

GIARDINO GEOLOGICO

UNIBO - BiGeA

Percorso per misurazione di superfici e linee

corrado venturini

2019

www.corradoventurini.it



OBIETTIVI

Dare la possibilità agli studenti, futuri geologi, di

- effettuare *in autonomia* misurazioni con bussola e goniometro su campioni di rocce;
- procedere con l'*autocorrezione* dei dati attraverso il collegamento alla pagina web dedicata.

Struttura del percorso

Il percorso propone **27 campioni numerati** di rocce sedimentarie e, in parte, metamorfiche. A seconda dei campioni si possono effettuare misure di orientazione relative a *superfici*, quali

GIACITURE DI STRATIFICAZIONE, PIANI ASSIALI DI PIEGHE, FRATTURE e VENE, FAGLIE, FOLIAZIONI METAMORFICHE

e misure di orientazione e di valori angolari relativi a *linee*, quali

STRIE DI FAGLIA (tettoglifi, *slickenside*) con RAKE/PITCH, ASSI DI PIEGHE (cerniere), FLUTE CAST e CRESTE DI RIPPLE (Paleocorrenti), ...

Strumenti

Bussola con clinometro; Goniometro (per misure di *rake/pitch*).

Modalità

Passi da compiere, nell'ordine. **1)** Concentrarsi su un campione di roccia (numerato) presente lungo il percorso del Giardino Geologico. **2)** Riconoscerne la genesi (sedimentaria, magmatica o metamorfica). **3)** Individuare le eventuali *superfici* da misurare e riconoscerne l'origine (strato, lamina, frattura, vena, faglia, piano assiale di piega, foliazioni metamorfiche). **4)** Determinarne l'orientazione, usando la bussola, con i tre metodi in uso: 'metodo universale', 'regola della mano destra', 'metodo del *dip*'; vedi pagg. 4-9). **4a)** Individuare le eventuali *linee* da misurare e riconoscerne la natura (strie cinematiche di faglia (tettoglifi, *slickenside*), assi di piega (cerniere), paleocorrenti. **4b)** Determinare per ognuna di esse i valori di orientazione, usando la bussola o il goniometro (per il *rake/pitch*).

Autocorrezione

Nel percorso del *giardino geologico* ogni campione è segnato da un numero (da 1 a 22). La correttezza delle singole misurazioni (prive di correzione magnetica) è verificabile nelle *schede dei campioni* di roccia sul sito [sotto "Giardino geologico"]

<http://www.corradoventurini.it/cor/category/divulgazione/geo-progetti/>

[si può ricavare il sito digitando nei motori di ricerca: venturini divulgazione].

Ogni campione (individuato da un numero) ha una propria *scheda descrittiva* con fotografia che indica **a)** la posizione delle superfici e/o linee da misurare; **b)** la natura del dato; **c)** il valore numerico del dato.

Nota

Se il campione oscilla durante la misurazione è un segnale: la bussola va usata in modo più "morbido"! In ogni caso l'oscillazione non altera mai il dato di misura azimutale (contrariamente alle rotazioni).

* Da Venturini C., 2012 (modif.) – Realizzare e leggere carte e sezioni geologiche, Flaccovio Ed., 216 pp.

1.7. LA MISURAZIONE DELLE DEFORMAZIONI TRAMITE BUSSOLA *

Per chi realizza *carte geologiche*, ma anche per chi cerca di leggerle e interpretarne i contenuti, è basilare tanto il riconoscimento dei vari tipi di roccia e la comprensione del significato delle relative terminologie d'uso comune, quanto la possibilità di individuare e *misurare* gli elementi deformativi. In essi rientrano, a pieno titolo, non solo le pieghe e le faglie, ma anche gli assetti della stratificazione (le giaciture) qualora, come quasi sempre accade, essi siano dovuti a tensioni o sforzi applicati al volume roccioso. Piani di stratificazione, superfici di contatto e separazione tra unità litostratigrafiche differenti, piani di faglia, cerniere (assi) di pieghe, sono questi i principali oggetti fisici da misurare sul terreno con l'uso della *bussola da geologo* e, congiuntamente, da rappresentare nella *carta geologica*.



Fig. 1.113a. Bussola Brunton.



Fig. 1.113b. Bussola Wilky.

Non è un compito particolarmente arduo se si comprendono alcune basi teoriche e, al tempo stesso, si comincia col fare pratica di misurazione. Come vedremo - al fine di prendere confidenza con la *bussola da geologo* - è consigliabile simulare gli oggetti da misurare. Perlomeno durante la fase di apprendimento che precede le uscite sul territorio.

Innanzitutto occorre capire che dietro alle tante tipologie di oggetti geologici da misurare ci sono in fondo, sempre e solo due tipi di strutture geometriche: *superfici e linee*, indipendentemente dal fatto che si riferiscano a faglie, pieghe o giaciture della stratificazione. Saperlo predispose con maggiore tranquillità alla lettura di quanto segue. L'uso di una bussola 'a compasso' - quelle del tipo Brunton, Mizog (casa giapponese che imita la Brunton), Wilky, ecc. (**fig. 1.113**) - facilita l'acquisizione di questo tipo di dati rispetto all'utilizzo di altri modelli, quali ad esempio la poco pratica - e ai miei tempi famosa - Bezard.

1.7a. Misurare l'orientazione di un piano (superficie planare)

Sappiate che, realizzando una *carta geologica* in aree formate da successioni sedimentarie (rocciose e deformate), oltre il 90% dei dati che vi capiterà di misurare con la bussola sarà costituito da superfici di stratificazione. E' bene dunque capire come procedere. Cominciate col dotarvi di una tavoletta rettangolare di alluminio (circa 20x25 cm andrà benissimo, **fig. 1.114**), di spessore compreso tra 1 e 2 mm, non di più, ma nemmeno... di meno!

Durante la fase di pratica *indoor* la tavoletta simulerà di volta in volta la superficie da misurare (di stratificazione, di faglia,...). Quando poi sarà il momento di raccogliere i dati *reali*, sul terreno, la tavoletta d'alluminio che vi ha 'svezzato' risulterà ugualmente utile, riciclandosi come estensione fisica della superficie che dovrete misurare (fig. 1.115). Per ora la userete come *avatar* di una superficie reale, strato o faglia essa sia.

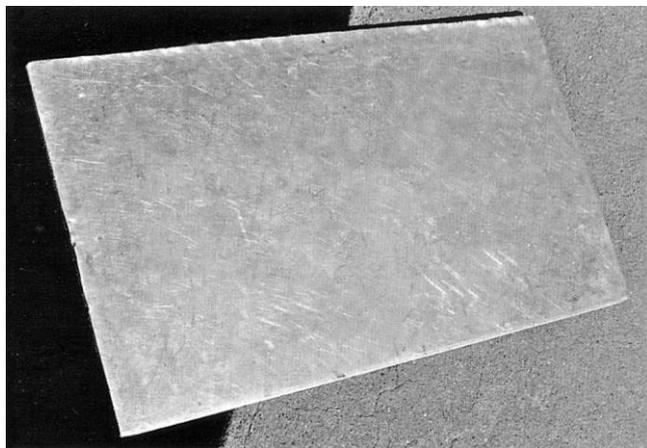


Figura 1.114. La tavoletta di alluminio, ideale prolungamento dello strato, consente di effettuare misurazioni anche in condizioni di piani esposti per meno di un centimetro



Figura 1.115. Uso della tavoletta nel caso di strati che, sporgendo poco dalla parete affiorante, necessitano di un prolungamento sul quale appoggiare la bussola

Poniamo che la vostra prima superficie da misurare sia un ideale *giunto di stratificazione* - ossia il piano di separazione tra due strati (Cap. 1.2a) - e che esso, in questo iniziale esercizio, abbia assetto orizzontale. La tavoletta d'alluminio dovrà semplicemente essere appoggiata sopra un tavolo. Ebbene, avete già risolto il problema di misurazione: questo è l'unico caso in cui l'orientazione spaziale del piano non può essere codificata numericamente. E' orizzontale e basta. C'è un simbolo che in carta rappresenta questo particolare (e non frequente assetto): una croce sottile. Per tutti i restanti casi (un'infinità) è necessario apprendere un metodo di misurazione e codifica del dato di orientazione spaziale. Anzi, è necessario apprendere più metodi, dato che non tutti utilizzano lo stesso 'linguaggio' nel raccogliere e rappresentare i dati geometrici tridimensionali degli ammassi rocciosi.

Per quanto riguarda la misurazione di una superficie di faglia la metodologia non cambia. Si tratta sempre di un piano. Si ricordi che del piano di faglia servirà ottenere la direzione azimutale (0° - 360° , l'angolo misurato in senso orario rispetto al Nord), detto anche *strike*, il verso di immersione (*dip*), sempre perpendicolare allo *strike*, e il suo valore di inclinazione (da 0° a 90° , misurato rispetto all'orizzontale). Occorre solo aggiungere che, nel caso delle faglie, è opportuno aggiungere un'ulteriore serie di dati che riguarda le orientazioni delle *strie cinematiche* spesso presenti sui piani tettonici. Sono queste delle misure di linee (Cap. 1.7b).

Il 'metodo universale'

E' il momento di prendere fisicamente in mano il vostro *avatar* d'alluminio e inclinarlo mediamente. Qualsiasi valore di inclinazione gli darete farà al caso nostro. Domanda: "C'è un modo, univoco, di rappresentare l'orientazione di questa superficie nello spazio fisico tridimensionale e, ciò che più conta, di comunicarla a terzi tramite una semplice successione di numeri e/o di lettere?" Ovviamente la risposta è sì.

Per prima cosa riflettete sulle grandezze che codificano l'orientazione del piano di alluminio che avete tra le mani. La prima grandezza è la DIREZIONE (**D**) del piano, ovvero *la linea di intersezione tra un'ideale superficie orizzontale e il piano stesso*. Definizione corretta, ma per molti di voi tale

linea sarà difficilmente visualizzabile. Suggesto allora di riempire d'acqua una bacinella o un lavandino, immergendovi metà della tavoletta d'alluminio tenendola inclinata (**fig. 1.116**). Lì dove l'acqua (superficie orizzontale per natura!) incontra la superficie della tavoletta d'alluminio si forma una... 'linea di riva' (l'intersezione tra i due piani). E' la DIREZIONE che cercavamo!

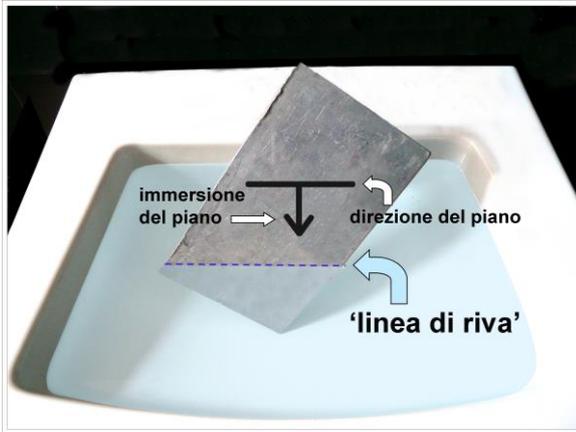


Fig. 1.116. Direzione e... "linea di riva".

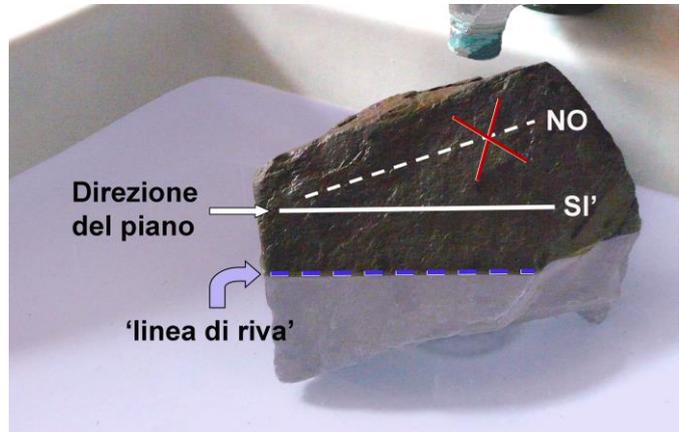


Fig. 1.117. Non seguite i limiti fisici di uno strato.

La bussola, in assetto orizzontale (praticamente come se galleggiasse sull'acqua) e opportunamente appoggiata con uno dei suoi lati alla 'linea di riva' (**fig. 1.117**), misurerà l'angolo tra quest'ultima e il Nord magnetico: è il nostro primo, importante dato numerico, universalmente comprensibile. Il valore registra l'angolo azimutale che, misurato in senso orario, separa il Nord dalla *linea di direzione* della nostra superficie.

Ho scelto l'esempio dell'acqua perché per molti studenti una delle maggiori difficoltà risiede nel riconoscere, sulla superficie da misurare (strato o faglia che sia), l'ideale direzione lungo la quale appoggiare il lato lungo della bussola (tenuta aperta e orizzontale) al fine di effettuare la misurazione azimutale (l'angolo orario rispetto al Nord). Misurando un piano fittizio (ad esempio il vostro *avatar* d'alluminio) sono portati inconsciamente ad identificare la direzione del piano con uno dei lati che ne delimitano la superficie, spesso incorrendo in un grossolano errore (**fig. 1.118**).

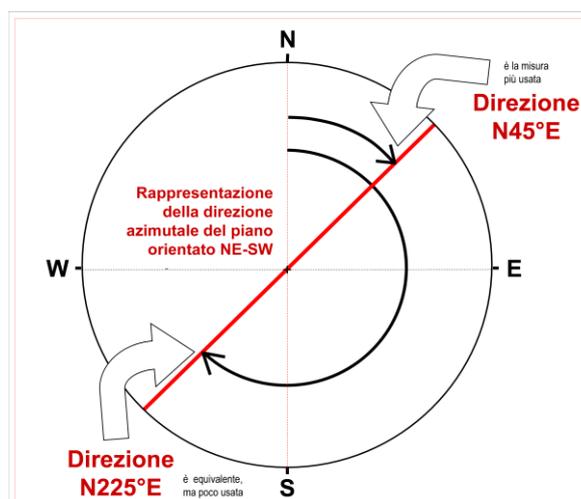


Fig. 1.118. Due valori per una stessa direzione.

Dopo le prime immersioni in acqua dello strato o della faglia virtuale, con relative misure, non servirà più disporre di una bacinella piena d'acqua. Riuscirete a 'vedere' acqua e linea di riva con la

semplice immaginazione. Su quella ideale superficie d'acqua appoggerete virtualmente il corpo della bussola, muovendolo fino a quando il suo 'lato privilegiato' (ogni bussola ne ha uno) non coinciderà con l'ideale 'linea di riva' (la DIREZIONE del piano da misurare). Sarà quello il momento di leggere il suo valore angolare.

Qualcuno obietterà: "Ma tutte le bussole da geologo hanno una bolla interna che è fatta apposta per mettere il corpo dello strumento perfettamente orizzontale (requisito base per ottenere misure di direzione corrette - NdA)". Più facile a dirsi che a utilizzarsi. Sfido chiunque, ancora privo di esperienza, a basarsi solo sulla centratura della bolla interna alla bussola nel momento in cui vuole di mettere quest'ultima orizzontale e ne appoggia il suo 'lato privilegiato' contro un piano inclinato di cui vuole trovare la direzione. La bolla in questione serve sì, ma solo a perfezionare l'assetto della bussola, quando questo è già stato collocato molto prossimo all'orizzontalità, utilizzando - se vi risulta utile - il metodo della 'linea di riva'.

"Come si esprime questo dato di direzione del piano?" Inserendo il valore angolare azimutale (ad esempio 45°) tra i simboli N (Nord) ed E (Est). Leggendo dunque N45°E, significa che la direzione azimutale del piano - misurata da N verso E - è di 45° (fig. 1.119).



Fig. 1.119a. Clinometro in Bussola Wilky.



Fig. 1.119b. Clinometro in Bussola Brunton.

Va da sé che, essendo una *direzione* (e quindi priva di *verso*), il medesimo dato avrebbe potuto essere indicato come N225°E, senza per questo cambiare significato. Solitamente si tende a riportare la prima delle due misure angolari che si intercetta muovendosi in senso orario (verso E).

La successiva grandezza è l'IMMERSIONE (*Im*). Anche questo è un valore di fondamentale importanza dato che il vostro strato (fate la prova con la tavoletta d'alluminio), con la stessa direzione N45°E potrebbe 'tuffarsi' nell'acqua verso NW oppure, in alternativa, verso SE (esattamente all'opposto). Ecco allora che diventa necessario valutare quale dei due dati indicare. Lo si ricava 'leggendolo' dal quadrante della bussola verso il quale il piano 'scende': nel nostro esempio è il quadrante NWE. Per inserirlo nella codifica del piano poniamo una barra dopo il valore di direzione e scriviamo il dato: N45°E/NW.

Manca ancora una grandezza per completare le informazioni: quella relativa a 'quanto' il nostro piano pende verso NW, ossia la sua INCLINAZIONE (*In*). Qui arriva in soccorso il *clinometro* (letteralmente 'misuratore di inclinazioni', fig. 1.120). E' inserito nel corpo della bussola o appoggiato internamente al suo coperchio ed è un misuratore di angoli. Angoli che, in questi casi, occorre catturare sempre lungo la massima inclinazione del piano.

