugosità: I-III (segmentata:rugosa-liscia-levigata), IV-VI (ondulata: r-l-l), VII-IX (piana:r-l-l)

Alterazione I: Fresca III: Moder. Alterata IV: Suolo

Resistenza a compress.: R0 (unghia) R2 (scalfo. con diff) R4 (>1 colpi martello) R6 (solo schegg.)

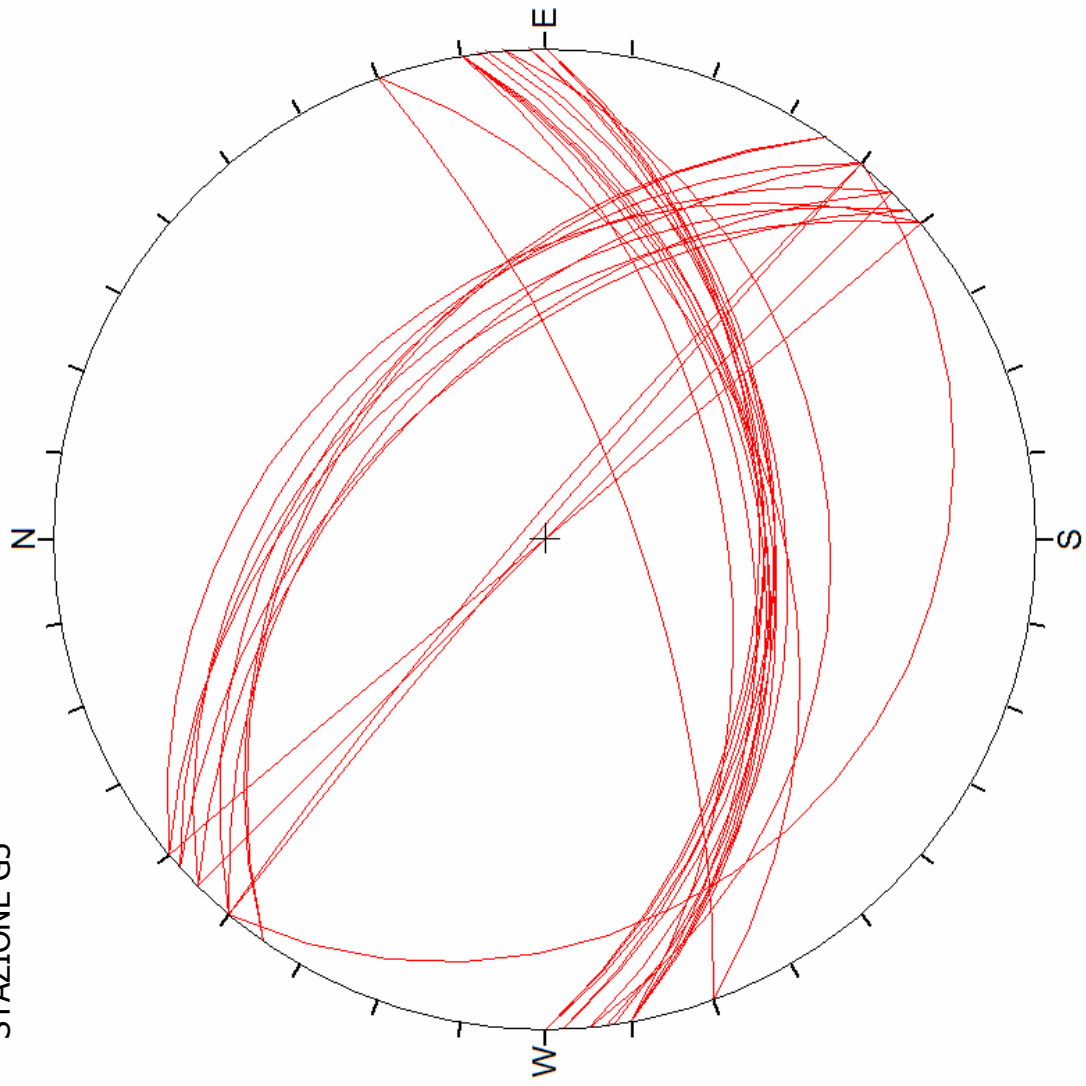
STAZIONE G5



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
25 Poles
33 Entries

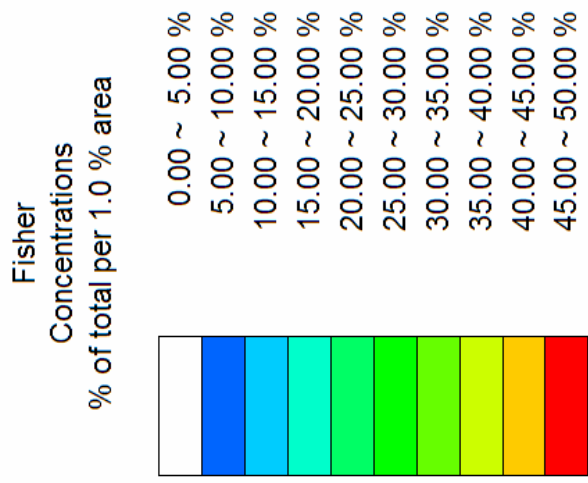
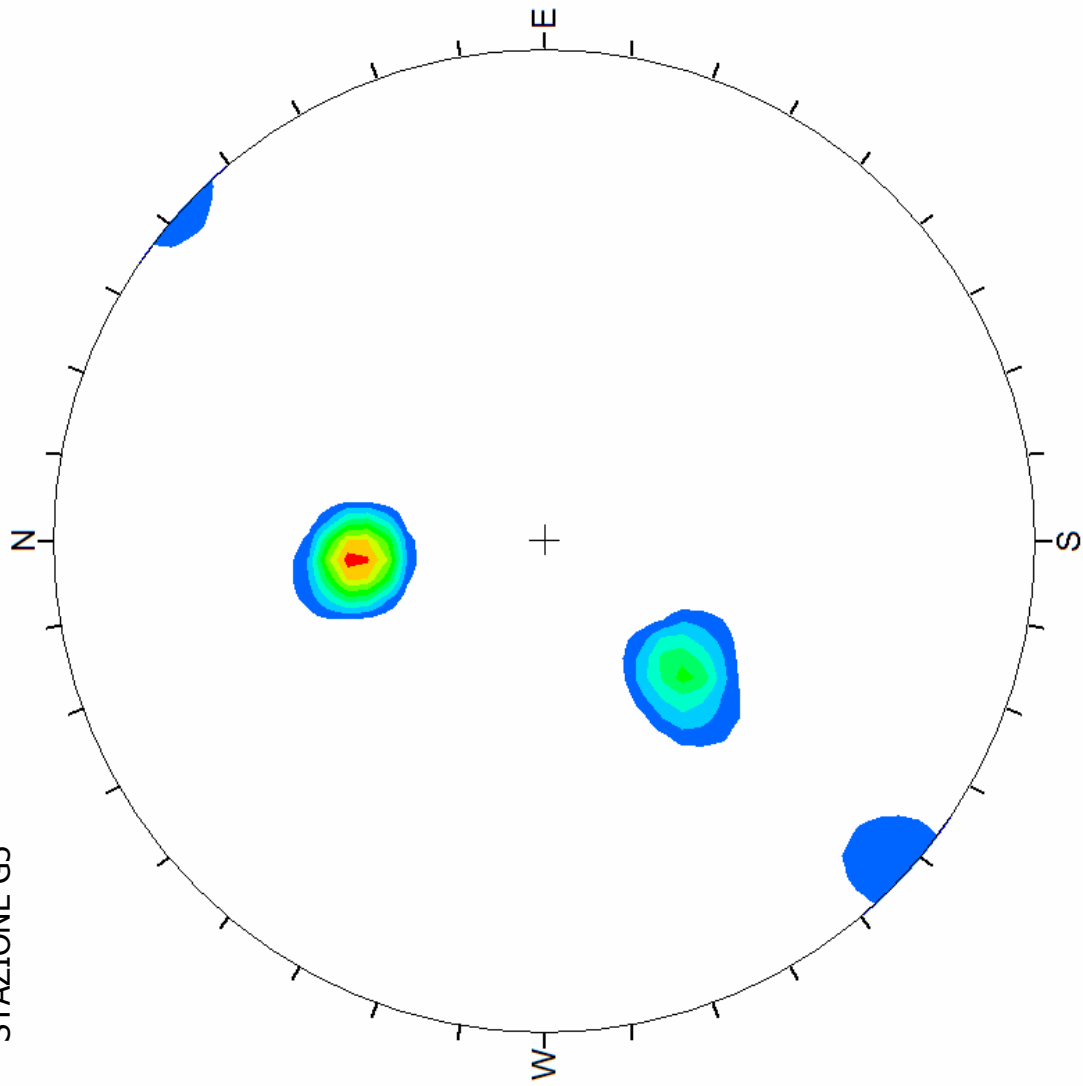
STAZIONE G5



