

SCHEDE PER IL RILEVAMENTO GEOLOGICO DELLE FORMAZIONI SUPERFICIALI

P. Baggio⁽¹⁾ - L. Bellino⁽²⁾ - F. Carraro⁽³⁾ - G. Fioraso⁽⁴⁾ - F. Gianotti⁽⁵⁾ - M. Giardino⁽⁴⁾

⁽¹⁾Libero professionista, Borgata Gai 13, 10040 Rubiana (Torino)

⁽²⁾Libero professionista, Strada Carignano 29, 10024 Moncalieri (Torino)

⁽³⁾Dip.to di Scienze della Terra, Università di Torino, Via Valperga Caluso 35, 10125 Torino

⁽⁴⁾CNR - C.S. Geodinamica Catene Collisionali, Via Accademia delle Scienze 5, 10123 Torino

⁽⁵⁾Libero professionista, Via Cavalieri di Vittorio Veneto 2, 11020 Nus (Aosta)

1. PREMESSA

Nell'ambito del Progetto di Cartografia Geologica Nazionale alla scala 1:50.000 (Progetto "CARG") in varie parti del territorio nazionale sono state avviate attività di rilevamento per la realizzazione della nuova cartografia. Da parte del Servizio Geologico Nazionale sono state fornite alle varie *équipe* di lavoro delle "linee guida" per la raccolta dei dati di terreno. Le norme contenute nella "Guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000" (AA.VV., 1992), per quel che riguarda il rilevamento delle formazioni superficiali, sono state elaborate da un Gruppo di lavoro per il Quaternario per la Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana e riviste per la stampa dalla Commissione per la Cartografia Geologica e Geomorfologica del C.N.R. Queste norme propongono un nuovo approccio, basato sull'uso delle Unità stratigrafiche a limiti inconformi ("*Unconformity Bounded Stratigraphic Units*", UBSU; Chang, 1975). Queste unità corrispondono a corpi sedimentari delimitati a tetto e a letto da superfici di **discontinuità specificatamente designate, significative e dimostrabili** ("*A body of rocks bounded above and below by specifically designated, significant and demonstrable discontinuities in the stratigraphic succession*"; International Subcommittee on Stratigraphic Classification, 1994).

La scelta delle UBSU ha tuttavia suscitato alcune perplessità fra i membri del Gruppo di Lavoro che aveva elaborato la proposta iniziale, in quanto, come evidenziato da Bini (1994), le UBSU risultano difficilmente applicabili in ambito continentale senza modificarne la definizione e senza ampliare i criteri previsti per il riconoscimento delle discontinuità stratigrafiche significative. Come alternativa appaiono preferibili le Unità allostratigrafiche ("*Allostratigraphic unit = a mappable stratiform body of sedimentary rock that is defined on the basis of its bounding discontinuities*"; North American Stratigraphic Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983) che, pur essendo simili nella definizione, differiscono in misura significativa dalle UBSU per la possibilità di estendere lateralmente i limiti delle unità sulla base della correlazione di caratteristiche interne dei corpi sedimentari o della loro posizione stratigrafica ("*Where the bounding discontinuities cannot be traced continuously, they may be extended geographically on the basis of the objective correlation of internal properties of the deposits other than lithology (e.g., fossil content included tephros), topographic position, numerical ages, or relative-age criteria (e.g., soils or other weathering phenomena)*"; North American Stratigraphic Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983).

Nello studio delle formazioni superficiali, sia che si utilizzino le UBSU sia che si serva delle Unità allostratigrafiche, risulta necessario un approccio metodologico complesso, in grado di consentire l'integrazione di dati litologici, sedimentologici, morfologici, strutturali e deformativi per differenziare in modo significativo i corpi sedimentari e definirne i rapporti reciproci.

Gli autori della presente nota, coinvolti a vario titolo nel progetto CARG⁽¹⁾, dopo aver analizzato i documenti-guida della nuova carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 hanno avviato una ricerca volta alla elaborazione di una procedura comune per la descrizione di affioramenti e la raccolta dei dati sulle formazioni superficiali, con l'intento di uniformare la metodologia di lavoro sul terreno. Poiché la raccolta delle informazioni è mirata all'inserimento e alla conservazione delle stesse nel Sistema Informativo Unico, si sono perciò progettate e sperimentate alcune schede di descrizione, strutturate in modo da garantire la completezza e l'omogeneità dei dati raccolti.