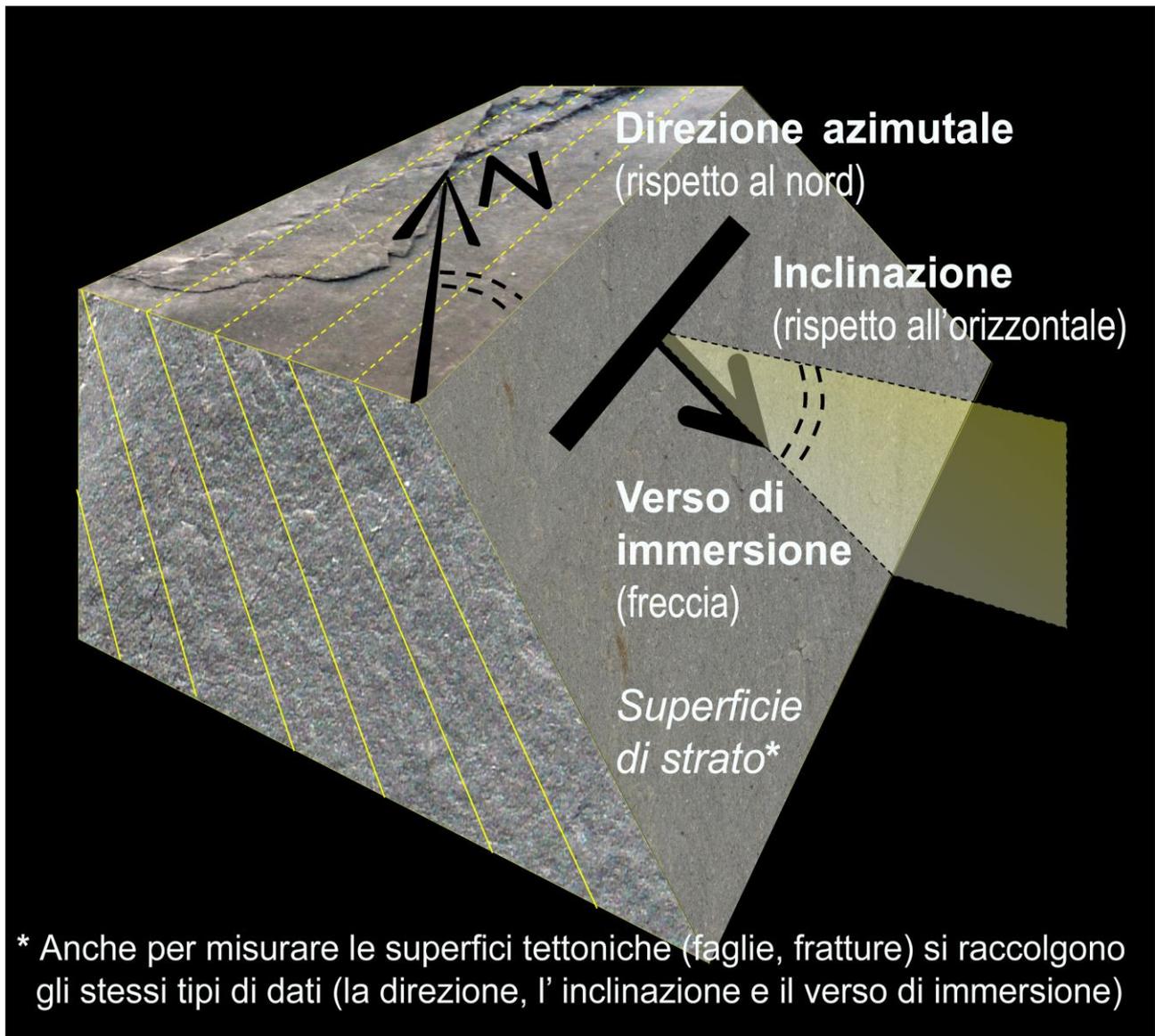


Fig. 1.120. I dati geometrici e azimutali di una superficie di stratificazione.

Se la DIREZIONE è un angolo misurato sempre su un piano orizzontale, l'INCLINAZIONE è un angolo misurato sempre su un ideale piano verticale (v. **fig. 1.120**). Il *clinometro* è facilissimo da usare; in molte bussole utilizza una seconda bolla (livella) che perfeziona la misura (v. **fig. 1.119b**).

Il nuovo e ultimo dato va a completare la codifica del piano, situandosi appena prima dell'immersione: N45°E/50°NW. Anche in questi casi - giaciture non orizzontali e faglie - le misure così ottenute sono traducibili in simboli grafici che, senza perdere alcuna delle informazioni numerico-cardinali ottenute con la bussola, trovano un ampio utilizzo nelle *carte geologiche* (Cap. 2.2).

La 'regola della mano destra'

I dati di assetto di un piano geologico, trascritti tramite il 'metodo universale' di rappresentazione alfa-numerica (v. paragrafo precedente), non sono di immediata lettura e tantomeno di rapida comprensione. Il limite è dovuto alla quantità di informazioni codificate in un solo dato, formato da ben tre valori consecutivi. Si tratta di informazioni - sempre indispensabili! - che ogni volta sono rappresentate sia da numeri (0°-360°, dati azimutali di direzione; 0°-90°, dati di immersione), sia da lettere (dati cardinali di immersione).

Esiste comunque un modo di semplificare il procedimento di codifica del ‘metodo universale’, in grado di velocizzare tanto la fase di registrazione dei dati, sul terreno dunque (Cap. 1.8), quanto le successive discussioni di quegli stessi dati, quando tra colleghi di lavoro è necessario citare misure e orientamenti ragionando sulle possibili interpretazioni tettono-cinematiche.

Questo agile procedimento di codifica è noto come ‘metodo della mano destra’ dato che si rifà a quest’ultima per semplificare la procedura di registrazione dei dati di orientazione dei piani geologici. Si può premettere che per indicare i tre parametri indispensabili (DIREZIONE, IMMERSIONE, INCLINAZIONE) utilizza solo due dati, entrambi numerici. La doppia semplificazione è evidente!

Per comprendere come funziona il metodo possiamo fare riferimento alla **fig. 1.121**. Prendiamo il piano geologico che col ‘metodo universale’ è stato indicato come N45°E/50°NW. Proveremo ora a semplificarne la codifica usando il ‘metodo della mano destra’. La direzione azimutale del piano (N45E), proiettata nel diagramma di orientazione (in pianta), tocca la circonferenza a 45° ma anche a 225° (45°+180°).

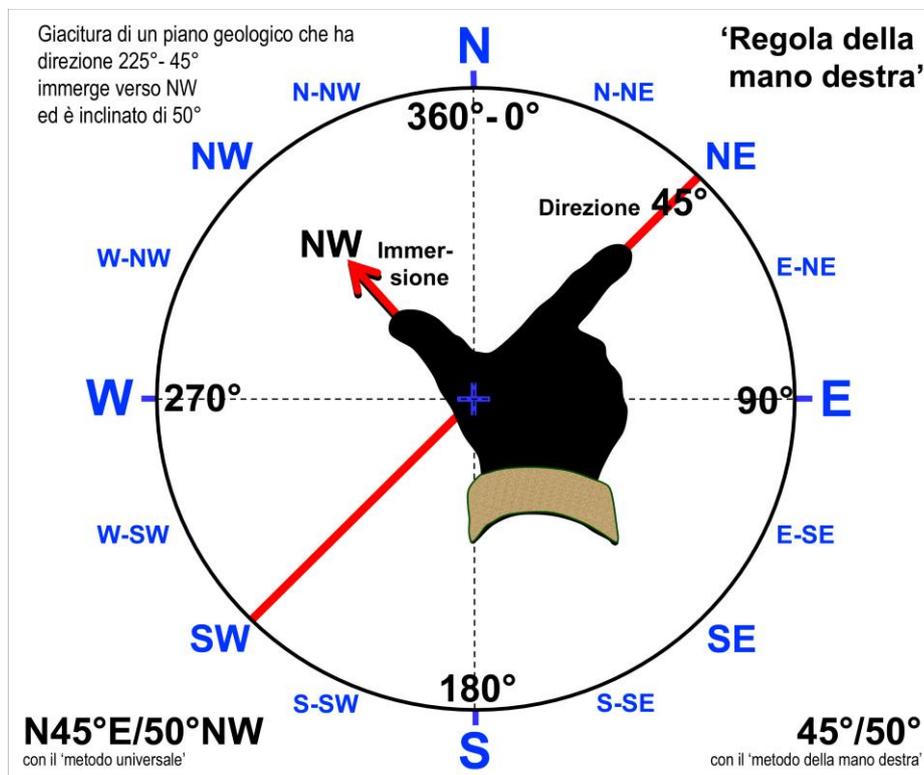


Fig. 1.121. La “regola della mano destra”.

E qui entra in campo la mano destra. Chiudetela a pugno (la destra!), lasciando aperti solo indice e pollice, in modo che formino un angolo retto. Così disposta appoggiatela al diagramma di orientazione, facendo in modo che il pollice si orienti lungo l’immersione del piano (in questo caso NW) e lasciando che l’indice, di conseguenza, ‘scelga’ uno e uno solo dei due valori che identificano la direzione del piano. Nel nostro esempio (v. **fig. 121**) mostrerà univocamente la direzione N45°E.

Inutile a questo punto sottolineare che, con questo metodo, nel dato numerico di direzione è compreso anche quello di immersione. Difatti, se il piano fosse stato N45°E/50°SE (immersione opposta), col ‘metodo della mano destra’ sarebbe stato sufficiente codificarlo come 225°. In entrambi i casi l’aggiunta del valore di inclinazione (50°) avrebbe concluso la registrazione del dato: 45°/50°, 225°/50°.

A questo punto, è necessario osservare l'uso del metodo da due prospettive differenti: la raccolta dei dati sul terreno, e la lettura e condivisione degli stessi. Nella raccolta dei dati il metodo mostra subito innegabili, enormi vantaggi, dato che le bussole a compasso assecondano questo modo di registrare i dati planari. A questo proposito provate, con la solita tavoletta d'alluminio, a simulare un piano geologico orientandolo Est-Ovest e immergendolo verso Nord.

Poi misurate la direzione appoggiandovi il 'lato privilegiato' della bussola. Vi accorgete che l'ago indica 90°. Adesso ruotate la tavoletta d'alluminio, mantenendo inalterata la direzione, e portandola a immergere verso Sud. Questa volta l'ago della bussola - appoggiata al piano sempre col 'lato privilegiato' - indicherà 270°. In effetti, se con la mano destra appoggiata al diagramma di orientazione, puntate l'indice sul valore 270°, il pollice (a 90° gradi) indicherà inequivocabilmente il Sud.

Leggendo sulla bussola il valore 270° e completandolo con la misura dell'inclinazione (270°/50°) avrete un dato completo anche di immersione la quale, solo apparentemente, sembra non figurare nella codifica. Con questa regola (o metodo) la registrazione dei dati sul *libretto di campagna* (Cap. 1.8) diventa molto più rapida.

Per quanto concerne la lettura dei dati numerici trascritti sul libretto e la loro discussione, occorre invece solo sviluppare un po' di pratica affinché il dato di immersione venga istintivamente associato a quello della direzione. Occorre tenere presente che, inserendo nel diagramma di orientazione le direzioni principali e i loro vettori di immersione (**fig. 1.122**), questi ultimi hanno un andamento antiorario.

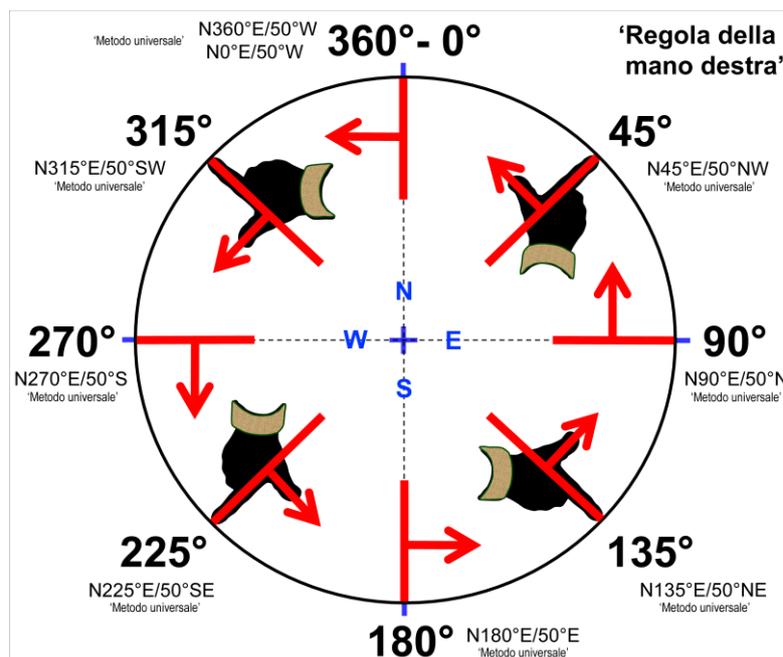


Fig. 1.122. La “regola della mano destra” 2 – la vendetta.

Memorizzando le quattro immersioni relativi alle direzioni dei quattro punti cardinali (0°-360° a W, 270° a S, 180° a E e 90° a N), ma anche solo quelle di due direzioni opposte: 270° a Sud e 90° a Nord (si noti l'assonanza: duecentoSettanta a Sud; NovaNta a Nord), si ricavano tutte poi tutte le altre. L'abitudine all'uso renderà automatico il significato.

Un'ultima indicazione. Se utilizzerete questo metodo fatelo solo nelle trascrizioni dei dati sul vostro *libretto di campagna*, oppure nelle discussioni informali dei vostri dati. Non utilizzatelo mai in contesti o in documenti ufficiali (tesi, pubblicazioni, relazioni,...). In quel caso scriverete e citerete i vostri dati usando il 'metodo universale' che non si presta a equivoci.

Il 'metodo del dip'

A questo punto è necessario aprire una parentesi e chiamare in causa un differente modo di concepire la misurazione dei piani geologici (strati e faglie) e, di conseguenza, la loro rappresentazione in carta. Si tratta di un metodo spesso utilizzato dai geologi applicati e sovente da chi realizza *carte geologiche* in America (USA e Canada, essenzialmente). In questi casi le misurazioni delle superfici geologiche non privilegiano più la direzione del piano (la 'linea di riva'!) ma la direzione verso la quale immerge il piano (fig. 1.123).

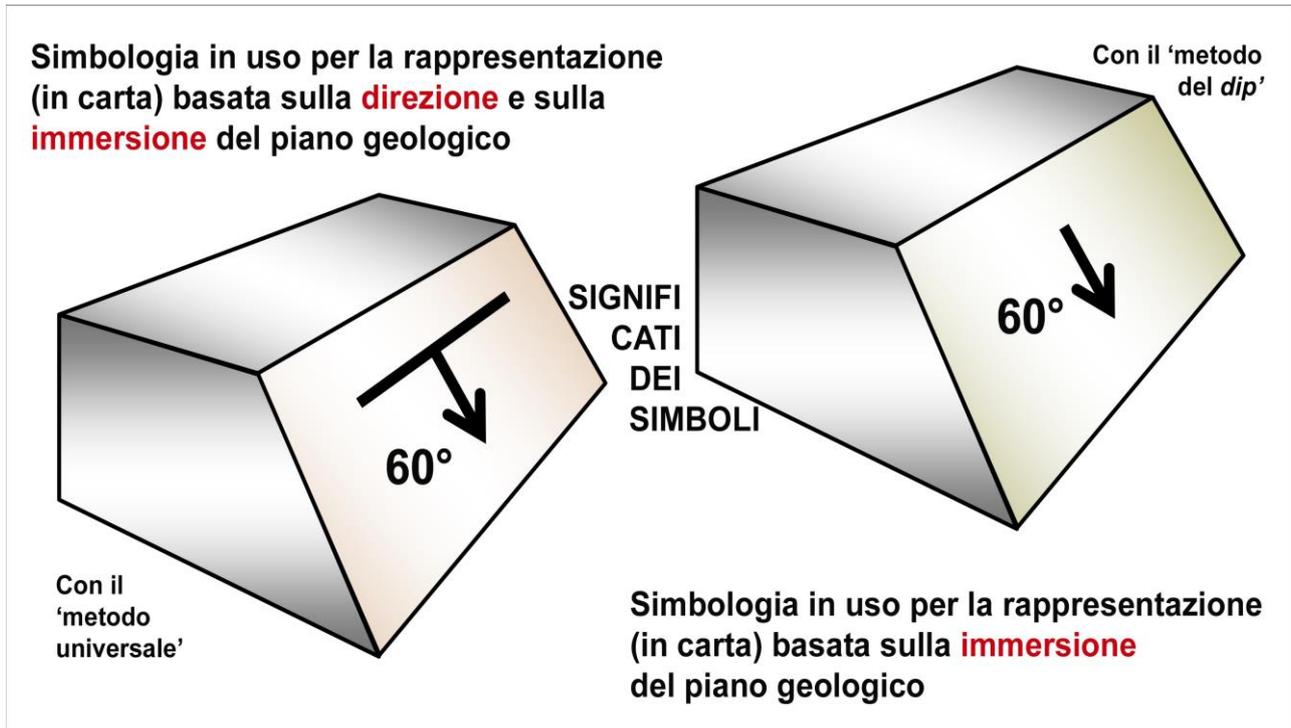


Fig. 1.123. Due metodi di rappresentazione di uno stesso assetto a confronto.

Lo potremmo chiamare 'metodo del *dip*', ossia dell'immersione. Con i miei studenti, affinché il metodo resti impresso ma al tempo stesso si differenzi da quelli comunemente in uso e precedentemente trattati, lo identifico come 'metodo *d*-iabolico'. Questo in quanto è diabolicamente capace di generare confusione e di destabilizzare folte schiere di poveri studenti. Ecco che allora una superficie rappresentabile con il 'metodo universale' come N45°E/50°NW, si trasformerebbe in *d* 315°/50°, dove *d* richiama il 'metodo *d*(-iabolico)' utilizzato.

Allo stesso modo anche la relativa simbologia in carta si modifica, diventando una freccia che punta verso la direzione N315°E (con le debite correzioni tra Nord magnetico e Nord geografico, talvolta comunque trascurabili). Alla freccia si affianca graficamente il valore di inclinazione (50°) del piano misurato.

Come per ogni metodo esistono vantaggi e svantaggi. Se da un lato quest'ultimo può apparire più semplice nella sua rappresentazione numerica, dall'altro lo svantaggio più evidente si ha in fase di lettura in carta delle simbologie le quali, per i volumi rocciosi deformati, non riescono a rendere con immediata concretezza l'andamento degli assetti piegati di ampi settori corrugati (ossia di gran parte d'Italia). D'altra parte, questa simbologia ha i suoi vantaggi per i *geologi applicati* che, nel valutare rapidamente in carta le immersioni degli strati rispetto a quelle del versante dal quale emergono, riescono ad individuare a colpo d'occhio le eventuali condizioni di instabilità, propiziate da assetti cosiddetti a *franappoggio*, ossia di inclinazione simile del versante e della stratificazione (fig. 1.124).