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
25 Poles
33 Entries

STAZIONE G5



No Bias Correction
Max. Conc. = 47.5682%

Equal Angle
Lower Hemisphere
25 Poles
33 Entries

StazioneG6.xls

LAVORO: Galleria Sesslera LOCALITA': Trivero

SITO Strada Piancone

DATA 11/12/2009

Stazione n. G6 Inclinazione orizzontale Direzione 200 Lunghezza: 10 m

Descrizione Affioramento: Gabbrodiorite

Grado di alterazione (I-IV) I-II Resistenza a compressione R5-R6

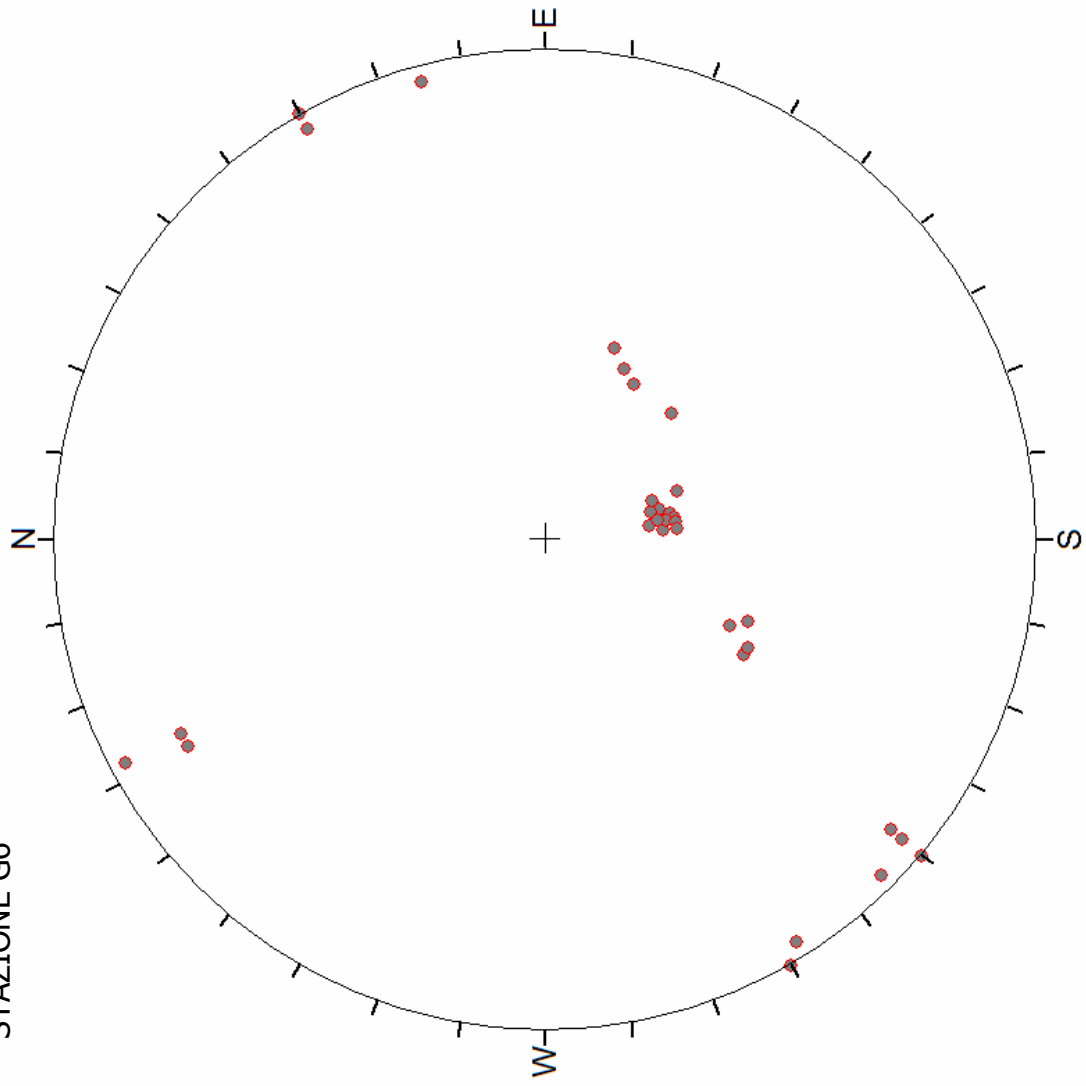
n.	Distanza (cm)	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Lunghezza (cm)	Apertura (mm)	Riempimento (tipo)	Rugosità (I-IX)	Litologia (tipo)	Note
1	10	350	28	200	c		V	gabbro-diorite	
2	40	345	27	90	1-3	limo	VI	gabbro-diorite	patine verdastre
3	55	352	24	100	c		V	gabbro-diorite	
4	90	348	29	155	c		V	gabbro-diorite	patine verdastre
5	115	300	40	150	1-3		IV-V	gabbro-diorite	
6	145	295	42	125	1-3	limo	V	gabbro-diorite	patine verdastre
7	150	30	50	80	c		V	gabbro-diorite	
8	178	25	45	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
9	180	150	80	120	5-10	limo	V	gabbro-diorite	patine verdastre
10	185	355	27	40	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
11	225	345	25	180	c		VI	gabbro-diorite	
12	245	340	26	145	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
13	245	350	30	90	c		V	gabbro-diorite	
14	255	340	32	180	1-10	limo	IV	gabbro-diorite	patine verdastre
15	275	290	45	125	c		IV-V	gabbro-diorite	
16	310	300	40	115	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
17	345	22	48	200	1-5	limo	V	gabbro-diorite	patine verdastre
18	350	28	50	135	c		IV-V	gabbro-diorite	
19	380	152	88	85	c		V	gabbro-diorite	
20	405	350	26	300	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
21	425	240	90	205	1-3		VI	gabbro-diorite	
22	465	240	88	150	c		V-VI	gabbro-diorite	
23	505	345	25	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
24	515	340	26	200	5-10	limo	VI	gabbro-diorite	
25	525	60	90	80	c		IV-V	gabbro-diorite	
26	570	58	88	150	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
27	615	315	40	90	1-3		V	gabbro-diorite	
28	645	355	27	150	1-3	limo	IV-V	gabbro-diorite	
29	678	351	28	165	c		VI	gabbro-diorite	
30	700	40	90	200	1-3	limo	IV-V	gabbro-diorite	
31	725	45	88	80	c		V	gabbro-diorite	
32	780	350	26	100	c		IV	gabbro-diorite	patine verdastre
33	810	152	80	125	c		V	gabbro-diorite	
34	850	40	87	200	c		IV-V	gabbro-diorite	
35	900	352	30	120	1-3		VI	gabbro-diorite	
36	925	355	30	180	1-3		IV-V	gabbro-diorite	
37	945	40	85	90	5-10	limo	V	gabbro-diorite	
38	980	255	88	45	c		VI	gabbro-diorite	
39									
40									
41									
42									
43									
44									