Alle schede di descrizione e alla relativa metodologia di raccolta dati è stata inizialmente data diffusione per mezzo di una serie di versioni preliminari; la prima è stata prodotta come Rapporto Interno del CNR - C.S. Geodinamica Catene Collisionali di Torino (Baggio *et al.*, 1995); la seconda versione è stata presentata a Bologna, il 18 ottobre 1996, al Comitato di Area "Pianure" del Progetto CARG, composto da R. Pignone, F. Ricci Lucchi, F. Carraro, A. Bini, G.B. Pellegrini, P. Severi, D. Preti e M. Presbitero; la terza versione è stata sottoposta all'approvazione del Servizio Geologico Nazionale dopo la Riunione del Comitato Geologico dell'11 marzo 1997 successivamente presentata agli operatori CARG di varie istituzioni (Provincia Autonoma di Bolzano, Provincia Autonoma di Trento, Regione Lombardia, Regione Piemonte, Regione Veneto e Servizio Geologico Nazionale) al Convegno-Escursione del 10-11 aprile 1996

(1) Il prof. Francesco Carraro è responsabile del Foglio 154 "Susa" nonché direttore del rilevamento delle formazioni superficiali dei fogli 132-152-153 "Bardonecchia", 88 "Courmayeur", 89 "Aosta" e 91 "Chatillon"; gli altri autori sono rilevatori delle formazioni superficiali rispettivamente dei fogli "Bardonecchia" (Marco Giardino, Gianfranco Fioraso), "Susa" (Paolo Baggio, Laura Bellino), "Courmayeur", "Aosta" e "Chatillon" (Franco Gianotti).

alle Viote del M. Bondone (Trento).

Nel presente documento vengono raccolte le indicazioni metodologiche derivate dal lavoro svolto dagli scriventi, integrate dalle osservazioni e dai commenti fino ad oggi offerti da altri Colleghi rilevatori del Quaternario (fra gli altri ricordiamo D. Corbari della Regione Lombardia; M. Nardin e A. Borsato della Provincia Autonoma di Trento; G. Basilici dell'Università di Perugia, G. Conte, S. D'Angelo, R. Graziano e successivamente F. Papisodaro, E. Chiarini e M. D'Orefice, tutti del Servizio Geologico Nazionale).

Questo documento si propone come ulteriore spunto di discussione offerto ad un più ampio pubblico per la definizione operativa delle modalità di rilevamento e per l'organizzazione dei dati sulle formazioni superficiali.

2. PRESUPPOSTI DELLA METODOLOGIA

La scelta di realizzare il rilevamento delle formazioni superficiali secondo i criteri della Allostratigrafia oppure utilizzando le UBSU privilegia un sistema di lavoro che da un lato separa nettamente i dati dalle interpretazioni, dall'altro favorisce il confronto tra informazioni diverse ma complementari. La ricostruzione del quadro evolutivo di una determinata area avviene infatti solo al termine del lavoro di rilevamento, passando attraverso una serie di progressivi livelli interpretativi che introducono modifiche sia nella definizione delle singole unità che nell'assetto generale della legenda.

La necessità di informatizzare la Carta Geologica d'Italia introduce una serie di problematiche nuove non solo per quanto riguarda l'organizzazione dei dati raccolti e la loro rappresentazione (fase di sintesi delle informazioni), ma anche per quanto riguarda il lavoro di rilevamento geologico (fase di analisi). Risulta infatti di fondamentale importanza garantire che la raccolta dati sia la più completa ed omogenea possibile in relazione al tipo e all'estensione dell'area analizzata nonché alla scala del rilevamento; inoltre occorre strutturare il lavoro in modo da ottenere una serie di informazioni modulari che facilitino la loro archiviazione ed elaborazione. Va infine tenuto conto che anche dopo la conclusione della fase di interpretazione si verificheranno le condizioni per un approfondimento delle conoscenze sull'area esaminata; l'aggiunta di nuove informazioni potrà aggiornare o modificare il modello interpretativo, ma la base di dati che lo ha costituito resterà sempre valida.

Le esigenze del rilevatore sono pertanto quelle di basare il proprio lavoro su criteri oggettivi di descrizione, tali da facilitare la verifica delle informazioni e permettere il confronto dei propri dati con quelli prodotti da altri operatori.

3. SCHEMA DEL PROCEDIMENTO

Durante il rilevamento delle formazioni superficiali si ricercano siti in cui le condizioni di affioramento permettano la raccolta di informazioni di interesse sedimentologico, stratigrafico e strutturale. Per facilitare questo lavoro di terreno è stata ideata una metodologia di lavoro che prevede l'uso di schede nelle quali l'operatore inserisce una serie di dati specificatamente richiesti sotto forma di testo, numero o rappresentazione grafica; questi dati, collocati in appositi campi, andranno a costituire l'insieme delle informazioni da elaborare per l'interpretazione.