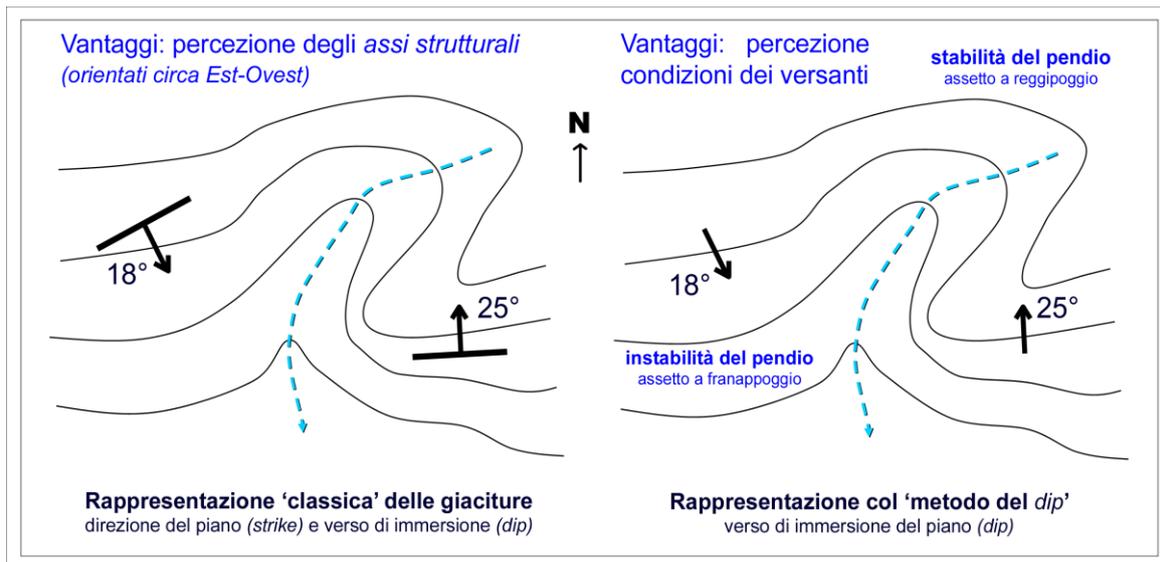


Fig. 1.124. Di nuovo i due metodi grafici di rappresentazione su carta a confronto.

1.7b. Misurare l'orientazione di una linea

Passeremo ora dalla misurazione delle superfici a quella delle linee. A dire il vero - e qualcuno se ne sarà accorto - anche per codificare un qualsiasi piano inclinato ci siamo serviti, parzialmente (e per entrambi i metodi discussi), ANCHE di misurazioni di linee. Lo abbiamo fatto ogni volta che misuravamo una *direzione*, la quale in fondo altro non è che una linea. La modalità dunque non vi è del tutto nuova, sarà sufficiente perfezionarla.

Per un geologo che, rilevando un territorio, realizza una *carta geologica* spalmando i dati geologici sopra una base topografica, la grande maggioranza dei dati lineari che raccoglie e rappresenta, tanto in carta quanto nel suo *libretto di campagna*, si riferisce alle cerniere di pieghe metriche e decametriche, ben percepibili alla scala di un affioramento di ridotte o medie dimensioni (figg. 1.125 e 1.126).

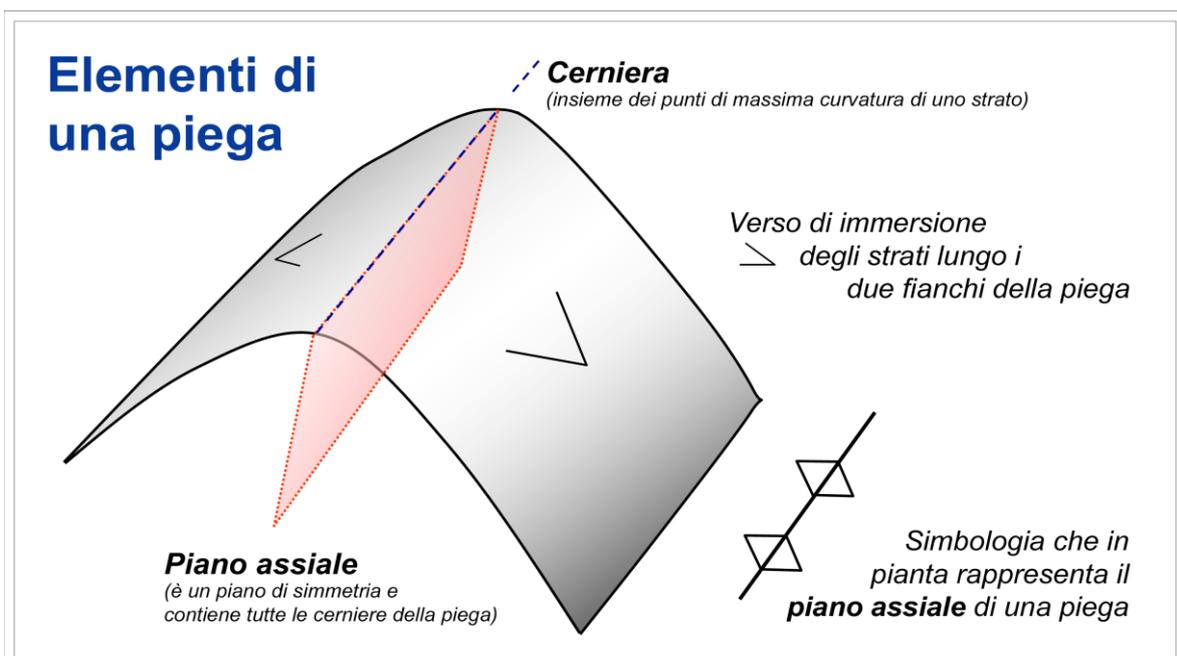


Fig. 1.125. Simboli grafici per le pieghe anticlinali.

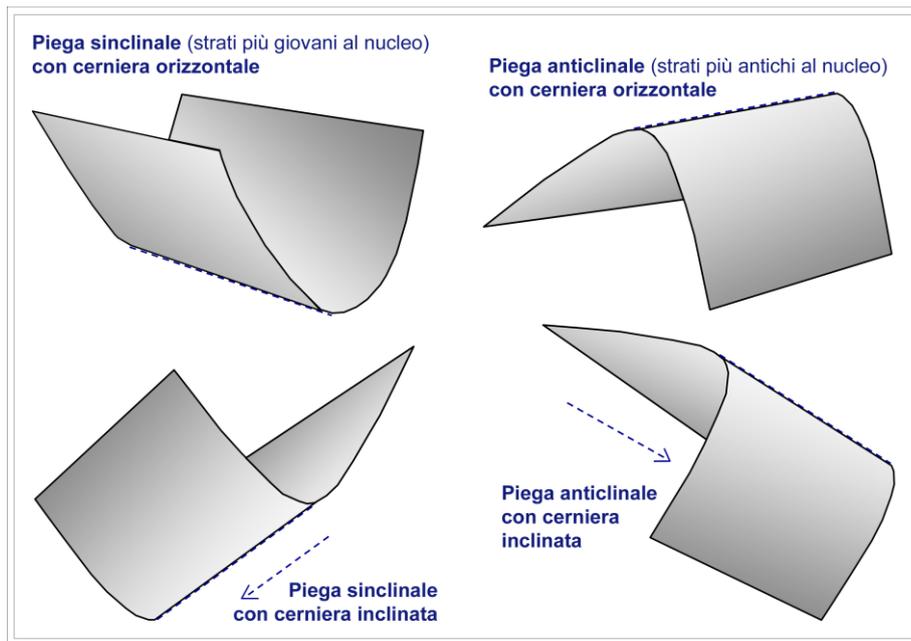


Fig. 1.126. Assetti orizzontali e inclinati di pieghe sinclinali e anticlinali.

Se la *cerniera (asse)* di una piega ha sviluppo orizzontale è sufficiente aprire il corpo della bussola a 180° e, mantenendola orizzontale grazie alla prima bolla, allinearla con il segmento da misurare. Nel caso la linea (*cerniera* della piega) sia inclinata, dovrete avere l'accortezza di posizionare la bussola - sempre allineata con la linea - tenendo il coperchio mobile (quello con lo specchio) verso il tratto più alto della linea stessa (**fig. 1.127**). Così facendo il valore numerico indicato dall'ago sul quadrante corrisponderà anche al *verso di immersione* di quella linea. In questo modo con un solo numero (il valore azimutale) si ottengono sia la *direzione (D)* della linea, sia la sua *immersione (Im)*. A ben vedere è il medesimo procedimento usato per misurare, nel 'metodo del dip', la *direzione dell'immersione* di una superficie, non a caso valutata lungo la *linea* di massima inclinazione.



Fig. 1.127. Come misurare una cerniera (asse) di piega.

Manca solo l'ultimo dato, quello relativo a quanto pende la linea: l'*inclinazione (In)* per l'appunto. Torna in campo il *clinometro* (misuratore di angoli che si aprono - e si appoggiano - su piani rigorosamente verticali!). Se la bussola è sempre del tipo Brunton (le più versatili), basterà aprirla a 180°, appoggiando alla linea da misurare il lato lungo così ottenuto e, dopo aver opportunamente ruotato la ghiera posta sull'esterno del coperchio - fino al punto in cui la piccola livella dentro la bussola è 'andata in bolla' - leggere il valore segnato dal *clinometro*.

Un'altra tipologia di dati lineari (non rappresentabili direttamente in carta e che quindi non saranno oggetto di approfondimento) sono le lineazioni presenti sui piani di faglia (**fig. 1.128**): le cosiddette *strie cinematiche* o tetroglifi (*slickenside*).

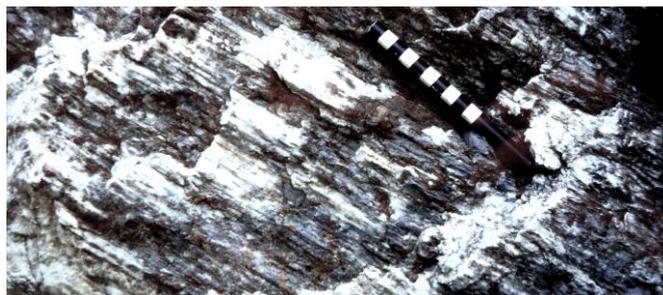


Fig. 1.128. Gradini in calcite. Movimento del lembo mancante: da destra verso sinistra.

Per esse (**fig. 1.129**) occorre misurare la direzione, detta anche *plunge direction*, coincidente con quella di un immaginario piano verticale che contiene e attraversa la stria, il *plunge*, che non è altro che il valore di inclinazione della stria rispetto ad una linea orizzontale (anch'essa appoggiata sul piano immaginario di prima, quello verticale), e/o il *rake* (sinonimo di *pitch*), il quale definisce l'angolo esistente tra la direzione del piano di faglia e la lineazione (Cap. 1.7b) e si misura con un semplice goniometro appoggiato al piano di faglia.

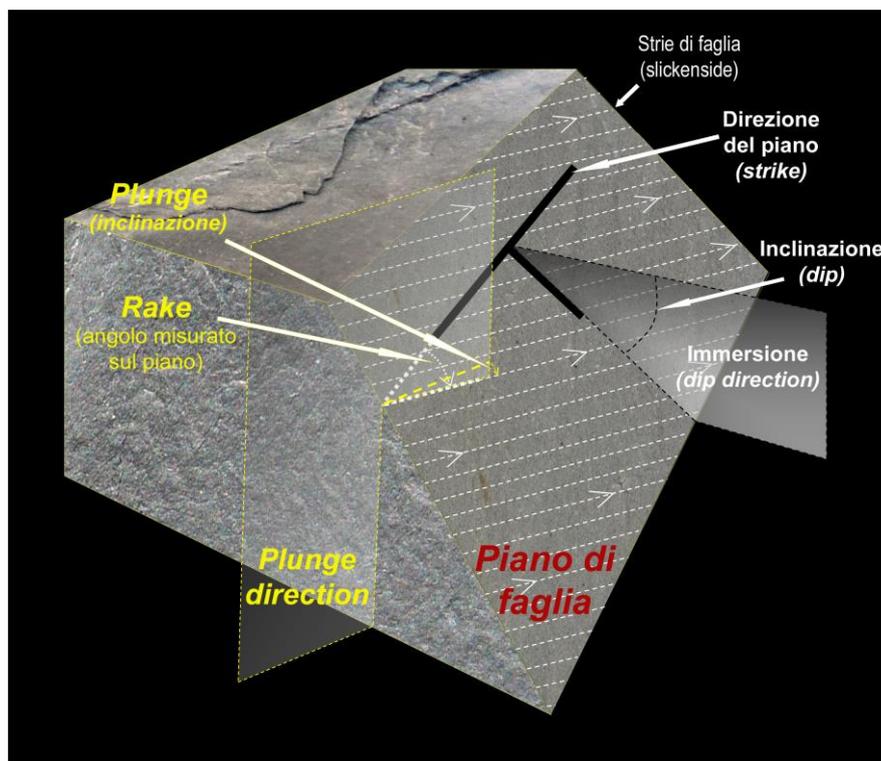


Fig. 1.129. Misurazioni da effettuarsi su un piano di faglia con tetroglifi (strie cinematiche).

1.7c. Misurare l'orientazione di una linea rappresentata da strie lungo i piani di faglia

Anche per la misurazione del *rake/pitch*, riferito all'orientazione spaziale delle strie cinematiche misurate sui piani di faglia, esistono vari metodi di approccio. I valori, riferiti al medesimo dato, alla fine sembreranno molto differenti tra loro o addirittura in conflitto. Tutto questo però solo in apparenza (come già accaduto per le misurazioni di superfici stratigrafiche o tettoniche), dato che fanno riferimento alla stessa situazione oggettiva.

Le apparenti differenze derivano dall'uso delle diverse modalità di "raccolta dato". Proprio per questo è sempre utile conoscere queste ultime e soprattutto scegliere quella che riterrete più congeniale, avendo cura... di utilizzare sempre quella!

Vediamo ora, con l'uso della grafica, i due differenti e più comuni approcci alla raccolta del dato, naturalmente entrambi validi. Come sempre, nel momento della sua misurazione, risulta molto importante restare concentrati e consci di come state operando. E' facile e frequente, durante brevi attimi di deconcentrazione, sbagliare qualcosa che alla fine, nell'ambito della trattazione e interpretazione dei dati raccolti, crea a posteriori incongruenze difficilmente sanabili.

Di seguito si esemplifica la raccolta e registrazione del dato relativo alle strie cinematiche misurate su un piano di faglia. Questo che segue è il primo dei due metodi applicabili (fig. 1.130).

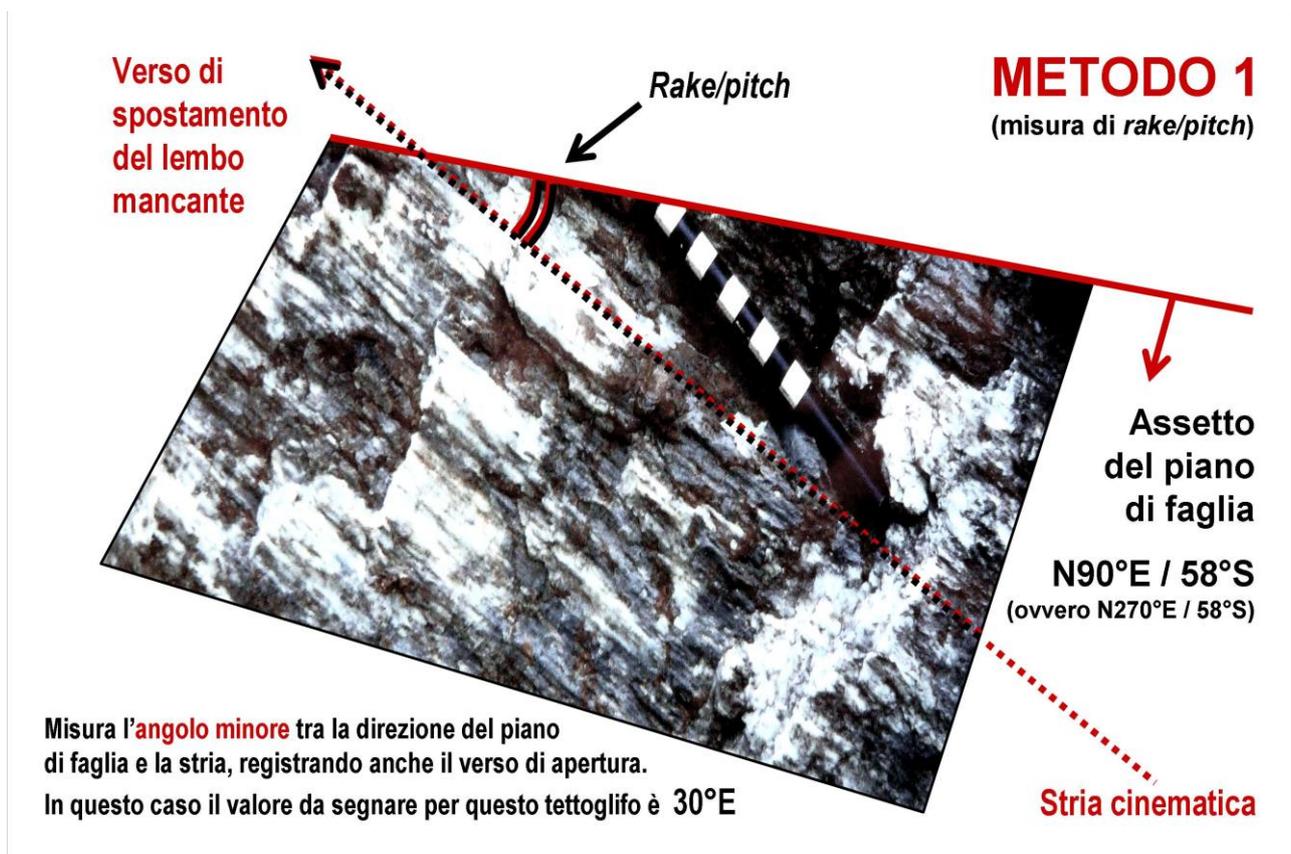


Fig. 1.130. Applicazione del Metodo 1 per la misurazione del *rake/pitch*.

A questo punto non resta altro che applicare alle medesime strie cinematiche il secondo dei due metodi comunemente in uso (fig. 1.131).