Rugosità: I-III (segmentata:rugosa-liscia-levigata), IV-VI (ondulata: r-I-I), VII-IX (piana:r-I-I)

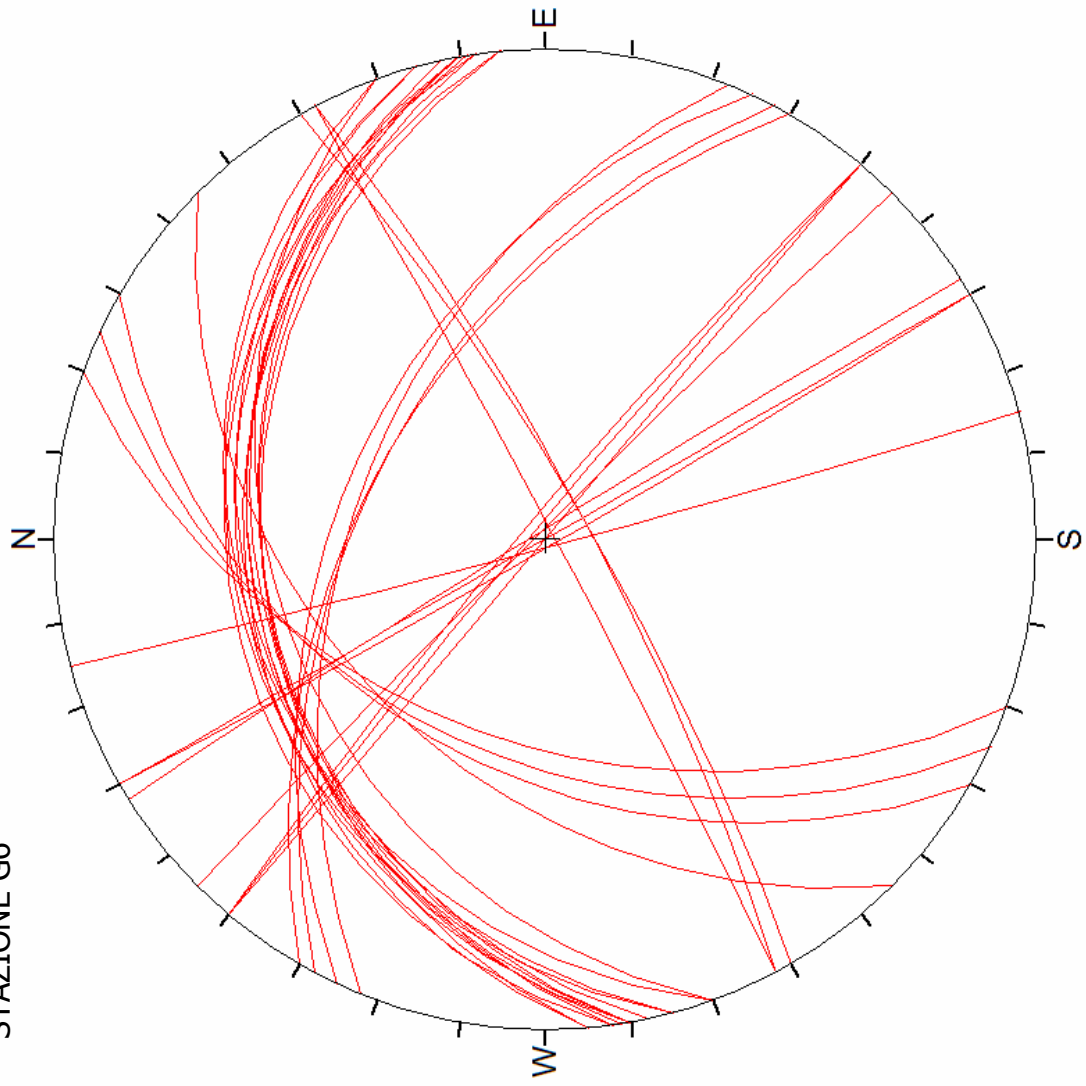
Alterazione I: Fresca III: Moder. Alterata IV: Suolo

Resistenza a compress.: R0 (unghia) R2 (scalfo. con diff) R4 (>1 colpi martello) R6 (solo schegg.)