Così come esistono diverse tipologie e diversi livelli di approfondimento delle osservazioni che è possibile effettuare in campagna, allo stesso modo sono state previste diverse schede per suddividere gli argomenti e raccogliere, in modo progressivamente più dettagliato e/o con grado di interpretazione crescente, le informazioni. Ciascuna scheda verrà descritta dettagliatamente nel capitolo 4; qui di seguito vengono presentati i motivi che hanno ispirato la struttura interna delle schede (Fig. 1) e lo schema logico che lega le medesime (Fig. 2).

La scheda-base dalla quale inizia la raccolta di dati è la scheda affioramento/sondaggio che raccoglie le informazioni fondamentali sull'«oggetto» da cui sono tratte le osservazioni sulle formazioni superficiali; oltre all'ubicazione viene fornita una visione d'insieme dell'oggetto, l'individuazione dei principali elementi di interesse geologico che lo costituiscono ed i riferimenti per collegarsi ad altre schede in cui ogni elemento viene descritto in modo approfondito.

Il criterio per definire sul terreno quali sono i principali elementi di interesse viene scelto mediando tra diverse esigenze: chiarezza ed immediatezza nell'individuazione, semplicità di interpretazione e classificazione, importanza nella ricostruzione dell'evoluzione dell'area studiata. Logicamente

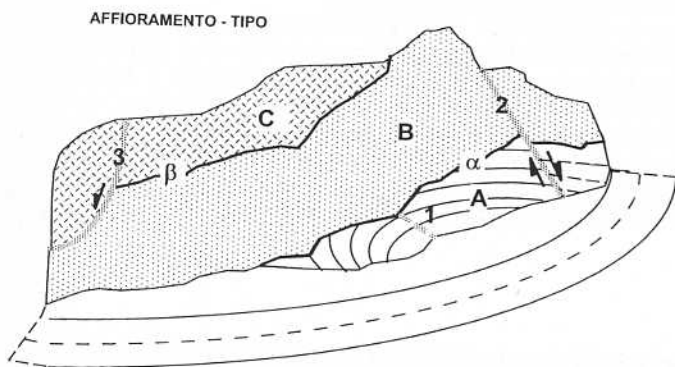


Fig. 1 - Affioramento tipo. A, B e C: corpi sedimentari; α e β : discontinuità, 1, 2, e 3: strutture deformative

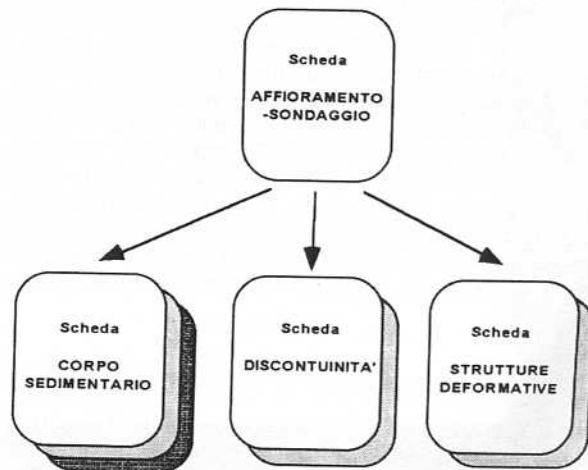


Fig. 2 - Schema logico delle schede di rilievo.

quest'ultimo aspetto viene completamente riconosciuto solo in fase interpretativa: è comunque possibile indirizzare la scelta degli elementi di interesse seguendo le particolari esigenze del metodo allostratigrafico, vale a dire privilegiando il riconoscimento dei corpi sedimentari e delle superfici (discontinuità) che li delimitano. Per questo motivo le prime schede informative proposte sono quelle riguardanti il corpo sedimentario e le discontinuità. Quindi per descrivere eventuali deformazioni subite verrà utilizzata la scheda strutture deformative.