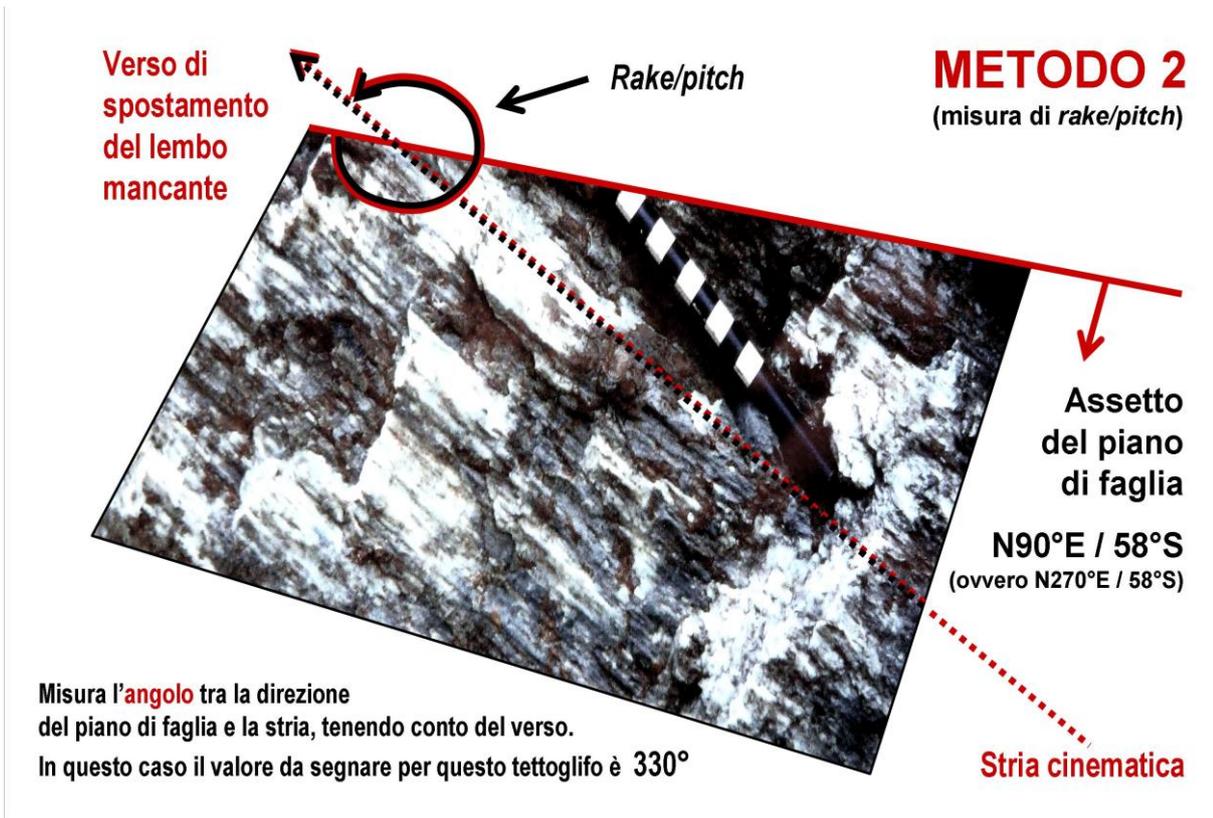


Fig. 1.131. Applicazione del Metodo 2 per la misurazione del *rake/pitch* (valido per superfici che – come in tutti i casi qui trattati – affiorano come “letto” e non come “tetto”. In parole più comprensibili, è applicabile con queste modalità solo per quelle superfici che appaiono in posizione di... pavimento e non di soffitto!)

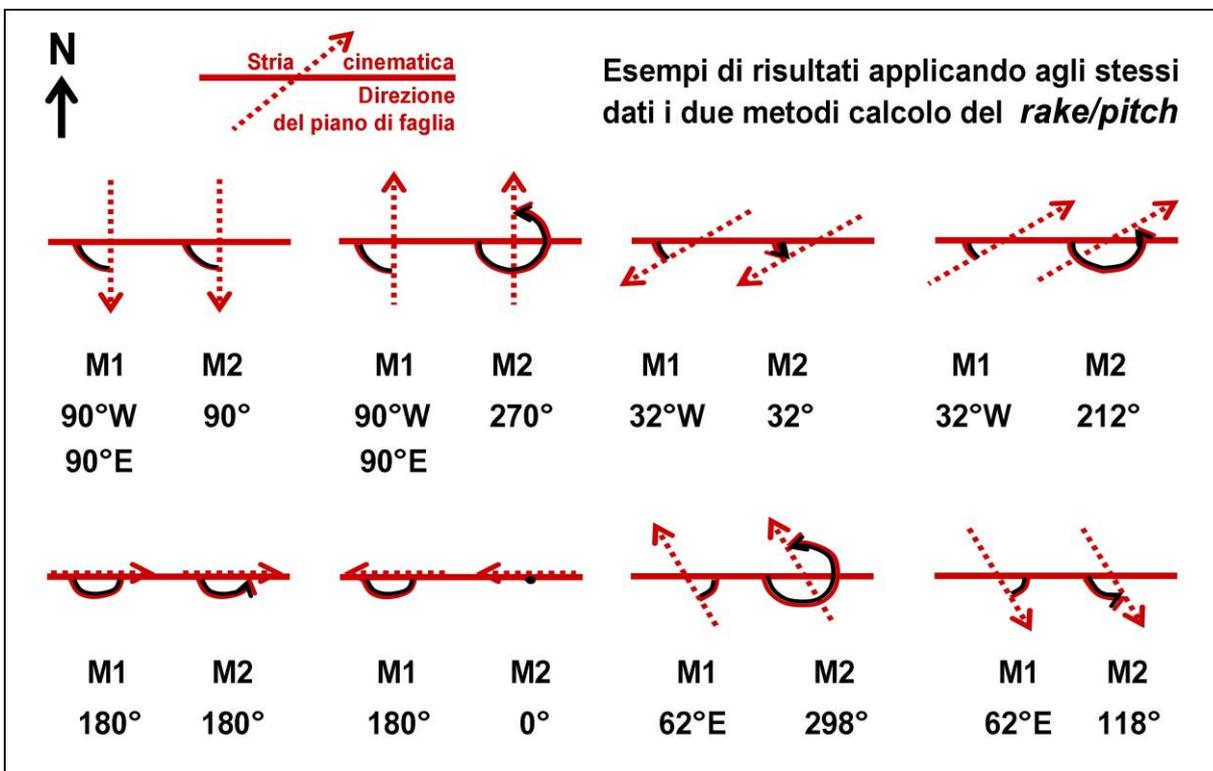


Fig. 1.132. Applicazione di entrambi i metodi per la misurazione del *rake/pitch*. La figura tiene anche conto di alcuni casi che potrebbero generare ambiguità nell'applicazione dei due metodi.

Domande preliminari per ogni campione
alle quali rispondere prima di effettuare ogni tipo di misurazione

1 – Di quale tipologia di roccia si tratta?

Magmatica, sedimentaria, metamorfica

2 – Che superfici vi riconosco?

Giunti di stratificazione, lamine, fratture, vene, faglie, piani assiali di piega, elementi sedimentari utili per ricavare direzione e/o verso di paleocorrenti, ...

2a – Individuerai il punto/la zona del campione dove riuscire ad effettuare al meglio le misure azimutali poi, per tutti i giunti di stratificazione, dovrai rappresentare i valori di orientazione nei tre metodi: 'universale', 'mano destra' e 'del dip'.

3 – Che linee vi riconosco?

Flute cast, creste di ripple, solchi erosivi, cerniere di piega, strie cinematiche su piani di faglia, lineazioni metamorfiche...

3a – Individuerai il punto/la zona del campione dove riuscire ad effettuare al meglio le misure azimutali. Per gli eventuali dati di paleocorrente, dovrai riportare a zero la stratificazione ruotando solidalmente i suoi valori di direzione e verso. Questo al fine di ottenere il dato originario, precedente alle deformazioni tettoniche.

METODO DELLA "TAVOLETTA GRIGLIATA"
per ottenere misure originali di PALEOCORRENTI

Lineazioni da paleocorrente in successioni inclinate, verticali e/o ad attuale polarità rovescia

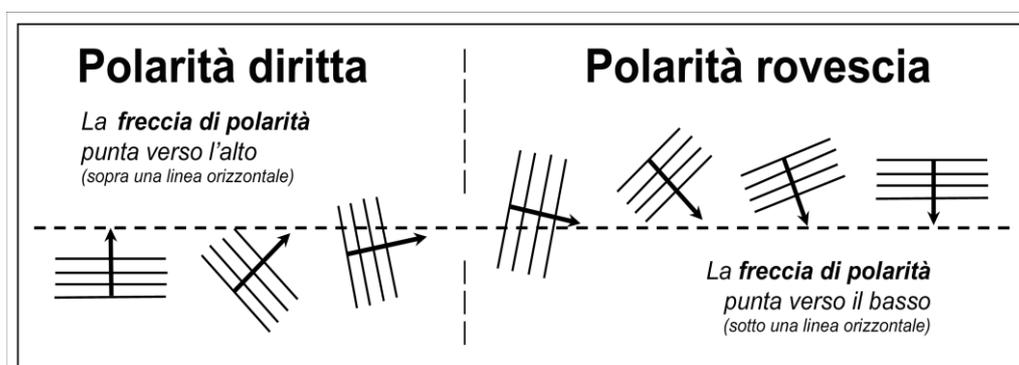


Fig. 1.133. La polarità stratigrafica è un vettore perpendicolare alle superfici di stratificazione e rivolto verso gli strati più recenti della successione.

- 1) Procuratevi una tavoletta d'alluminio o di legno rigido, di forma rettangolare (circa 25 × 15 cm). E' necessario che sia sottile e indeformabile.
- 2) Contrassegnate un lato con BASE e quello opposto con TETTO. Disegnate su entrambi i lati una linea in posizione circa centrale, rigorosamente parallela i lati lunghi del rettangolo.
- 3) Segnate i bordi, su entrambi i lati come in **fig. 1.134**, con una griglia di lettere e numeri (ecco la... "tavoletta grigliata"!). E' importante che sui due lati della tavoletta - diritto e rovescio - ci sia corrispondenza diretta fra le stesse lettere e gli stessi numeri.

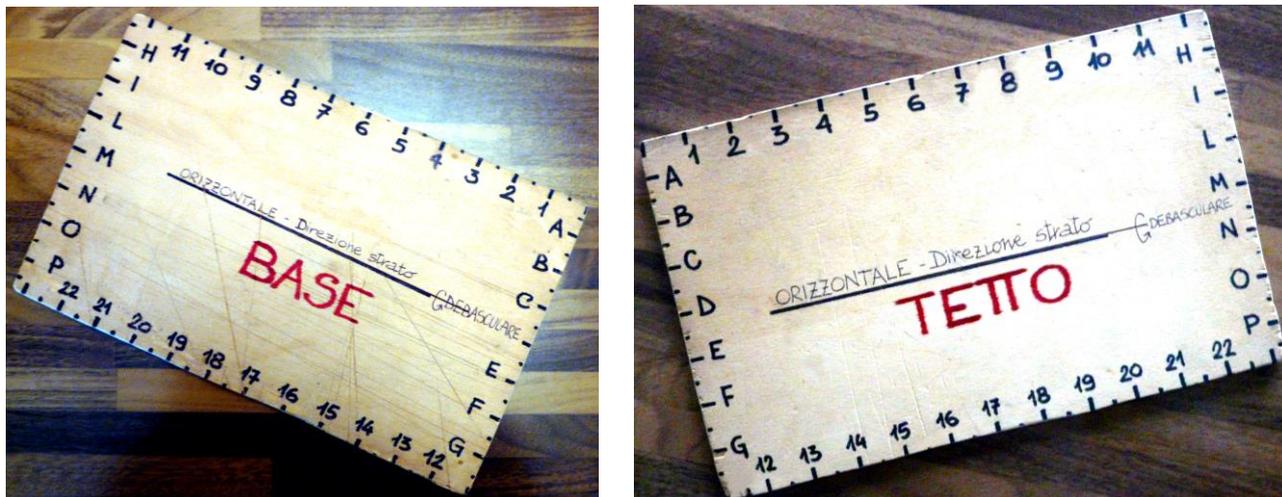


Fig. 1.134a,b. I due lati (BASE e TETTO) della tavoletta, modificati per la misura delle paleocorrenti.

- 4) Individuate lo strato (non più orizzontale) che contiene una struttura da paleocorrente (ad es. il *flute cast* di **fig. 1.135**, Campione 13) e valutatene, se possibile, il verso.
- 5) Stabilite la BASE dello strato riconoscendone la polarità: diritta o rovescia. Se lo strato è verticale riconoscerete ugualmente la BASE.



Fig. 1.135. Uno dei campioni del Giardino Geologico. Contiene dei *flute cast* sui quali sperimenteremo l'uso della "tavoletta grigliata" per ottenere speditivamente la misura originaria di paleocorrente.

Ora procedete come segue.

A) Appoggiate la tavoletta allo strato (rispettando l'indicazione BASE e TETTO). Fate attenzione – con l'uso della bussola – che la linea segnata al centro diventi orizzontale, alla pari dei due lati lunghi della tavoletta.

B) Verificate i punti in cui la linea di paleocorrente "spunta da sotto la tavoletta" e ridiventa visibile. Ad es. 6-19 (come in quest'esempio), oppure H-14, o anche 2-15 (**fig. 1.136**) e memorizzate i due dati di ingresso e uscita (senza segnarli sulla tavoletta).

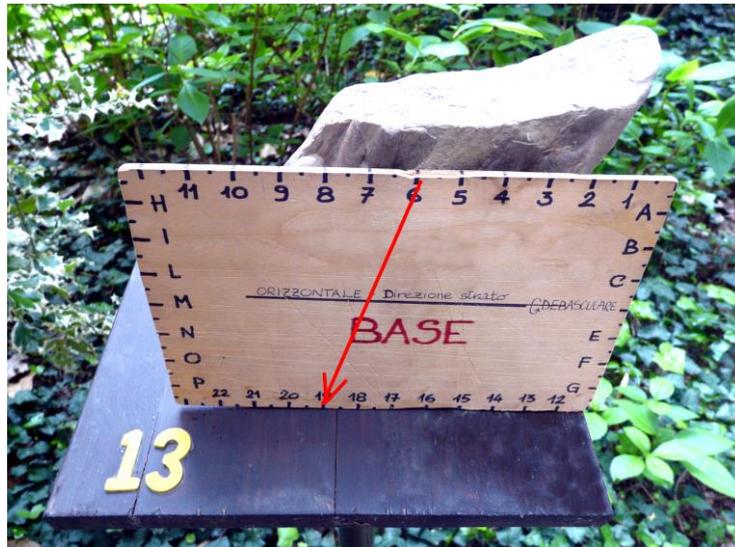


Fig. 1.136. L'assetto della "tavoletta grigliata" deve simulare lo strato: BASE e TETTO devono corrispondere alla realtà. Dunque, prima di tutto, individuate la polarità del vostro strato!

C) Facendo perno su uno dei due lati lunghi portate la tavoletta in assetto orizzontale (**fig. 1.137**) ricordando sempre che simula il vostro strato. Se la polarità era rovescia o l'assetto era verticale avrete cura, alla fine della rotazione, di riportare la tavoletta con la posizione TETTO verso l'alto (a vista). Abbiate sempre cura di memorizzare da quale numero partiva e verso quale numero o lettera procedeva la paleocorrente (questo per poterne ottenere anche il verso).



Fig. 1.137. La lenta operazione della rotazione della "tavoletta grigliata" lungo il suo asse orizzontale (la direzione dello strato). Attenzione che ora state vedendo il TETTO della tavoletta.

C) Appoggiate la bussola sulla tavoletta ormai orizzontale (e con la scritta TETTO in vista). Allineatela con i due punti d'ingresso e d'uscita della paleocorrente (congiungete tra loro le medesime lettere inizialmente individuate, **fig. 1.138**): otterrete l'originaria direzione e verso della stessa! In questo caso la paleocorrente procedeva da 6 a 19 (e non viceversa). Importante dunque memorizzare la successione corretta dei due riferimenti per ottenere il giusto verso originario.



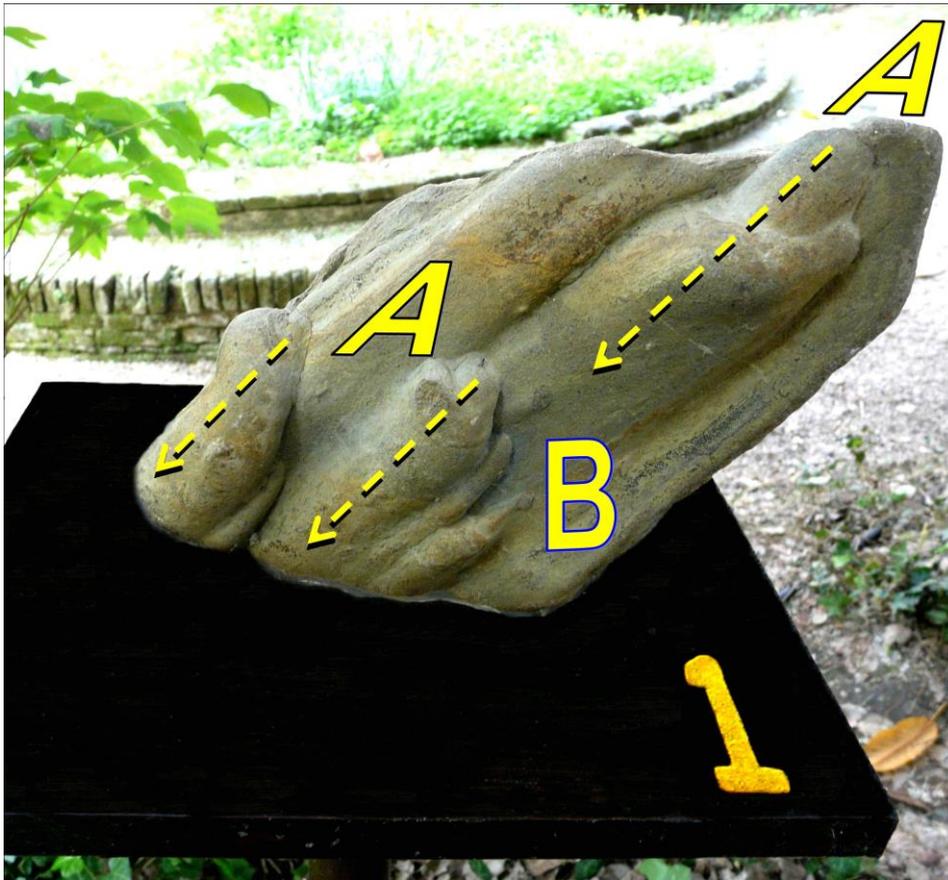
Fig. 1.138. L'operazione di rotazione della "tavoletta grigliata" si è conclusa. Ora è il TETTO della tavoletta/strato ad essere visibile e orizzontale. La vostra paleocorrente (con relativa direzione e verso) è stata riportata all'origine!