STAZIONE G6



STAZIONE G6

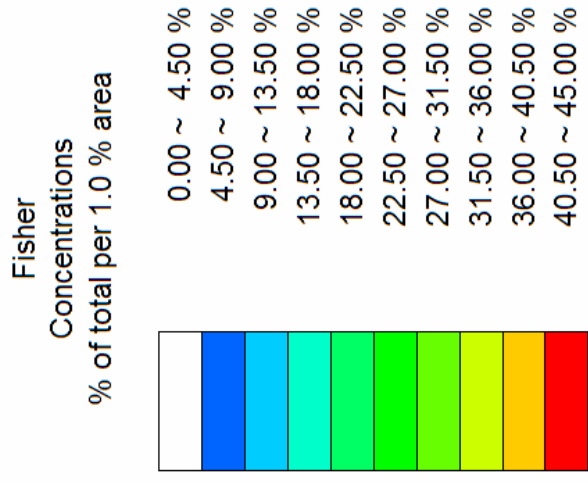
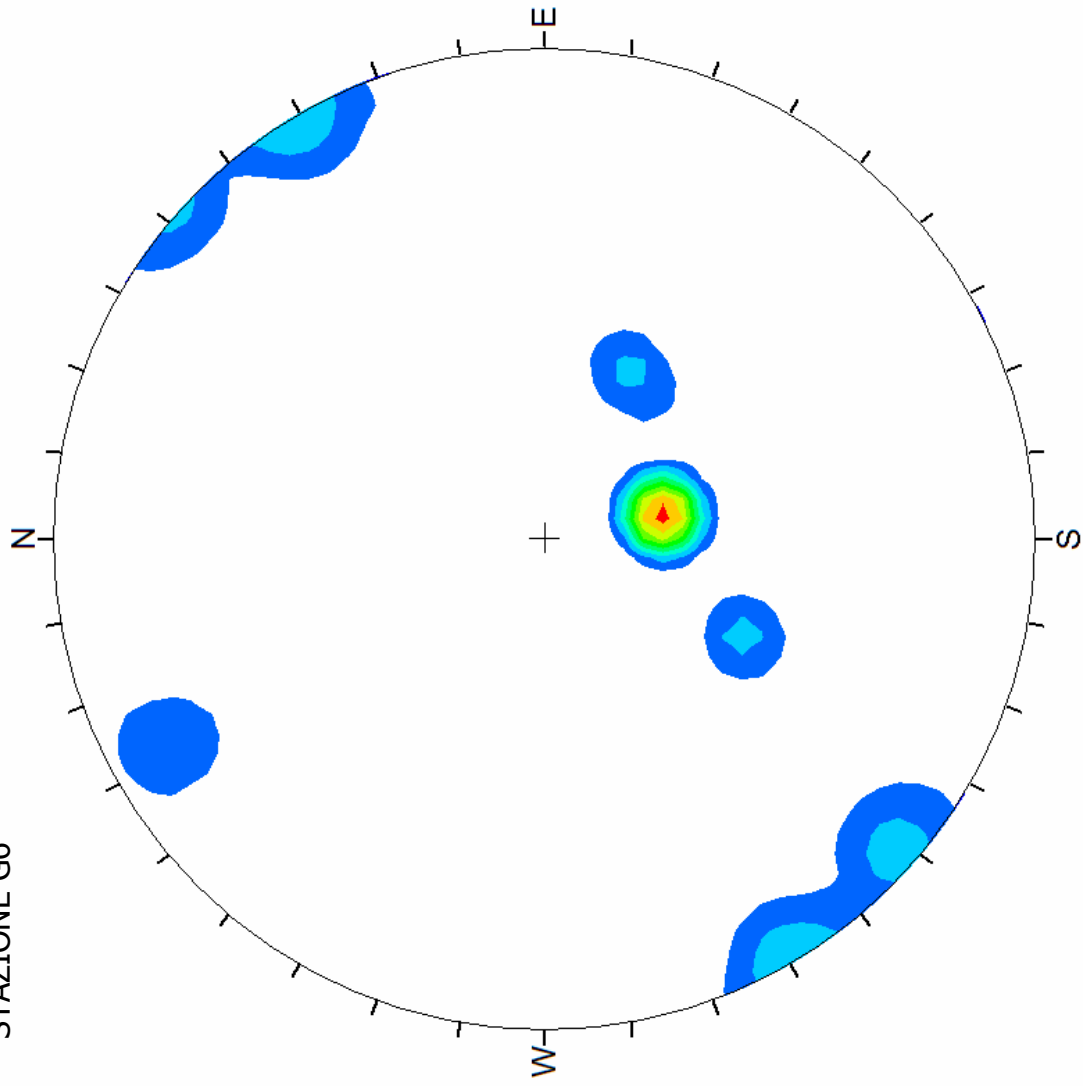