TABELLA 1

Non esistente:	assente
Non rilevabile:	<i>non rilevabile</i>
Non rilevato:	campo vuoto
Non visibile	<i>mascherato</i>

4. SCHEDE DESCRITTIVE/ANALITICHE

La scheda-tipo è stata suddivisa in un numero di campi tale da raccogliere tutti i dati necessari per la completa descrizione degli affioramenti delle formazioni superficiali; alle richieste di informazione possono corrispondere sia dei campi "liberi", in cui vanno inseriti valori numerici o descrizioni testuali appropriate, sia dei campi "codificati", in cui compaiono una serie di definizioni che corrispondono

alle possibili risposte tra cui scegliere; in quest'ultimo caso si è lasciata la possibilità di inserire delle note testuali libere entro la finestra "altro".

Le cause della mancanza di informazioni all'interno dei campi possono essere imputabili a quattro distinte situazioni. Nel caso in cui le varie voci non trovino riscontro nell'affioramento descritto (ad es. nel campo "litologia clasti", in caso di descrizione di una litofacies argillosa) si fa ricorso alla compilazione della casella "assente" che esclude automaticamente i campi relativi alle informazioni mancanti; nel caso in cui l'informazione non sia stata rilevata si lascia il campo vuoto; se il dato non è rilevabile si utilizza la voce "non rilevabile"; nei casi in cui non è visibile perché mascherato si utilizza il termine "mascherato", secondo lo schema di Tabella 1.

Nei prossimi paragrafi (4.1, 4.2, 4.3, 4.4) verranno descritte in dettaglio le schede relative all'«AFFIORAMENTO-SONDAGGIO», al «CORPO SEDIMENTARIO», alle «DISCONTINUITÀ» ed alle «STRUTTURE DEFORMATIVE». In ciascun sottoparagrafo verranno presentati vari gruppi di informazioni omogenee per argomento; per ciascuna informazione è prevista la compilazione di un campo (es.: **granulometria** nella scheda CORPO SEDIMENTARIO) che nel presente documento sarà adeguatamente commentato. Nel caso di campi codificati verrà inoltre indicato l'elenco completo delle possibili informazioni da inserire (es.: **ghiaioso-sabbioso** con riferimento al campo **granulometria**).

In appendice A vengono riportati gli esempi grafici delle quattro schede tipo utilizzabili in campagna dai rilevatori.

4.1 Scheda «AFFIORAMENTO-SONDAGGIO»

4.1.1 Anagrafica

In questa parte della scheda è possibile inserire le informazioni necessarie per identificare e correlare le schede inserite nel *data base*.

- **Numero stazione** (campo libero): numero identificativo dell'affioramento;
- **data** (campo libero): data di compilazione della scheda; nel caso di rilievi ripetuti nel tempo dovranno essere indicate le date, in ordine temporale dalla più vecchia alla più recente, nelle quali sono state effettuate le osservazioni;
- **autore/i** (campo libero): cognome e nome del/dei compilatore/i della scheda.

4.1.2 Ubicazione

Ubicazione cartografica

Durante il rilevamento geologico di terreno e nelle fasi di allestimento della carta finale è previsto l'utilizzo di supporti cartografici diversi sia dal punto di vista tipologico (cartografia tecnica regionale, cartografia IGM), sia come scala (1:10.000, 1:25.000, 1:50.000). All'interno della scheda si è quindi ritenuto utile distinguere:

- **cartografia di terreno**, ovvero il supporto topografico sul quale vengono riportati i dati raccolti durante il rilievo di campagna;
- **cartografia finale**, ovvero il supporto topografico sul quale vengono riportati i dati in fase di elaborazione;
- **carta geologica**, ovvero il supporto topografico finale della carta geologica alla scala 1:50.000.

Per ciascuna carta è prevista la compilazione dei seguenti campi:

- **nome/i carta** (campo libero): nome della sezione della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, della tavoletta IGM alla scala 1:25.000 o del foglio geologico alla scala 1:50.000. Nel caso in cui la stazione di osservazione sia ubicata a cavallo di più sezioni o tavolette verranno indicati più nomi;
- **sigla mappa** (campo libero): numero della sezione della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, della tavoletta IGM alla scala 1:25.000 o del foglio geologico alla scala 1:50.000. Nel caso in cui l'affioramento sia ubicato a cavallo di più sezioni o tavolette, dovranno essere indicate le sigle di ciascuna sezione o tavoletta;
- **tipo carta** (campo codificato): indicazione della tipologia del supporto cartografico utilizzato. E' prevista la distinzione tra la *sezione* della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 e la *tavoletta* IGM alla scala 1:25.000;
- **foglio** (campo libero): numero del foglio IGM alla scala 1:100.000 oppure alla scala 1:50.000 nel quale è compresa la stazione di osservazione.