1.139. L'ingresso al Giardino Geologico (maggio 2019): buon lavoro!

Chiedo ai fruitori di questa *palestra geologica* di segnalare a corrado.venturini@unibo.it eventuali discrepanze (differenze di $\pm 5^\circ$ nelle singole misurazioni), ma anche sviste o errori di valutazione dei dati, affinché si possano emendare rapidamente, senza generare danni.

Campione 1 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **B – Piano di stratificazione**
LINEE **A – Flute cast**

SUPERFICI – Misure azimutali su **B – Piano di stratificazione** (base strato)

“metodo universale” – **N165°E / 77° SW** (ovvero **N345°E / 77° SW**)

“regola della mano destra” – **345° / 77°** (immersione a SW)

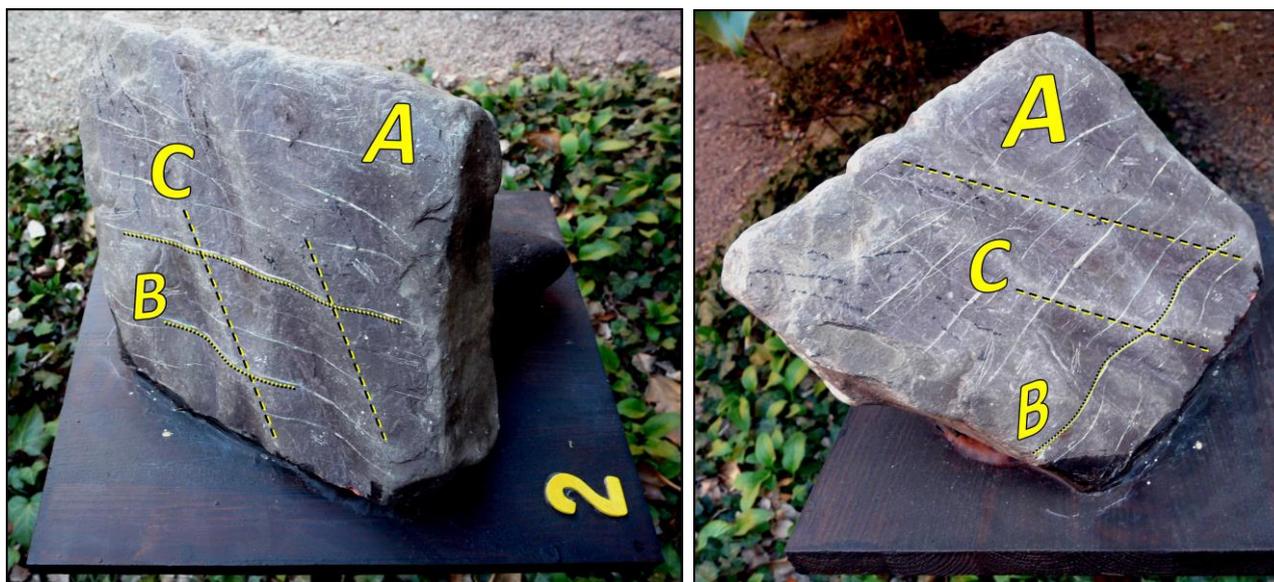
“metodo del dip” – **253° / 77°**

LINEE – Misure azimutali su **A – Flute cast**

La superficie di strato è verticale. Si tratta di controimpronte e dunque state osservando la base dello strato. Per ripristinarne l'assetto originario dovrete dunque ruotare il lato inferiore della vostra tavoletta fino a portarla orizzontale (v. pagg. 13-16).

Direzione originaria (con strato debasculato) – **285°** (ossia procedeva da E verso W)

Campione 2 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI	A – Piano di stratificazione
SUPERFICI	B – Vene
LINEE	C – Creste di <i>ripple</i>

SUPERFICI – Misure azimuthali su **A – Piano di stratificazione**

“metodo universale” – **N5°E / 55° W** (ovvero **N185°E / 55° W**)

“regola della mano destra” – **5° / 55°** (immersione a W)

“metodo del dip” – **275° / 55°**

SUPERFICI – Misure azimuthali su **B – Vene** (riempimento di calcite spatica)

“metodo universale” – **N170°E / 35° E** (ovvero **N350°E / 35° E**)

“regola della mano destra” – **170° / 35°** (immersione a E)

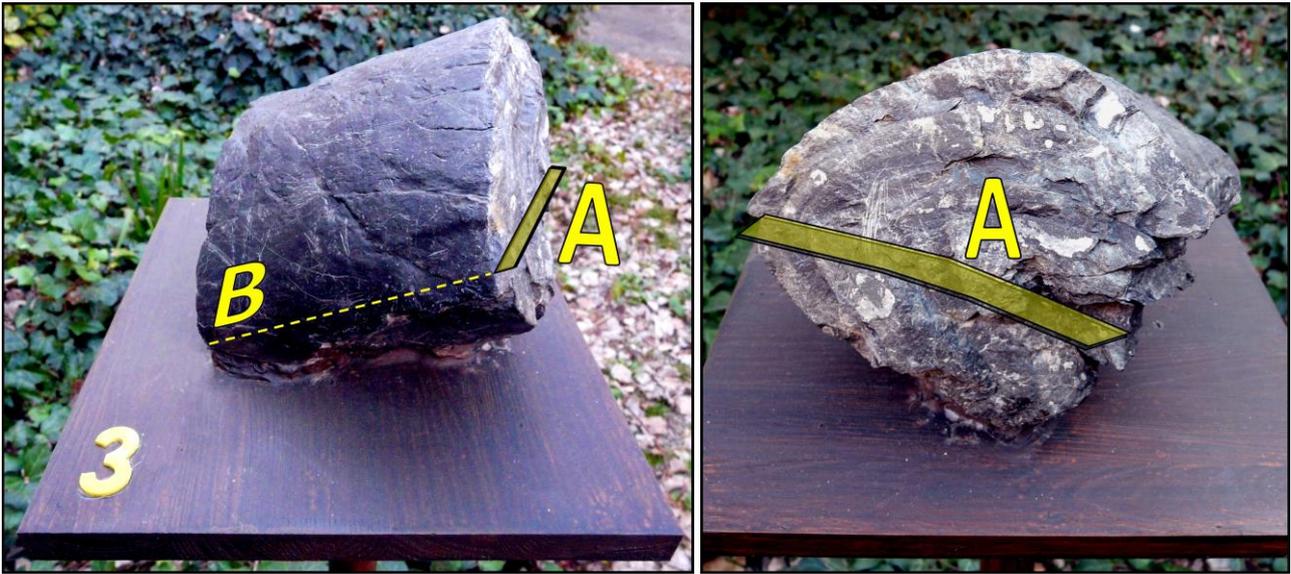
LINEE – Misure azimuthali su **C – Creste di *ripple*** (simmetrico da onda)

Plunge direction – **37°** *Plunge* – **35° SW**

Direzione originaria (con strato debasecolato) – **240°- 60°** (verso non determinabile)

Direzione del moto ondoso – **NNW-SSE**

Campione 3 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Piano assiale di piega
LINEE B – Cerniera (asse) di piega

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano assiale di piega**

“metodo universale” – **N85°E / 25° N** (ovvero **N265°E / 25° N**)

“regola della mano destra” – **85° / 25°** (immersione a N)

LINEE – Misure azimutali su **B – Cerniera (asse) di piega**

“metodo universale” – **N163°E / 27° S**

Campione 4 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Set di lamine
SUPERFICI B-B' – Piani di microfaglie
SUPERFICI B' – Piano di faglia

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Set di lamine**

“metodo universale” – **N85°E / 65° N** (ovvero **N265°E / 65° N**)

“regola della mano destra” – **85° / 65°** (immersione a N)

“metodo del dip” – **355° / 65°**

SUPERFICI – Misure azimutali su **B – Piani di microfaglie**

“metodo universale” – **N35°E / 70° NW** (ovvero **N215°E / 70° NW**)

“regola della mano destra” – **35° / 70°** (immersione a NW)

Ruolo – **Distensivo**

SUPERFICI – Misure azimutali su **B' – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

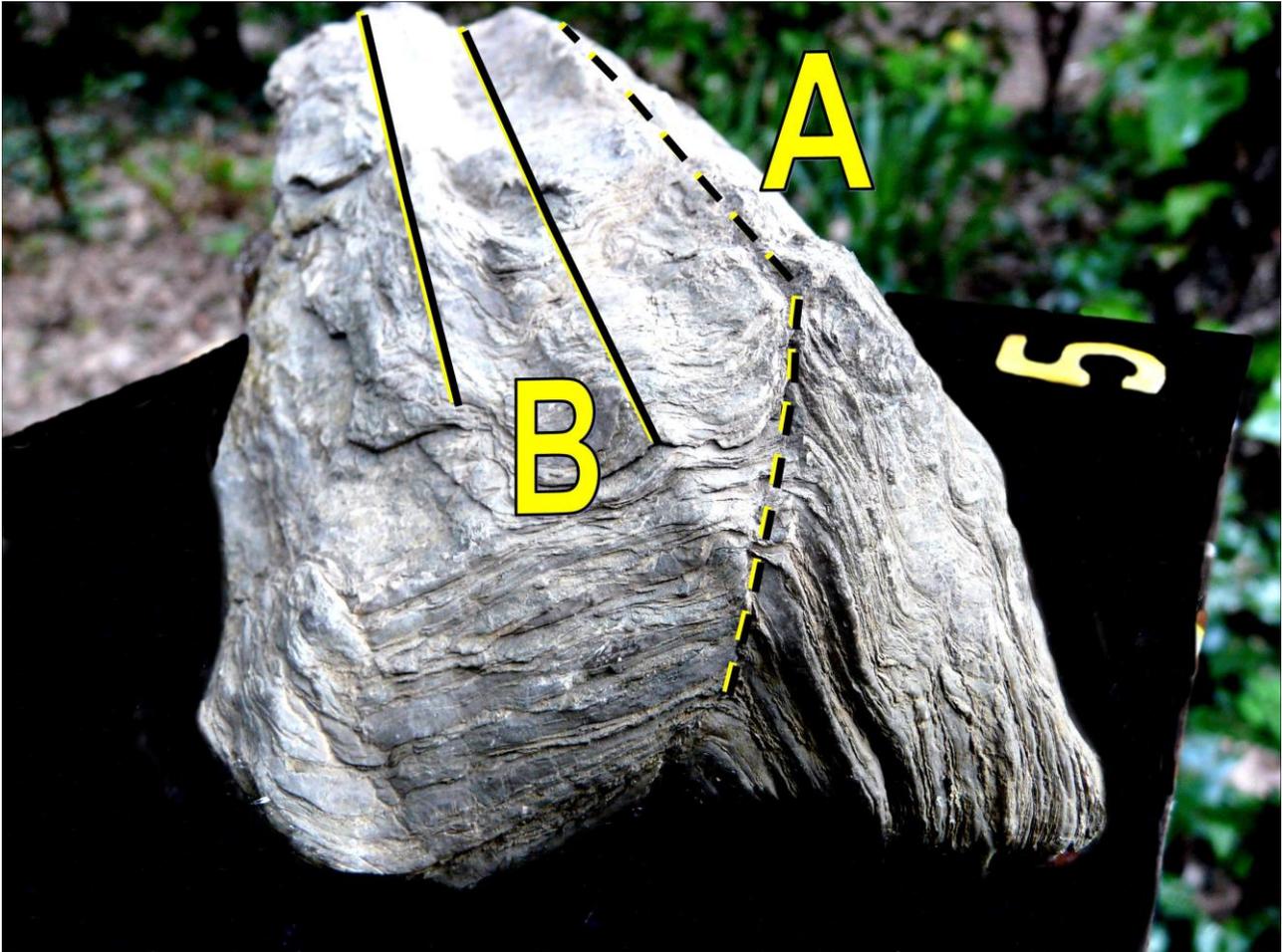
“metodo universale” – **N10°E / 80° W** (ovvero **N190°E / 80° W**)

“regola della mano destra” – **10° / 80°** (immersione a W)

Ruolo – **Distensivo** (con componente trascorrente destra)

Plunge direction – **175°** *Plunge* – **65° N** *Rake (M1)* – **60°N** *Rake (M2)* – **60°**

Campione 5 – ROCCIA ANCHIMETAMORFICA



SUPERFICI A – Piano assiale di *kink fold*
LINEE B – Cerniere (assi) di *kink fold*

SUPERFICI – Misure azimutali su **A** – Piano assiale di *kink fold*

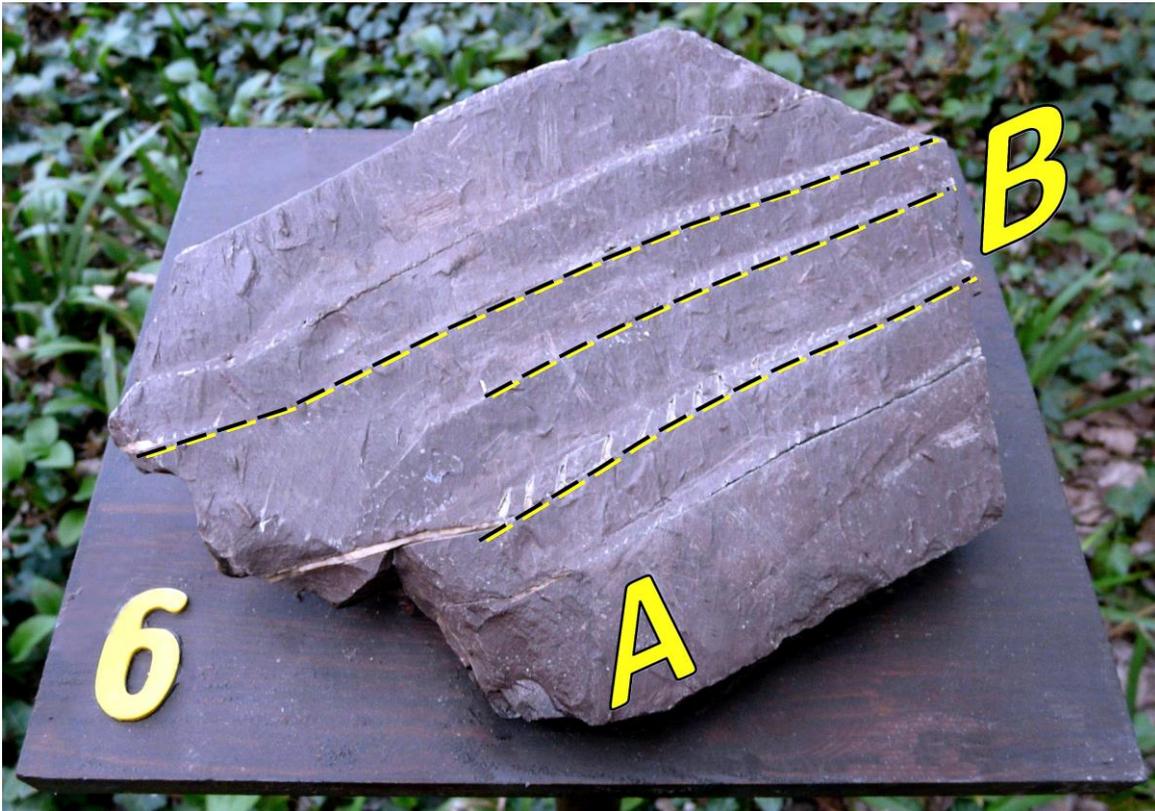
“metodo universale” – **N187°E / 55° E** (ovvero **N7°E / 32° E**)

“regola della mano destra” – **187° / 55°** (immersione a E)

LINEE – Misure azimutali su **B** – Cerniere (assi) di *kink fold*

“metodo universale” – **0° / 5°** (immersione a N)

Campione 6 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Piano di stratificazione
SUPERFICI B – Piani di microfaglie

SUPERFICI – Misure azimuthali su A – Piano di stratificazione

“metodo universale” – **N272°E / 32° S** (ovvero **N92°E / 32° S**)

“regola della mano destra” – **272° / 32°** (immersione a S)