Poles



Equal Angle
Lower Hemisphere
38 Poles
38 Entries

STAZIONE G6



No Bias Correction
Max. Conc. = 42.4949%

Equal Angle
Lower Hemisphere
38 Poles
38 Entries

StazioneG7.xls

LAVORO: Galleria Sessera LOCALITA': Trivero

SITO Centrale Piancone

DATA 11/12/2009

Stazione n. G6 Inclinazione - Direzione - Lunghezza: -

Descrizione Affioramento: Gabbrodiorite Stazione di misra a punti sparsi

Grado di alterazione (I-IV) II-III Resistenza a compressione R5-R6

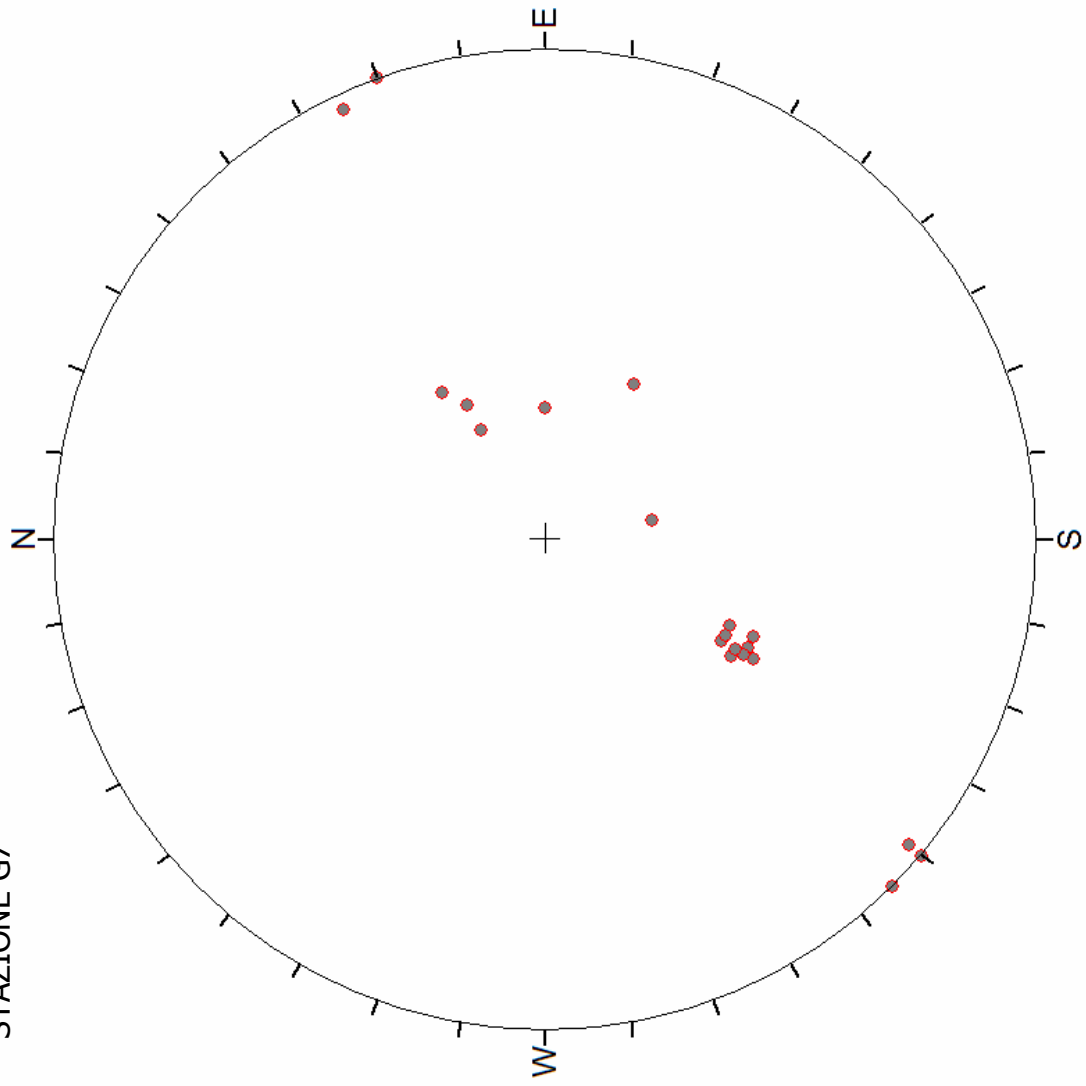
n.	Distanza (cm)	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Lunghezza (cm)	Apertura (mm)	Riempimento (tipo)	Rugosità (I-IX)	Litologia (tipo)	Note
1		30	50		5-10	limo	V	gabbro-diorite	
2		25	45		1-3	limo	VI	gabbro-diorite	patine verdastre
3		350	25	100	1-3		V	gabbro-diorite	
4		240	29	150	c		V	gabbro-diorite	patine verdastre
5		32	48		1-3		IV-V	gabbro-diorite	
6		28	50		1-3	limo	V	gabbro-diorite	patine verdastre
7		235	40	80	c		V	gabbro-diorite	
8		30	45		c		IV-V	gabbro-diorite	
9		25	50	120	5-10	limo	V	gabbro-diorite	patine verdastre
10		250	90	200	5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
11		245	88	180	c		VI	gabbro-diorite	
12		30	48		1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
13		25	50		c		V	gabbro-diorite	
14		270	30	180	1-10	limo	IV	gabbro-diorite	patine verdastre
15		40	90	180	c		IV-V	gabbro-diorite	
16		300	40	125	1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
17		28	45		1-5	limo	V	gabbro-diorite	patine verdastre
18		40	88		c		IV-V	gabbro-diorite	
19		30	52		c		V	gabbro-diorite	
20		30	50		5-10	limo	IV-V	gabbro-diorite	
21		240	35	150	1-3		VI	gabbro-diorite	
22		45	90		c		V-VI	gabbro-diorite	
23		30	48		1-3		IV-V	gabbro-diorite	patine verdastre
24		40	90		5-10	limo	VI	gabbro-diorite	
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									