Per quanto riguarda la cartografia di terreno dovranno essere inseriti anche i dati riguardanti:

- **sito** (campo libero): informazione dettagliata sulla localizzazione dell'affioramento (es.: lungo la strada che collega gli abitati di Frassinere e Talucco);
- **quota minima** (campo libero): quota, espressa in metri sul livello del mare, del limite inferiore dell'affioramento o quota raggiunta dal sondaggio;
- **quota massima** (campo libero): quota, espressa in metri sul livello del mare, del limite superiore dell'affioramento o del gruppo di affioramenti; nel caso di un sondaggio la quota massima coincide con quella del piano campagna.

Nell'ambito della cartografia finale dovranno essere specificate le coordinate geografiche del punto di osservazione considerato, nonché il sistema di riferimento utilizzato: Gauss-Boaga o UTM. Per ciascun sistema di riferimento sono previsti 4 campi liberi: in particolare le **coordinate a** (x e y) vengono compilate nel caso di affioramenti puntuali, le **coordinate b** (x e y) vengono invece compilate nel caso di affioramenti areali per indicare le coordinate del secondo vertice del minimo rettangolo di inclusione, che consentono l'identificazione dell'area entro la quale ricade la stazione di osservazione.

Ubicazione idrografica

Con essa si intende la posizione dell'affioramento o del sondaggio descritto in riferimento al reticolato idrografico, informazione che può risultare utile nella ricostruzione del quadro stratigrafico delle formazioni superficiali. Dovrà pertanto essere inserito il nome del **bacino principale** all'interno del quale ricade l'affioramento o il sondaggio descritto; se indicati in carta vanno specificati anche il **bacino tributario** ed eventualmente il **bacino locale**. Tutti e tre i campi sono campi liberi e nel caso di bacini non nominati in carta dovrà essere inserita la definizione "senza toponimo". È importante sottolineare come l'attribuzione degli aggettivi principale, tributario e locale venga effettuata sulla base del grado gerarchico dei bacini presenti nella carta geologica alla scala 1:50.000.

Ubicazione amministrativa

- **Comune/i** (campo libero): nome del comune (o dei comuni) nel cui territorio amministrativo è ubicato l'affioramento o il sondaggio descritto.

4.1.3 Descrizione

- **Tipo** (campo codificato): tipologia dell'oggetto descritto, distinto in sondaggio, affioramento singolo puntuale, affioramento singolo areale o gruppo di affioramenti;
- **natura** (campo codificato): natura dell'oggetto analizzato. Nel caso di un affioramento è possibile scegliere tra esposizione naturale, sbancamento artificiale, cumulo di spietramento e campo di blocchi; nel caso di un sondaggio si indica il tipo di tecnica utilizzata: sondaggio a distruzione, sondaggio a percussione, carotaggio continuo;
- **durevolezza** (campo codificato): fornisce un'indicazione sulla possibile riproducibilità delle osservazioni. Nel caso di un affioramento si segnala la sua persistenza nel tempo distinguendo tra duraturo od effimero: duraturo nel caso in cui sia attivo o potenzialmente attivabile il processo che ha formato l'affioramento (ad esempio una scarpata di erosione fluviale ai cui piedi scorre il corso d'acqua in potenziale attività prevalentemente erosionale); effimero nel caso di uno sbancamento artificiale che viene repentinamente mascherato da una struttura antropica o comunque volge in breve tempo a sub-affioramento a causa del rimodellamento. Nel caso di un sondaggio a carotaggio continuo verrà indicato se le cassette dei campioni sono conservate o non conservate.

Dimensioni:

- **lunghezza** (campo libero): lunghezza massima, espressa in metri, dell'affioramento, comprendendo anche quei settori mascherati in modo discontinuo da depositi colluviali;
- **altezza** (campo libero): altezza massima, espressa in metri, dell'affioramento comprendendo anche la copertura colluviale, purché di limitato spessore, che si sviluppa ai piedi dell'affioramento; per quanto riguarda i sondaggi dovrà essere indicata la profondità raggiunta dal campionamento riferita al piano campagna.

Esposizione:

- **direzione** (campo libero): valore espresso in gradi della direzione della superficie di involuppo dell'affioramento;
- **immersione** (campo libero): valore espresso in gradi dell'immersione della superficie di involuppo dell'affioramento;
- **inclinazione** (campo libero): valore espresso in gradi dell'inclinazione della superficie di involuppo dell'affioramento.