“metodo del dip” – **182° / 32°**

SUPERFICI – Misure azimuthali su B – Piani di microfaglie

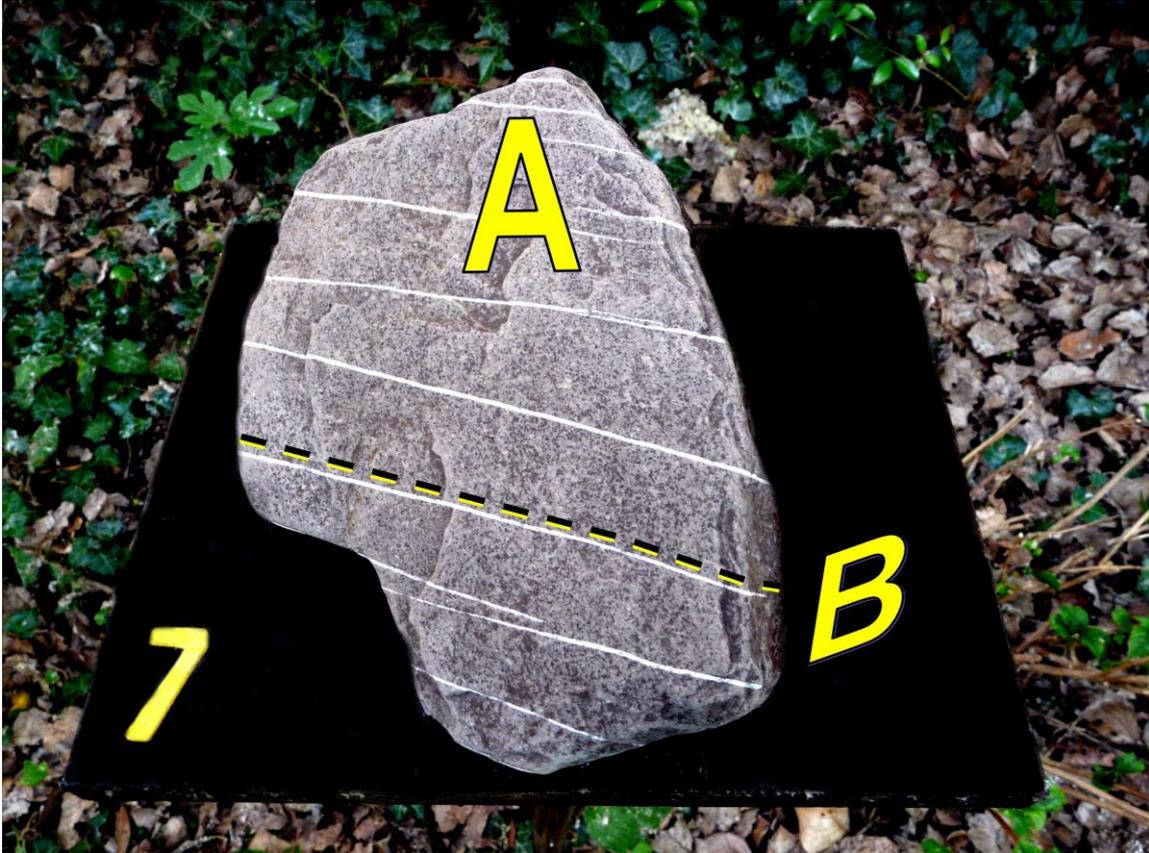
“metodo universale” – **N75°E / 45° NW** (ovvero **N255°E / 45° NW**)

“regola della mano destra” – **75° / 45°** (immersione a NW)

Ruolo – **Trascorrente sinistro** (desunto dalle geometrie dei *tension gash*)

Plunge direction – **85°** *Plunge* – **10° W** *Rake (M1)* – **10°W** *Rake (M2)* – **170°**

Campione 7 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Piano di stratificazione
SUPERFICI B – Vene

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di stratificazione**

“metodo universale” – **N175°E / 22° E** (ovvero **N355°E / 22° E**)

“regola della mano destra” – **175° / 22°** (immersione a E)

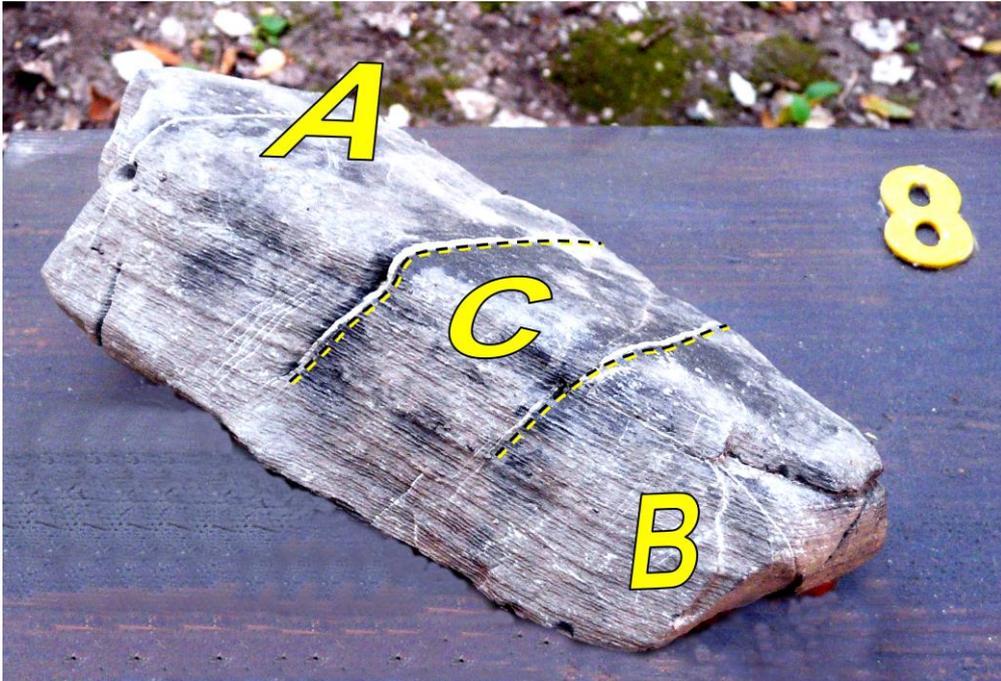
“metodo del dip” – **85° / 22°**

SUPERFICI – Misure azimutali su **B – Vene** (riempimento di calcite spatica)

“metodo universale” – **N320°E / 60° SW** (ovvero **N140°E / 60° SW**)

“regola della mano destra” – **320° / 60°** (immersione a SW)

Campione 8 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **A – Piano di stratificazione**
SUPERFICI **B – Set di lamine**
SUPERFICI **C – Vene**

SUPERFICI – Misure azimutali su A – Piano di stratificazione

“metodo universale” – **N78°E / 40° NW** (ovvero **N258°E / 40° NW**)

“regola della mano destra” – **78° / 40°** (immersione a NW)

“metodo del dip” – **348° / 40°**

SUPERFICI – Misure azimutali su B – Set di lamine

E' sufficiente apprezzare il parallelismo con le superfici di stratificazione, attribuendo anche alle lamine il medesimo valore di giacitura.

SUPERFICI – Misure azimutali su C – Vene (riempimento di calcite spatica)

“metodo universale” – **N7°E / Vert.** (ovvero **N187°E / Vert.**; **N187°E / 90°**; **N7°E / 90°**)

“regola della mano destra” – **7° / Vert.** (ovvero **187° / Vert.**)

Campione 9 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **A – Piano di stratificazione**
SUPERFICI **B – Set di lamine**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di stratificazione**

“metodo universale” – **N250°E / 40° SE** (ovvero **N70°E / 40° SE**)

“regola della mano destra” – **250° / 40°** (immersione a SE)

“metodo del dip” – **160° / 40°**

Nota

Un deposito recente (copertura) riveste il campione mascherandone la superficie di stratificazione. L’assetto di quest’ultima coincide con quello delle lamine piano parallele ben visibili in tutto il campione. Necessità impone di cercare una superficie esposta che abbia i requisiti per essere misurata tramite la bussola. Spesso, come in questo caso, non sarà percepibile con immediatezza. Una volta individuata (v. fig. destra) diventa indispensabile l’uso della tavoletta per facilitare una misurazione che, al contrario, risulterebbe pressoché impossibile.

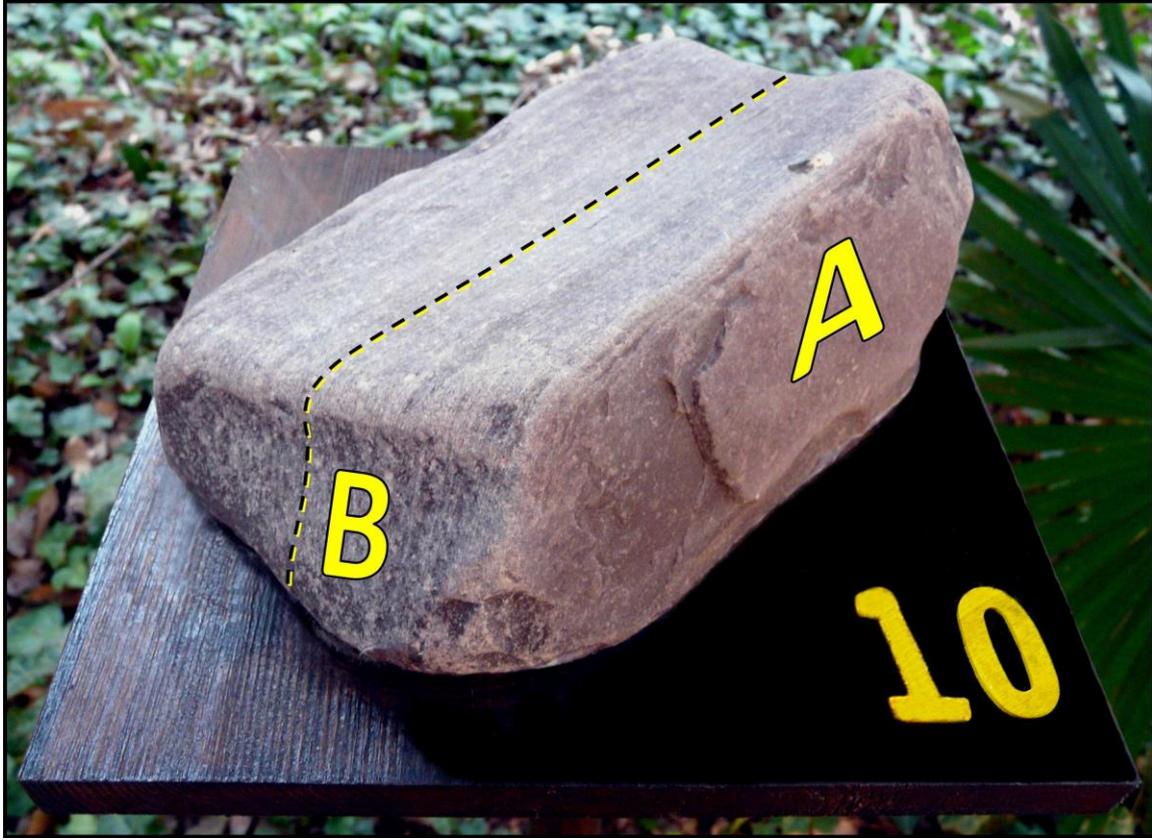
SUPERFICI – Misure azimutali su **B – Set di lamine**

E’ sufficiente apprezzare il parallelismo con le superfici di stratificazione, attribuendo anche alle lamine il medesimo valore di giacitura.

Nota

Questa laminazione è verosimilmente il prodotto di un processo di decantazione. Lamine orizzontali possono anche essere il risultato di una corrente trattiva in regime supercritico (v. intervallo Td degli strati torbiditici, Sequenza di Bouma).

Campione 10 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **A – Piano di stratificazione**
SUPERFICI **B – Set di lamine**

SUPERFICI – Misure azimuthali su A – Piano di stratificazione

“metodo universale” – **N110°E / 62° NE** (ovvero **N290°E / 62° NE**)

“regola della mano destra” – **110° / 62°** (immersione a NE)

“metodo del dip” – **20° / 62°**

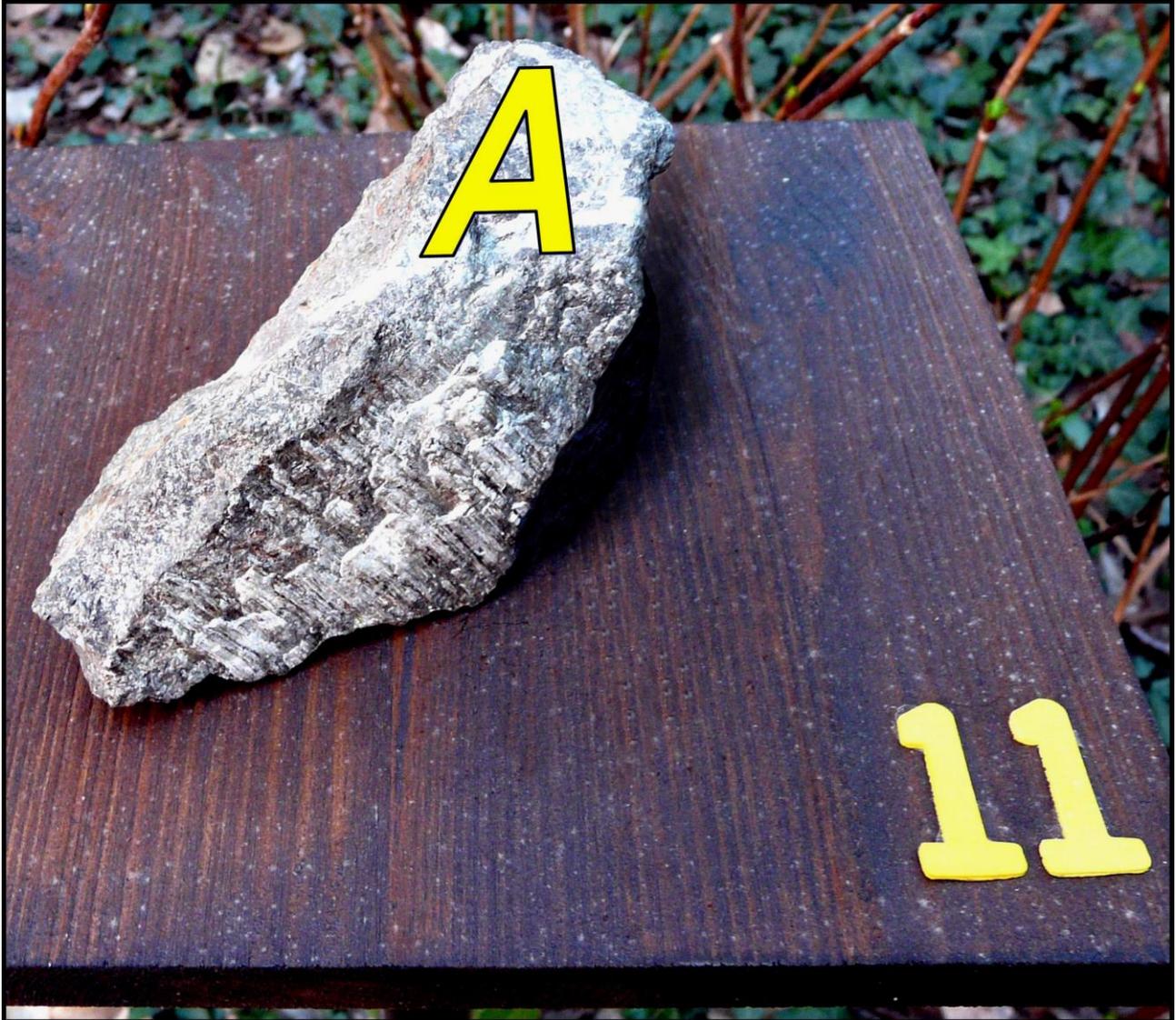
SUPERFICI – Misure azimuthali su B – Set di lamine

Valgono i valori misurati per la superficie di strato dato che il set di lamine ha un assetto piano parallelo coerente con quello della stratificazione.

Nota

Questa laminazione è verosimilmente il prodotto di un processo di decantazione. Lamine orizzontali possono anche essere il risultato di una corrente trattiva in regime supercritico (v. intervallo Td degli strati torbiditici, Sequenza di Bouma).

Campione 11 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **A – Piano di faglia**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

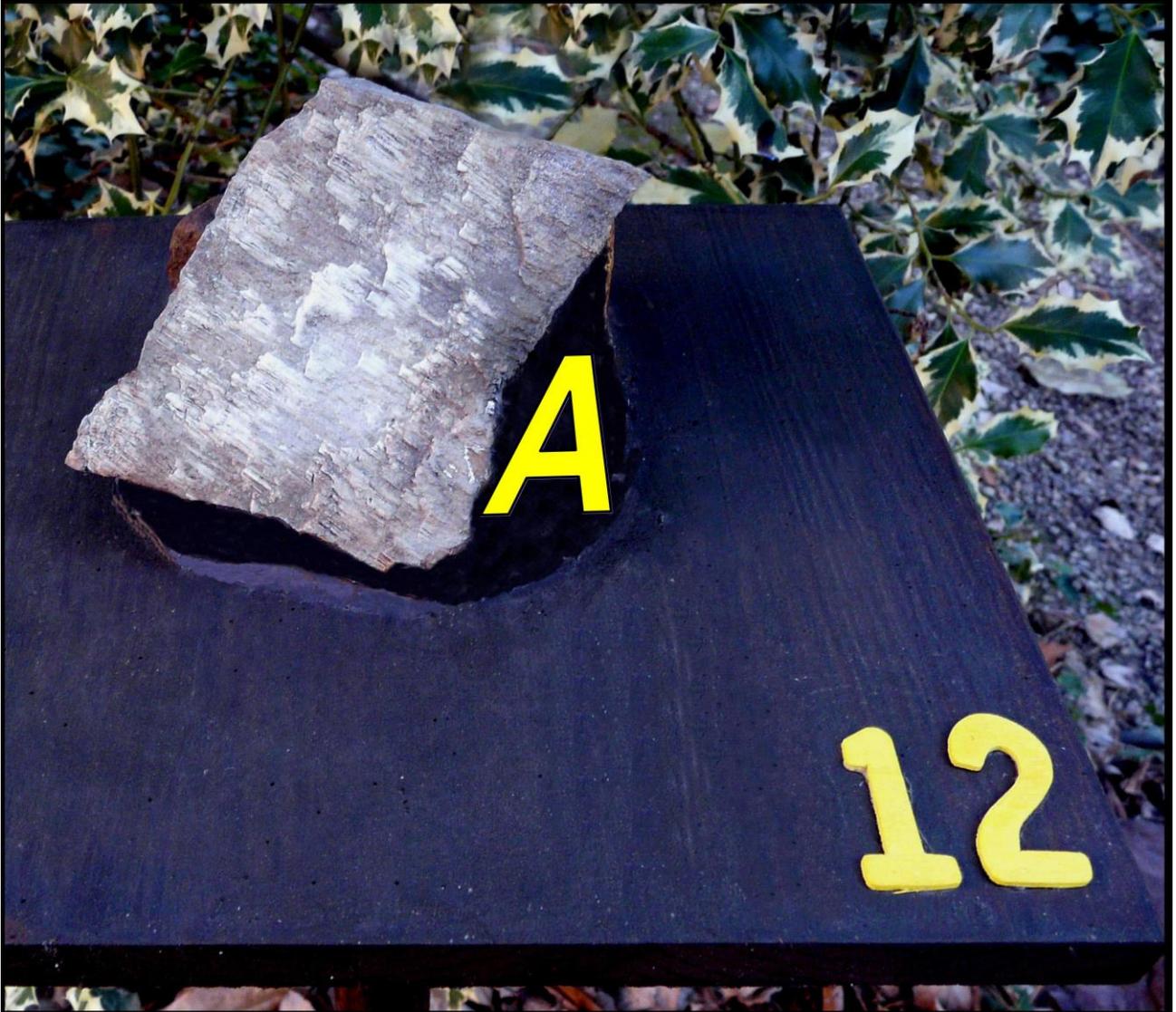
“metodo universale” – **N60°E / 80° NW** (ovvero **N240°E / 80° NW**)