Rugosità: I-III (segmentata:rugosa-liscia-levigata), IV-VI (ondulata: r-l-l), VII-IX (piana:r-l-l)

Alterazione I: Fresca III: Moder. Alterata IV: Suolo

Resistenza a compress.: R0 (unghia) R2 (scalp. con diff) R4 (>1 colpi martello) R6 (solo schegg.)

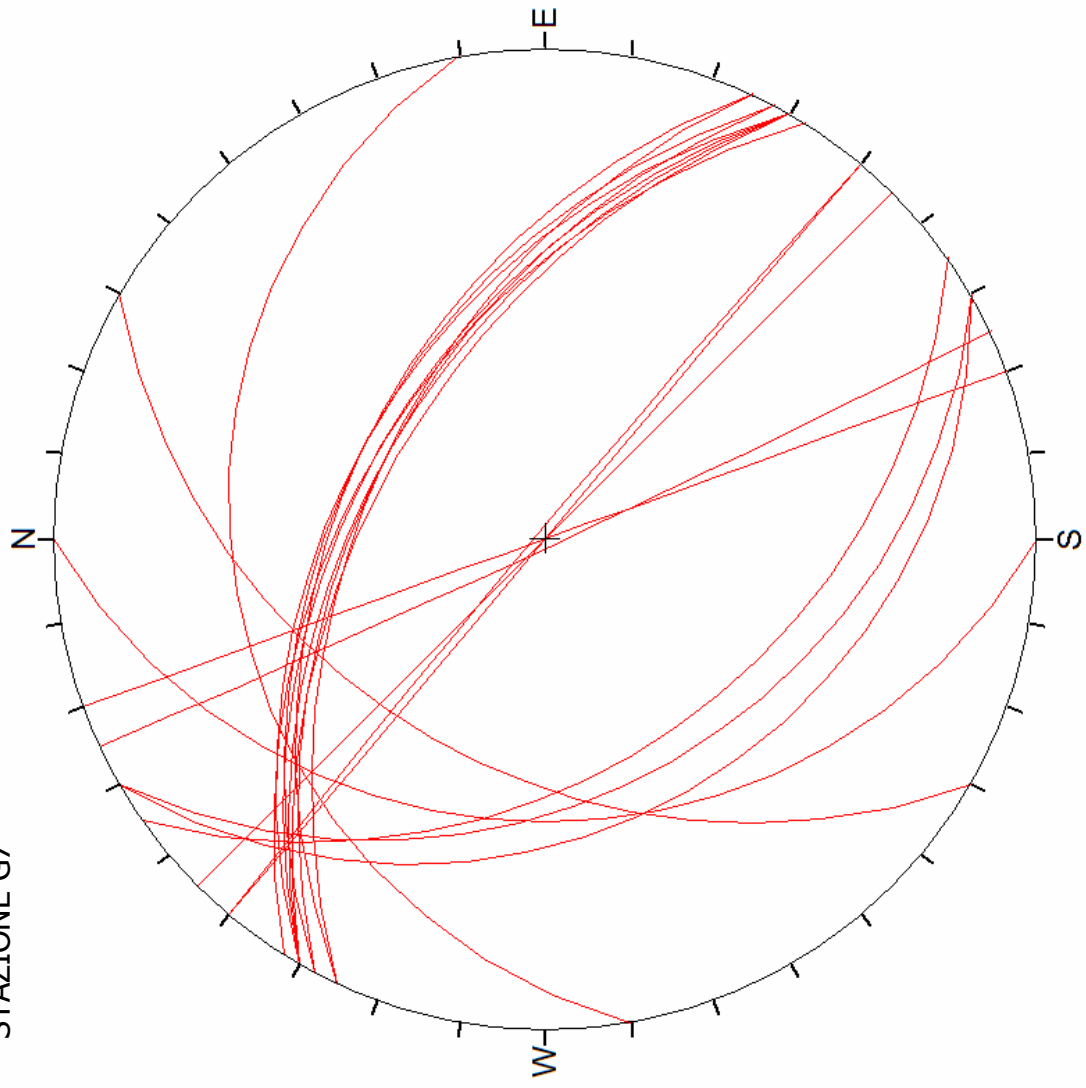
STAZIONE G7