4.1.4 Schema

Rappresentazione schematica dell'affioramento nella quale vengono indicati i singoli elementi che lo compongono secondo il seguente criterio:

- corpi sedimentari, indicati con lettera maiuscola in ordine crescente dal basso verso l'alto;
- discontinuità, indicate con lettere greche in ordine crescente dal basso verso l'alto;
- presenza della copertura eluvio-colluviale e del substrato roccioso;
- presenza di suoli, indicati con lettera minuscola in ordine crescente dal basso verso l'alto;
- strutture deformative, indicate con un numero progressivo.

Nello schema devono inoltre essere inseriti eventuali toponimi, l'orientazione ed un riferimento dimensionale dell'affioramento.

- **Commento** (campo libero): inserimento di ulteriori brevi indicazioni esplicative riguardanti lo schema.

4.1.5 Schede e dati collegati

- **Corpo sedimentario** (campo libero): indicazione della lettera identificativa del corpo sedimentario;
- **discontinuità** (campo libero): indicazione del numero identificativo della discontinuità;
- **strutture deformative** (campo libero): indicazione dei numeri identificativi delle strutture deformative;
- **campioni** (campo libero): indicazione del numero identificativo del o dei campioni eventualmente raccolti;
- **analisi** (campo libero): indicazione del numero identificativo delle analisi condotte sui campioni;
- **documenti grafici** (campo libero): indicazione del numero identificativo di fotografie o di altri documenti grafici.

Substrato

Se il corpo sedimentario affiorante appoggia sul substrato roccioso, di quest'ultimo dovrà essere indicata la **natura litologica** (campo libero) (es.: calcescisti) e l'**unità di appartenenza** (campo libero) (es.: Unità dell'Albergian).

4.1.6 Interpretazioni precedenti

Indicazione delle fonti bibliografiche nelle quali compaiono precedenti descrizioni ed interpretazioni del corpo sedimentario (campo libero).

4.1.7 Note

In questo campo è previsto l'inserimento dei dati non codificabili nei campi precedenti. Inoltre esso può essere utilizzato per effettuare ulteriori osservazioni relative all'affioramento descritto (campo libero).

4.2 Scheda «CORPO SEDIMENTARIO»

Nel descrivere la successione stratigrafica visibile in un affioramento ci si trova ad individuare al suo interno delle porzioni con caratteristiche granulometriche e tessiture tali da potersi differenziare in rapporto ad altre parti della stessa successione.

In letteratura viene comunemente definita con il termine "litofacies" una unità di spessore da decimetrico a decametrico (comunemente metrico) costituita da strati tra loro simili, o alternativamente simili, che si differenzia dalle facies che la delimitano verticalmente e lateralmente. Nella metodologia di raccolta dei dati qui proposta si utilizza la definizione sopra indicata per distinguere le singole porzioni da descrivere; a queste porzioni, nel corso del rilevamento sul terreno, viene attribuito in via preliminare il nome di "corpo sedimentario"; poiché entro la successione sedimentaria è possibile distinguere un numero considerevole di parti a seconda delle finalità, occorre precisare che l'obiettivo della metodologia qui proposta è quello di costituire una base di dati utile per l'individuazione di una serie di unità allostratigrafiche e/o litostratigrafiche. Nell'individuazione di tali unità è importante riconoscere le discontinuità che separano le partizioni della successione sedimentaria: la scelta di descrivere come un "corpo sedimentario" una porzione della successione locale deriva quindi non soltanto dalle sue caratteristiche sedimentologiche interne ma anche dalla presenza di una o più discontinuità che la delimitino nello spazio. Un fattore di scala può determinare la possibile differenza fra le discontinuità individuate sul terreno e quelle effettivamente significative dal punto di vista allostratigrafico. In prima approssimazione è però particolarmente importante descrivere tutte le discontinuità individuabili e, conseguentemente, tutti i corpi sedimentari da esse separati: solo nella fase interpretativa si provvederà ad individuare le superfici limite significative nella ricostruzione del quadro stratigrafico.

4.2.1 Anagrafica

- **Numero stazione** (campo libero): numero identificativo dell'affioramento o del sondaggio;
- **corpo sedimentario** (campo libero): lettera maiuscola progressiva relativa al corpo sedimentario descritto (da A a Z);
- **data** (campo libero): data di compilazione della scheda;
- **autore/i** (campo libero): cognome e nome del/dei compilatore/i della scheda.