“regola della mano destra” – **60° / 80°** (immersione a NW)

Ruolo – **Compressivo**

Plunge direction – **80°** *Plunge* – **54° W** *Rake (M1)* – **48°SW** *Rake (M2)* – **312°**

Campione 12 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Piano di faglia

SUPERFICI – Misure azimuthali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatca)

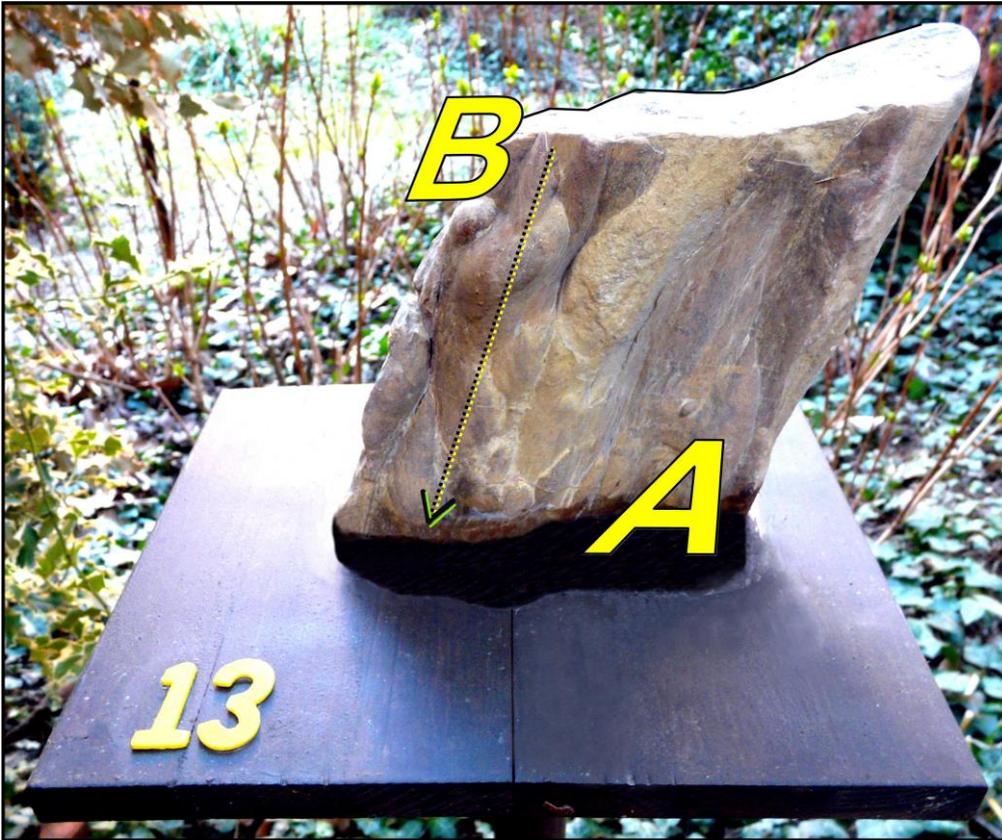
“metodo universale” – **N65°E / 57° NW** (ovvero **N235°E / 58° NW**)

“regola della mano destra” – **65° / 57°** (immersione a NW)

Ruolo – **Trascorrente destro** (con componente compressiva)

Plunge direction – **82°** *Plunge* – **32° W** *Rake (M1)* – **32°SW** *Rake (M2)* – **328°**

Campione 13 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **A – Piano di stratificazione**
LINEE **B – Flute cast**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di stratificazione**

“metodo universale” – **N145°E / Vert.** (ovvero **N325°E / Vert.**; **N325°E / 90°**; **N145°E / 90°**)

“regola della mano destra” – **145° / Vert.** (ovvero **325° / Vert.**)

“metodo del dip” – non applicabile (la misura diventa un punto)

LINEE – Misure azimutali su **B – Flute cast**

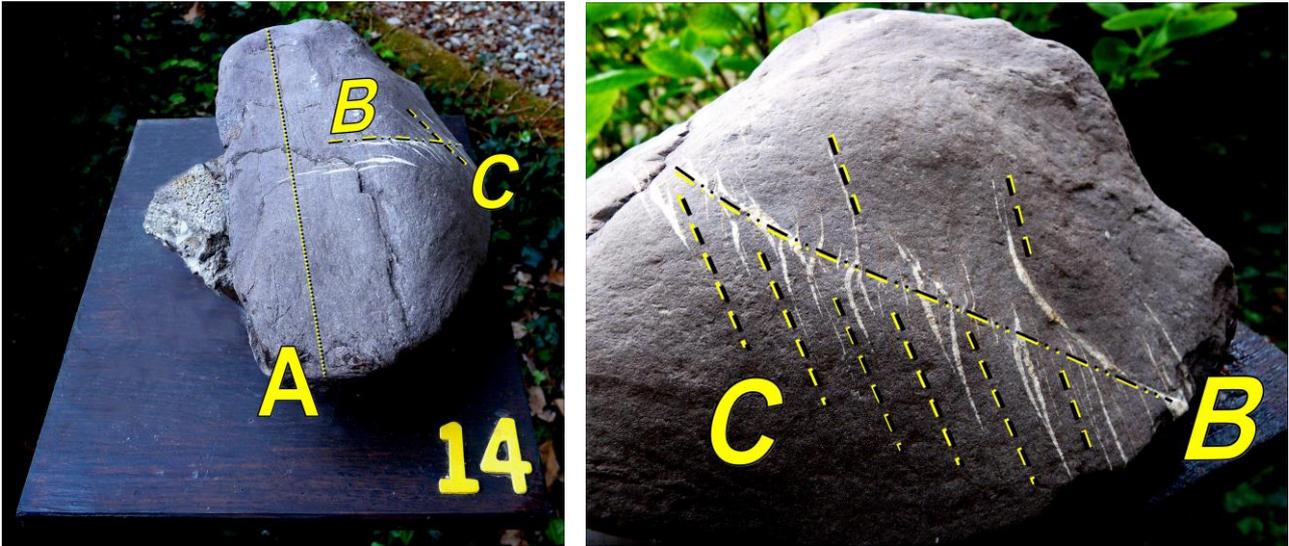
Plunge direction – **145°** *Plunge* – **67° NW** *Pitch (M1)* – **72°NW** *Pitch (M2)* – **72°**

Direzione originaria (con strato debasecolato) – **43°** (ossia procedeva da SW verso NE)

Nota

La superficie di strato è verticale. Si tratta di controimpronte e dunque state osservando la base dello strato. Per ripristinarne l'assetto originario dovrete dunque ruotare il lato inferiore della vostra tavoletta fino a portarla orizzontale (v. pagg. 13-16).

Campione 14 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – *Set di lamine* (lamine piano-parallele)
SUPERFICI B – *Piano di faglia* (in formazione)
SUPERFICI C – *Tension gash*

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Set di lamine** (qui paralleli alla stratificazione)

“metodo universale” – $N285^{\circ}E / 75^{\circ} SW$ (ovvero $N105^{\circ}E / 75^{\circ} SW$)

“regola della mano destra” – $285^{\circ} / 75^{\circ}$ (immersione a SW)

“metodo del dip” – $195^{\circ} / 75^{\circ}$

SUPERFICI – Misure azimutali su **B – Piano di potenziale faglia**

“metodo universale” – $N170^{\circ}E / 52^{\circ} E$ (ovvero $N350^{\circ}E / 52^{\circ} E$)

“regola della mano destra” – $170^{\circ} / 52^{\circ}$ (immersione a E)

Ruolo – **Trascorrente destro** (desunto dalle geometrie dei *tension gash*)

SUPERFICI – Misure azimutali su **C – Tension gash**

“metodo universale” – $N195^{\circ}E / 88^{\circ} SE$ (ovvero $N15^{\circ}E / 88^{\circ} SE$)

“regola della mano destra” – $195^{\circ} / 88^{\circ}$ (immersione a SE)

Campione 15 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **A – Piano di faglia**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

“metodo universale” – **N135°E / 43° NE** (ovvero **N315°E / 43° NE**)

“regola della mano destra” – **135° / 43°** (immersione a NE)

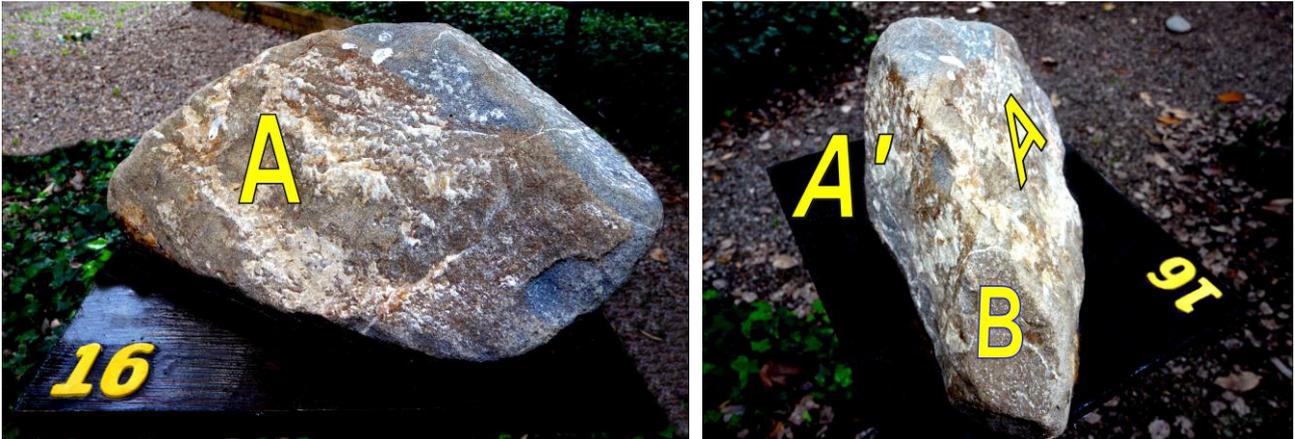
Ruolo – **Distensivo**

Plunge direction – **190°** *Plunge* – **42° N** *Rake (M1)* – **65°NW** *Rake (M2)* – **115°**

Nota

In questo caso occorre valutare se i gradini meccanici prodotti sul piano di faglia sono reali o se si tratta, al contrario, di ‘falsi gradini’ (v. Campione 27). Questo perché il loro aspetto molto frammentato lascia aperti dei possibili dubbi. L’osservazione più approfondita scarta questa eventualità e li classifica come reali, ossia sviluppati durante il movimento dei due lembi di faglia.

Campione 16 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – A' – Piani di faglia
SUPERFICI B – Piano di frattura
SUPERFICI ? – Piano di stratificazione

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

“metodo universale” – **N130°E / 52° NE** (ovvero **N310°E / 52° NE**)

“regola della mano destra” – **130° / 52°** (immersione a NE)

Ruolo – **Compressivo**

Plunge direction – **197°** Plunge – **47° N** Rake (M1) – **83°NW** Rake (M2) – **277°**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A' – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

“metodo universale” – **N95°E / 75° S**

“regola della mano destra” – **275°/75°**

Ruolo – **Trascorrente sinistro**

Plunge direction – **75°** Plunge – **0°** Rake (M1) – **180°** Rake (M2) – **0°**

SUPERFICI – Misure azimutali su **B – Piano di frattura**

“metodo universale” – **N233°E / 50° SE** (ovvero **N53°E / 52° SE**)

“regola della mano destra” – **233° / 52°** (immersione a SE)

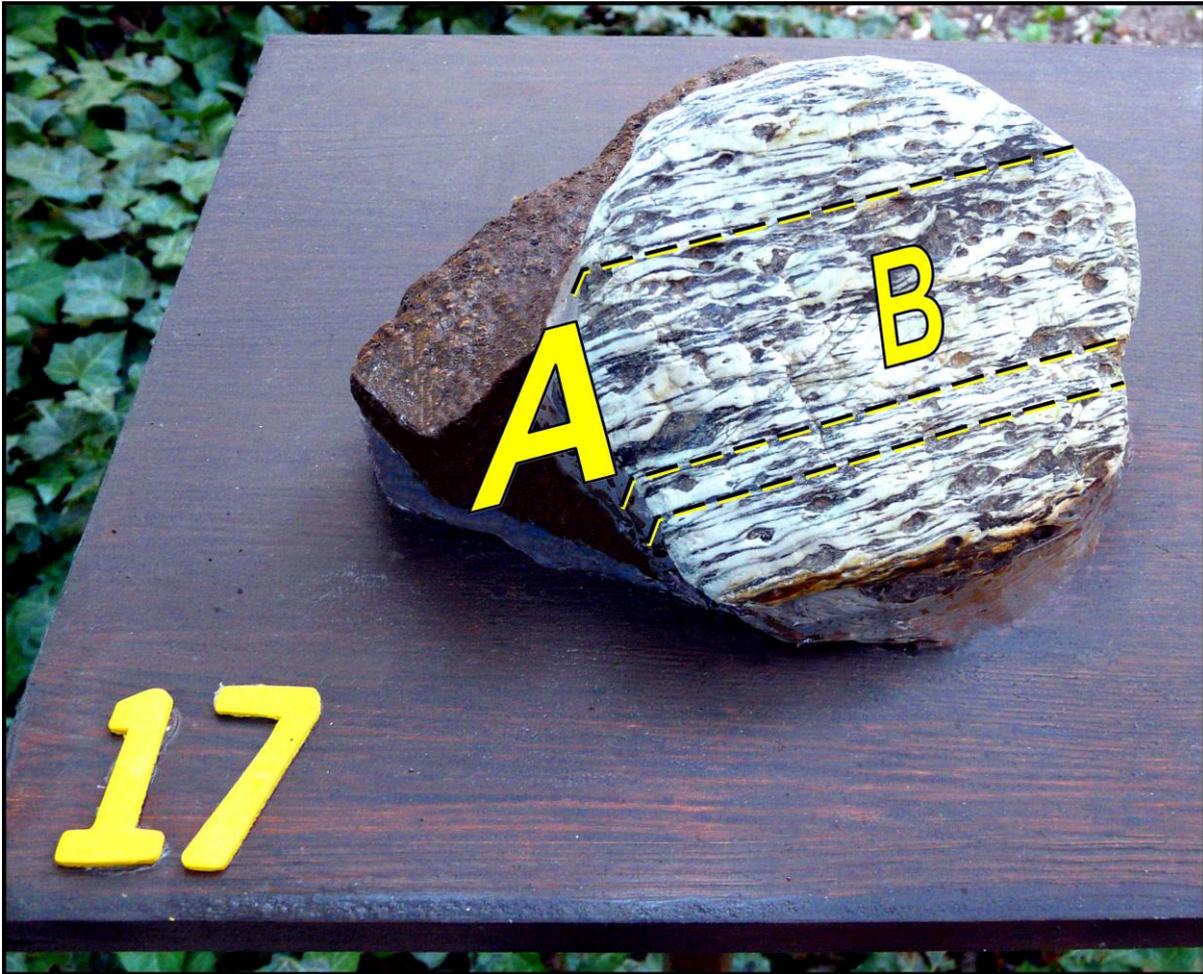
SUPERFICI – Misure azimutali su **? – Piano di stratificazione** (individuatelo in autonomia!)

“metodo universale” – **N325°E / Vert.** (ovvero **N145°E / Vert.**; **N325°E / 90°**; **N145°E / 90°**)

“regola della mano destra” – **325° / Vert.** (ovvero **145° / Vert.**)

“metodo del dip” – non applicabile (la misura diventa un punto)

Campione 17 – ROCCIA METAMORFICA



SUPERFICI A – Piano di foliazione metamorfica
SUPERFICI B – Superficie di frattura (la superficie del campione)

SUPERFICI – Misure azimutali su **A** – Piani di foliazione metamorfica

“metodo universale” – **N338°E / 62° SW** (ovvero **N158°E / 62° SW**)

“regola della mano destra” – **338° / 62°** (immersione a SW)

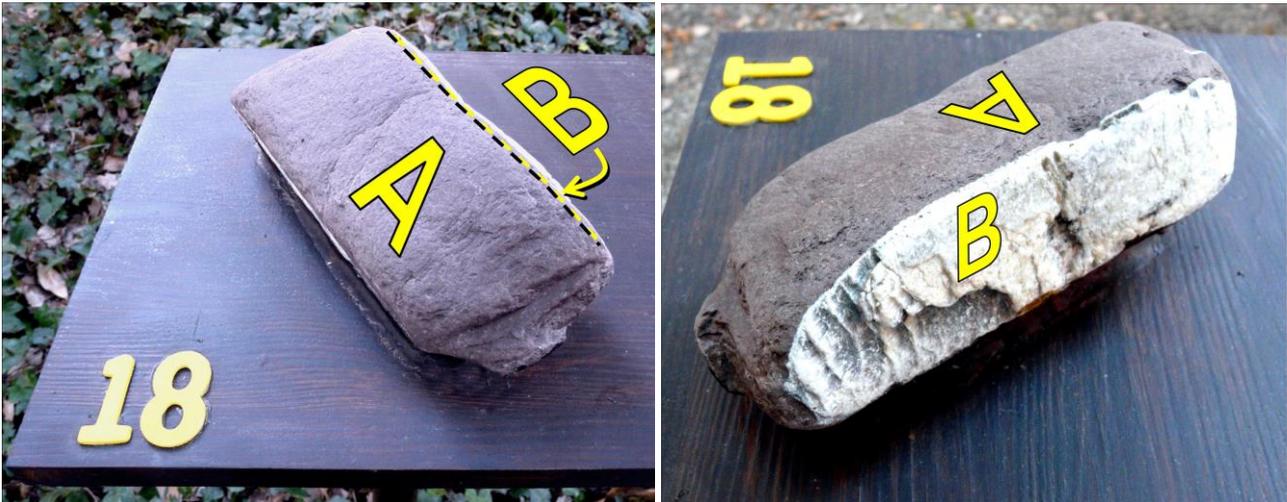
“metodo del dip” – **248° / 62°**

SUPERFICI – Misure azimutali su **B** – Superficie di frattura

“metodo universale” – **N145°E / 42° NE** (ovvero **N325°E / 42° NE**)

“regola della mano destra” – **145° / 42°** (immersione a NE)

Campione 18 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Piano di stratificazione
SUPERFICI B – Piano di faglia

SUPERFICI – Misure azimuthali su A – Piano di stratificazione

“metodo universale” – $N40^{\circ}E / 25^{\circ}NW$ (ovvero $N220^{\circ}E / 25^{\circ}NW$)

“regola della mano destra” – $40^{\circ} / 25^{\circ}$ (immersione a NW)

“metodo del dip” – $308^{\circ} / 25^{\circ}$

SUPERFICI – Misure azimuthali su B – Piano di faglia (gradini in calcite spatica)

“metodo universale” – $N222^{\circ}E / 63^{\circ}SE$ (ovvero $N145^{\circ}E / 63^{\circ}SE$)

“regola della mano destra” – $222^{\circ} / 63^{\circ}$ (immersione a SE)

Ruolo – **Trascorrente destro**

Plunge direction – 205° Plunge – $5^{\circ}SW$ Rake (M1) – $18^{\circ}SW$ Rake (M2) – 18°

Nota

Il piano di faglia (B) apparentemente si configura come una frattura riempita da calcite spatica (vena). Ad una più attenta analisi si riescono a scorgere (sulla sinistra dell'osservatore) degli indizi cinematici ridotti ma molto chiari: strie e gradini in calcite.