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
24 Poles
24 Entries

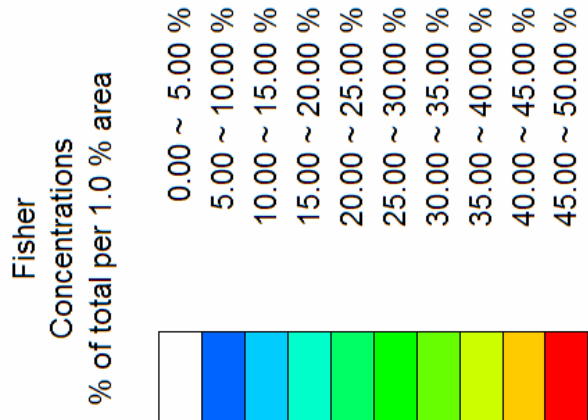
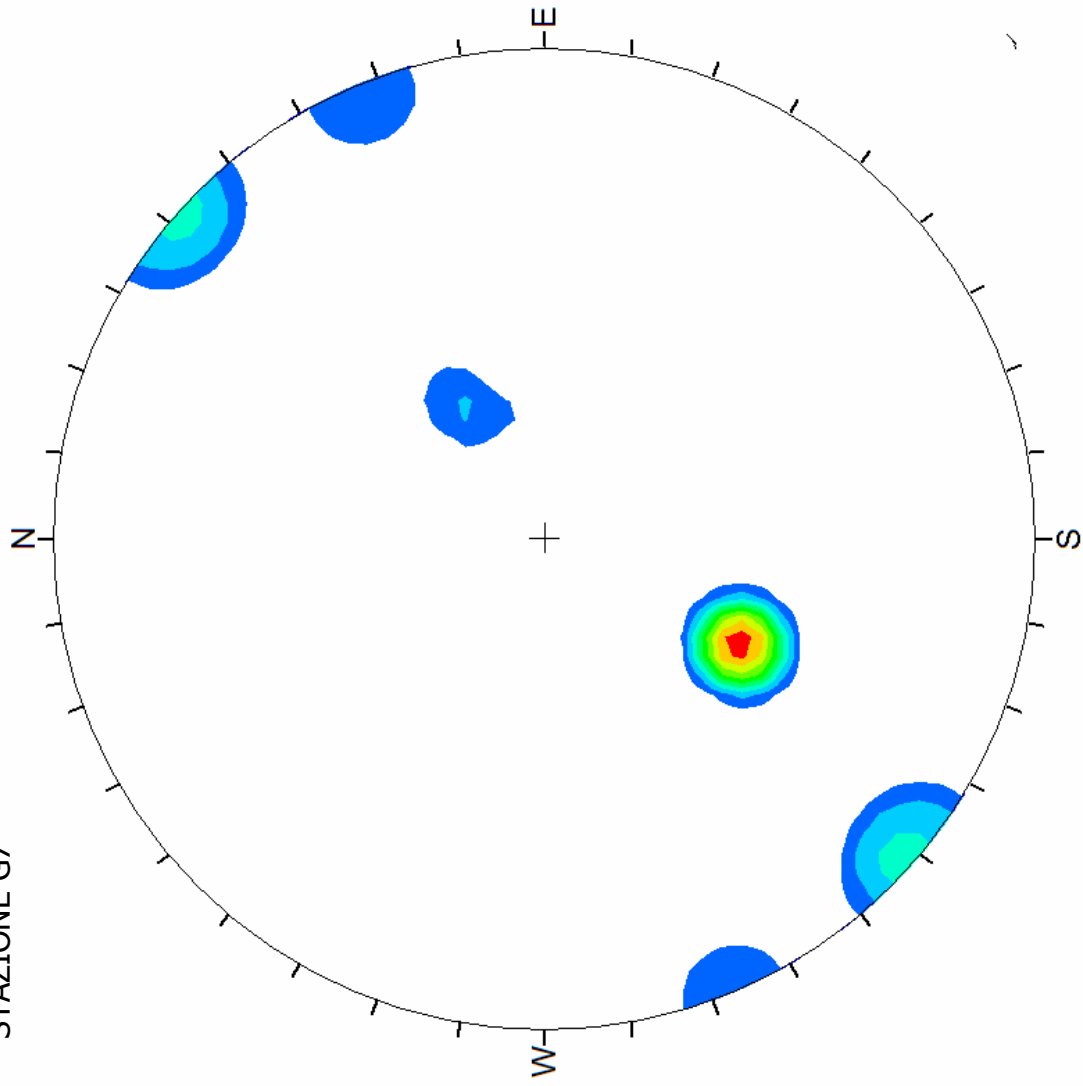
STAZIONE G7



Poles

Equal Angle
Lower Hemisphere
24 Poles
24 Entries

STAZIONE G7



No Bias Correction
Max. Conc. = 47.9420%

Equal Angle
Lower Hemisphere
24 Poles
24 Entries