4.2.2 Dati generali

Corpo sedimentario principale

- **Granulometria** (campo libero): viene indicata la granulometria del corpo sedimentario, adottando una delle due classificazioni: quella sedimentologica (Wentworth, 1922), più adatta nel rilevamento delle formazioni superficiali, oppure quella geotecnica, utilizzabile per la descrizione dei campioni prelevati dai sondaggi. Per il rilevamento delle formazioni superficiali la valutazione granulometrica può essere effettuata in base a dei comparatori utilizzabili in campagna.

La classificazione utilizzabile in ambienti caratterizzati dalla diffusa presenza di depositi glaciali è quella che prevede la contemporanea presenza di tutte le frazioni granulometriche; essa è espressa come indicato in Tabella 2, nella quale A, B e C rappresentano tre diverse frazioni granulometriche. Inoltre può essere utilizzato il termine *diamicton* per indicare depositi eterogenei composti da ghiaia, sabbia e limo in porzioni pressoché equivalenti o indefinibili, senza riferimento alla loro origine (possono essere *till*, depositi legati a fenomeni di trasporto in massa, certi tipi di depositi colluviali, ecc.);

- **colore** (campo libero): valutazione del colore della matrice effettuata attraverso la comparazione con le *Munsell Soil Color Charts*.

TABELLA 2 - Classificazione dei sedimenti in funzione dei rapporti percentuali della frazioni granulometriche.

Rapporto	Definizione	Esempio
A = 50%, B = 50%, C = 0	A e B	ghiaia e sabbia
A50%, 25%50%, 0<C<25%	A con B C-osa	ghiaia con sabbia limosa
A>50%, 10%<B<25%, 0<C<10%	A con C B-osa	ghiaia con limo sabbiosa
A>50%, 5<B<10%, 50%<C<10%	A con C debolmente B-osa	ghiaia con limo deb. sabbiosa
A>>50%, B<5%, C = 0	A con tracce di B	ghiaia con tracce di sabbia

Spessore:

– **natura** dello spessore (campo codificato); si distingue in:

- visibile verticale**, corrispondente a quello effettivamente esposto in affioramento, non essendo noto l'andamento della superficie di appoggio basale;
- reale originario**;
- reale conservato**.

Questi ultimi due termini sono definibili solamente se sono visibili i limiti inferiore e superiore del corpo sedimentario (caso semplice e frequente nella descrizione di un singolo strato o lente); essi possono anche essere determinati in base all'interpolazione di singoli affioramenti;

- spessore **medio** (campo libero): indicazione dello spessore medio del corpo sedimentario espresso in metri;
- spessore **massimo** (campo libero): in casi particolari si indica lo spessore massimo del corpo sedimentario espresso in metri.
- **Tessitura** (campo codificato): la tessitura può essere **open-work** (aperta), **partially open-work** (parzialmente aperta), **clast supported** (a supporto di clasti) o **matrix supported** (a supporto di matrice);
- **classazione** (campo codificato): detto anche coefficiente di selezione (*sorting*) o grado di uniformità granulometrica, è una stima, eventualmente basata sul confronto visivo con comparatori, della percentuale di sedimento costituita da una sola classe granulometrica. Tale parametro fornisce l'indicazione del grado di elaborazione del sedimento, e può essere **molto classato**, **classato**, **mal classato** ed **estremamente mal classato**;
- **addensamento** (campo codificato): stima del grado di addensamento del sedimento valutabile in **molto addensato**, **addensato**, **poco addensato** e **non addensato**. A rigore per le sabbie e le ghiaie si dovrebbe parlare di densità relativa, definita come il rapporto tra la densità del sedimento e la sua densità massima, ma tale proprietà è misurabile solo con prove di laboratorio;
- **cementazione** (campo codificato): stima del grado di cementazione del sedimento valutabile in **molto cementato**, **cementato**, **poco cementato** e **non cementato**; nel caso il sedimento sia cementato dovrà essere indicata anche la natura (campo codificato) del cemento, distinto in **calcitico** oppure di **altra** natura;
- **strutture sedimentarie di rango superiore** (campo codificato): si allude all'organizzazione interna complessiva di un corpo sedimentario. Viene definito massivo quando in esso non si riconosce alcun tipo di struttura sedimentaria primaria interna, distinguendo tra **massivo omogeneo** (quando il deposito è costituito da una sola frazione granulometrica o da due, ma con tessitura a supporto di clasti) e **massivo eterogeneo** (quando il deposito è costituito da più componenti granulometriche distribuite in modo caotico; es.: *diamicton*).