Campione 19 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI **A – Piano di frattura** (con residui di calcite)
SUPERFICI **B – Vene** (riempimento di calcite spatica)

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di frattura**

“metodo universale” – **N305°E / 30° SW** (ovvero **N125°E / 30° SW**)

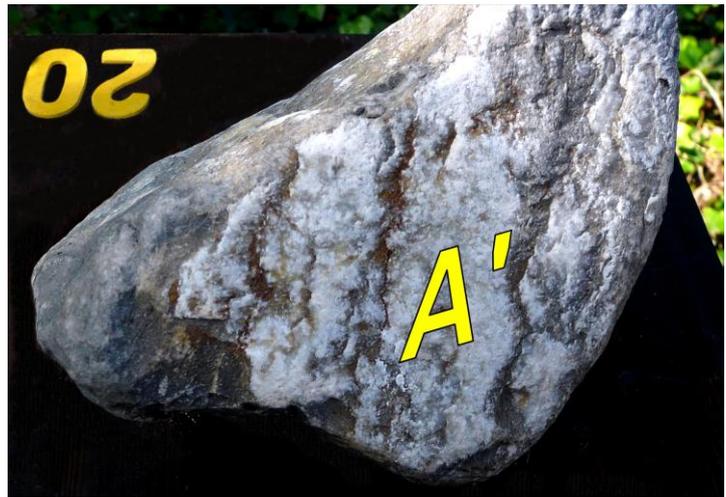
“regola della mano destra” – **305° / 30°** (immersione a SW)

SUPERFICI – Misure azimutali su **B – Vene** (riempimento di calcite spatica)

“metodo universale” – **N50°E / 55° NW** (ovvero **N230°E / 55° NW**)

“regola della mano destra” – **50° / 55°** (immersione a NW)

Campione 20 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Piano di faglia
SUPERFICI A' – Piano di faglia

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

“metodo universale” – **N203°E / 47° SE** (ovvero **N23°E / 47° SE**)

“regola della mano destra” – **203° / 47°**

Ruolo – **Trascorrente destro**

Plunge direction – **0°** *Plunge* – **0°** *Rake (M1)* – **180°** *Rake (M2)* – **0°**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A' – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

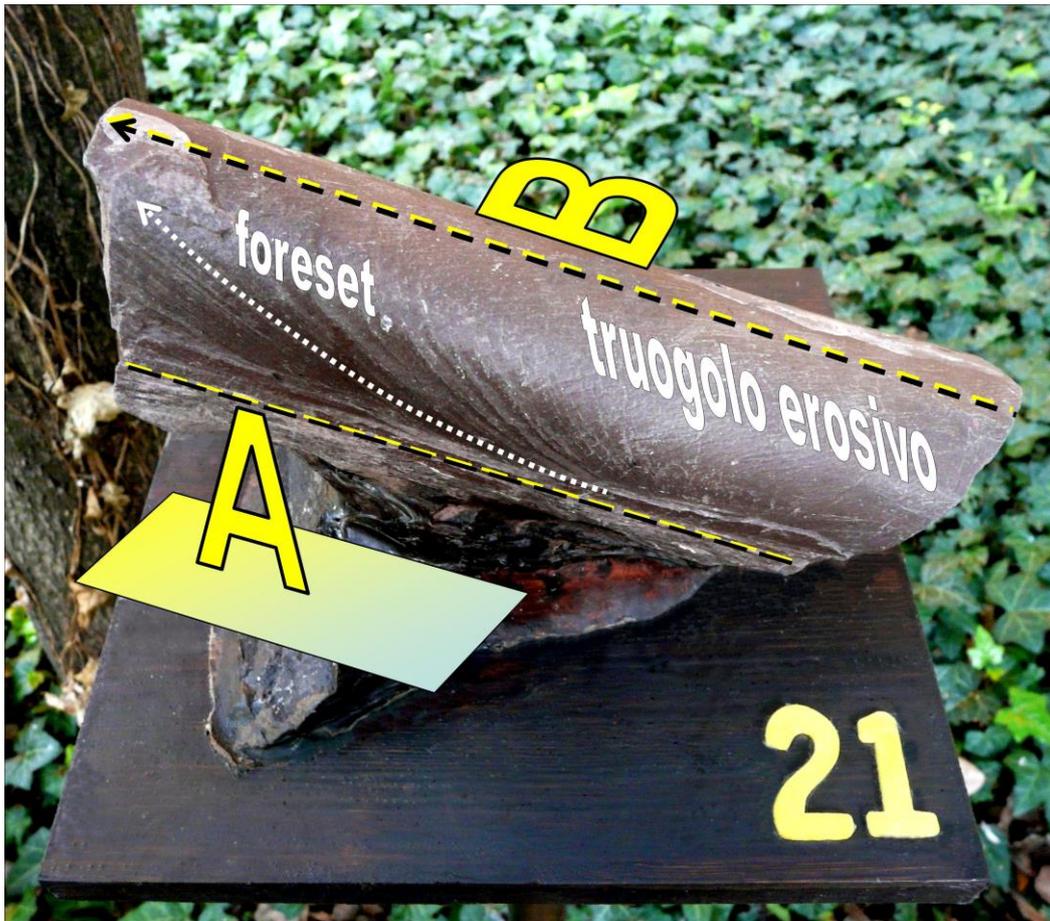
“metodo universale” – **N348°E / 55° SW** (ovvero **N168°E / 55° SW**)

“regola della mano destra” – **348° / 55°**

Ruolo – **Trascorrente destro**

Plunge direction – **357°** *Plunge* – **10° S** *Rake (M1)* – **8° S** *Rake (M2)* – **352°**

Campione 21 – ROCCIA SEDIMENTARIA



SUPERFICI A – Piano di stratificazione

LINEE B – Asse di truogolo da erosione*

**paleocorrente misurata sul riempimento di una doccia erosiva)*

SUPERFICI – Misure azimutali su A – Piano di stratificazione

“metodo universale” – **N30°E / 20° NW** (ovvero **N210°E / 47° NW**)

“regola della mano destra” – **30° / 20°**

“metodo del dip” – **300° / 20°**

LINEE – Misure azimutali su B – Asse del truogolo erosivo

Asse del truogolo (posizione attuale, in successione rovescia) – **335° / 20° NW**

Direzione originaria (con strato debasecolato) – **272°** (ossia procedeva da E verso W)

Nota

La forma arrotondata e allungata è la base dell'incisione. Il riempimento (siltitico) è clinostatificato. Il campione è rovescio: occorre debasecolare la struttura riportandola orizzontale.

La misura di paleocorrente non è delle più facili. Vediamo come procedere col metodo speditivo, facendo mente locale su quanto spiegato nella parte generale sull'utilizzo del metodo.



Ricordate che, sulla base dei dati sedimentologici (**figura Campione 21**), il truogolo ha un assetto rovescio. Quindi la superficie ricurva che osservate nel Campione 21 è la BASE del relativo riempimento e come tale va gestita quando vi appoggiate la tavoletta.

La tavoletta dovrà simulare lo strato che conteneva il truogolo erosivo (che ora non esiste più perché smantellato dall'erosione). Il corretto posizionamento della tavoletta va cercato ponendo la stessa tangente all'asse del truogolo erosivo e disponendola orizzontale (controllate con le livelle della bussola che la sua linea di direzione sia davvero orizzontale).

Ora individuate i punti in cui la linea di paleocorrente "spunta da sotto la tavoletta". In questo caso 20-4. E non 4-20! Questo sulla base dei dati sedimentologici (verso di avanzamento dei set di lamine inclinate che hanno riempito il truogolo erosivo; v. figura Campione 21).



Ruoterete la tavoletta lungo il proprio asse orizzontale (coincide con la precedente direzione di strato) fino a portarla orizzontale.



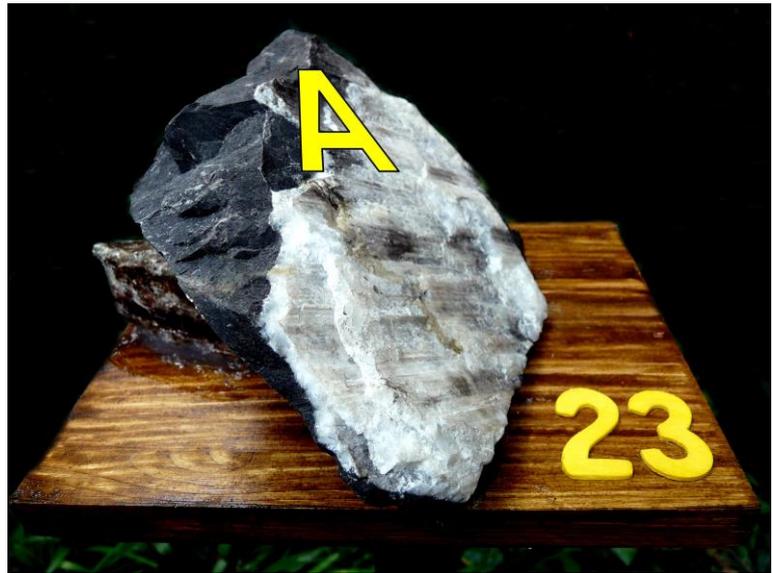
A questo punto vi appoggerete la bussola (coerentemente con il verso della paleocorrente) allineandola con i valori osservati (e memorizzati) presenti sul bordo della tavoletta (in questo esempio 20-4).



La lettura della bussola darà il valore azimutale originario della paleocorrente.

Campione 22 – ROCCIA SEDIMENTARIA

Campione 23 – ROCCIA VULCANICA



Campione 22

SUPERFICI **A – Piano di faglia**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

“metodo universale” – **N320°E / 60° SW** (ovvero **N140°E / 60° SW**)

“regola della mano destra” – **320° / 60°**

Ruolo – **Compressivo** (con componente trascorrente sinistra)

Plunge direction – **110°** *Plunge* – **37° E** *Rake (M1)* – **37°NW** *Rake (M2)* – **217°**

Campione 23

SUPERFICI **A – Piano di faglia**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

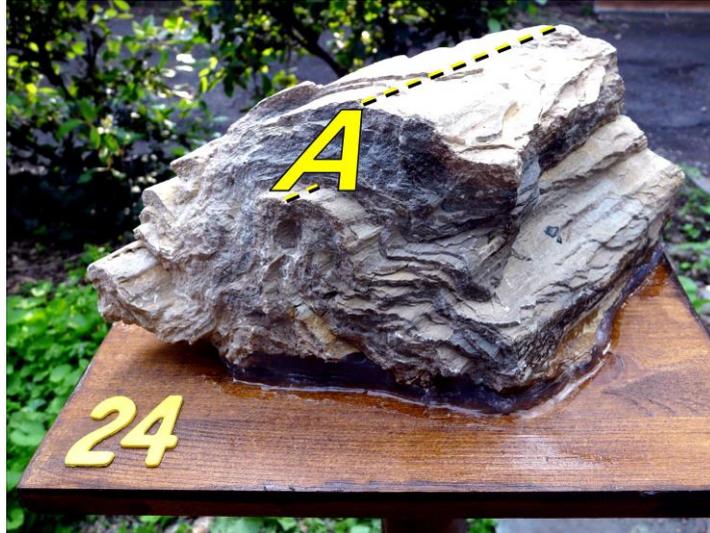
“metodo universale” – **N350°E / 50° W** (ovvero **N170°E / 50° W**)

“regola della mano destra” – **350° / 50°**

Ruolo – **Trascorrente destro**

Plunge direction – **195°** *Plunge* – **23° N** *Rake (M1)* – **33°S** *Rake (M2)* – **327°**

Campione 24 – ROCCIA METAMORFICA



LINEE A – Asse di piega

LINEE – Misure azimutali su A – Asse di piega

Asse di piega (cerniera) – C - $100^\circ / 5^\circ$ E

(indicare C nel libretto di campagna per identificare la tipologia di dato)

Campione 25 – ROCCIA METAMORFICA



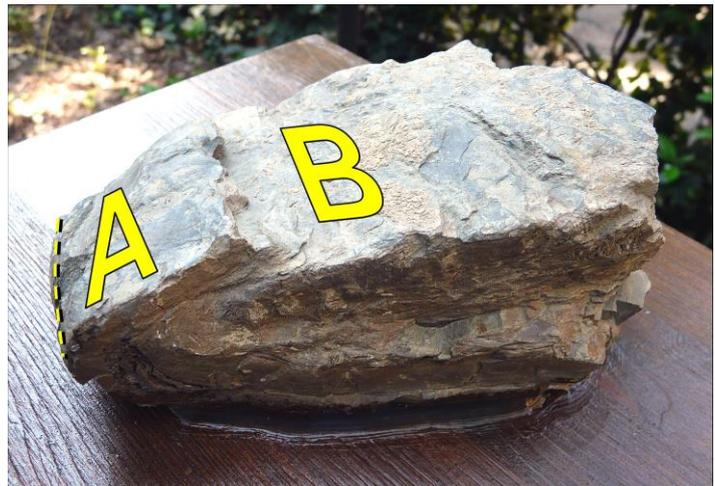
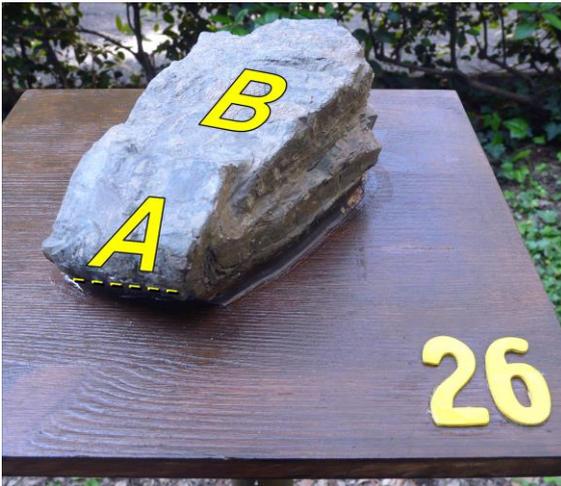
LINEE A – Asse di piega

LINEE – Misure azimutali su A – Asse di piega

Asse di piega (cerniera) – C - $35^\circ / 5^\circ$ NE

(indicare C nel libretto di campagna per identificare la tipologia di dato)

Campione 26 – ROCCIA SEDIMENTARIA



LINEE A – Asse di piega
SUPERFICI B – Piano di stratificazione

LINEE A – Asse di piega

LINEE – Misure azimutali su A – Asse di piega

Asse di piega (cerniera) – C - $175^\circ / 10^\circ \text{ S}$

(indicare C nel libretto di campagna per identificare la tipologia di del dato)

SUPERFICI – Misure azimutali su B – Piano di stratificazione

“metodo universale” – $\text{N}190^\circ\text{E} / 25^\circ \text{ E}$ (ovvero $\text{N}10^\circ\text{E} / 25^\circ \text{ E}$)

“regola della mano destra” – $190^\circ / 25^\circ$

“metodo del dip” – $100^\circ / 25^\circ$

Nota

La mancanza di *clivaggio di piano assiale* in una piega isoclinalica che si è sviluppata in una roccia che non mostra segni di metamorfismo, nemmeno incipienti (non è uno *slate* ma una *pelite*), configura la piega stessa come facente parte di un originario *slump*, ossia un piegamento ottenuto per lento scivolamento subacqueo di strati sedimentari instabili e non ancora consolidati.

Campione 27 – ROCCIA METAMORFICA



SUPERFICI **A – Piano di faglia**

SUPERFICI – Misure azimutali su **A – Piano di faglia** (gradini in calcite spatica)

“metodo universale” – **N293°E / 50° SW** (ovvero **N113 E / 50° SW**)

“regola della mano destra” – **293° / 50°**

Ruolo – **Distensivo** (con componente trascorrente destra)

Plunge direction – **83°** *Plunge* – **38° W** *Rake (M1)* – **47°NW** *Rake (M2)* – **47°**

Nota

Prestate particolare attenzione nel determinare il ruolo di questa faglia. La gran parte dei gradini che vedete è formata da ‘falsi gradini’, dovuti a semplice distacco meccanico. Gli unici gradini ‘veri’, e come tali i soli da prendere in considerazione, sono quelli ubicati sulla destra del campione, in basso (vicino alla cifra 27). Sono generati completamente in calcite e, se confrontati con i ‘falsi gradini’ danno una valutazione del ruolo completamente opposta.

Chiedo ai fruitori di questa *palestra geologica* di segnalare a corrado.venturini@unibo.it eventuali discrepanze (differenze di + o – 5° nelle singole misurazioni), ma anche sviste o errori di valutazione dei dati, affinché si possano emendare rapidamente, senza generare danni.