Nel caso in cui all'interno del corpo sedimentario principale siano presenti delle superfici di stratificazione è possibile distinguere tra corpo **grossolanamente stratificato** (prodotto da numerosi eventi, tra loro simili ma non separabili fisicamente in maniera oggettiva) e stratificato (costituito da entità sedimentarie deposte sotto l'effetto di condizioni fisiche distinguibili). In quest'ultimo caso si possono distinguere una **stratificazione orizzontale** ed una **stratificazione inclinata**. L'ultimo caso distinto è quello di un corpo sedimentario caratterizzato da una struttura **complessa**;

- **geometria** (campo codificato): questo campo prevede la possibilità di specificare la geometria di un corpo sedimentario, che può essere **non definibile**, **non rilevabile**, **tabulare**, **lenticolare**, **concavo-concava**, **piano-concava**, **piano-concava**, **bi-concava**, **bi-concava**, **sigmoidale**, **cuneiforme** e **altro**.

Stratificazione

Nel caso in cui il corpo sedimentario descritto si presenti stratificato, verranno aggiunte le informazioni relative alla **direzione** (campo libero), all'**immersione** (campo libero) ed all'**inclinazione** (campo libero) degli strati.

Percentuale (%)

Definizione, in termini percentuali, della composizione granulometrica del corpo sedimentario; sono previsti i campi **matrice**, **clasti**, **vuoti** e **cemento** (campi liberi).

Corpo sedimentario di rango inferiore

In alcuni casi all'interno del corpo sedimentario principale possono essere individuate delle porzioni di rango inferiore (a e b), quali lenti o livelli, per la cui descrizione non si ritiene tuttavia necessario fare uso di schede apposite; in questo caso i principali caratteri vengono sommariamente descritti compilando i seguenti campi:

- **granulometria** (campo libero): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale;
- **spessore** (campo libero): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale;
- **colore** (campo libero): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale;
- **geometria** (campo codificato): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale.

Se stratificato specificare

- **Strati** (campo codificato): se si riconoscono delle superfici di stratificazione si descrivono gli strati distinguendoli in: omogenei, costituiti da un unico litotipo, complessi, costituiti da due o più litotipi, alternati, costituiti da due litotipi in sequenza ritmica;
- **numero strato** (campo libero): nel caso di un sedimento stratificato vengono descritti separatamente i singoli strati indicandoli con una numerazione progressiva dal basso verso l'alto;
- **granulometria** (campo libero): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale;
- **spessore** (campo libero): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale;
- **colore** (campo libero): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale;
- **geometria** (campo codificato): valgono le stesse indicazioni fornite per il corpo sedimentario principale.

4.2.3 Clasti

Viene compilato il campo **assenti** nel caso in cui il corpo sedimentario sia del tutto privo di ciottoli; nel caso contrario verranno compilati i campi qui di seguito descritti.

Dimensioni

Vengono fornite, espresse in centimetri, la dimensione **prevalente** (campo libero), più facilmente stimabile con un intervallo di valori (es.: 30-50 cm), quella **massima** (campo libero) che, nel caso di trovanti, può essere di alcuni metri e quella **minima** (campo libero), indicata solo in casi molto particolari;

- **forma** (campo codificato): si indica la forma prevalente considerando il rapporto tra i tre assi di allungamento di un ciottolo; le forme base sono quattro: equidimensionali, lama, bastone e tabulari;
- **sfericità** (campo codificato): indicazione del grado di sfericità dei clasti valutabile in prismatica, subprismatica, sferica, subdiscoidale e discoidale;
- **arrotondamento** (campo codificato): indicazione del grado di arrotondamento dei clasti, distinti in molto arrotondati, arrotondati, subarrotondati, subangolosi, angolosi e molto angolosi.

Per quanto riguarda gli ultimi tre campi è possibile differenziare le caratteristiche dei clasti distinguendo se queste si presentano prevalenti, secondarie o particolari.

- **Litologia clasti** (campo libero): valutazione speditiva delle litologie dei clasti elencate in ordine decrescente di abbondanza;
- **percentuale** (%) (campo libero): tale campo viene compilato nel caso in cui si sia effettuata l'analisi sistematica (qualitativo-quantitativa in percentuale) per la determinazione macroscopica della natura petrografica dei clasti con il metodo proposto da Gnaccolini & Orombelli (1978); esso prevede la campionatura di almeno 100 ciottoli con dimensioni superiori a 3 cm lungo una linea parallela all'originaria superficie deposizionale;
- **disposizione** (campo codificato): con essa si intende il grado di isoorientamento dei ciottoli distinguendo tra molto isoorientati, isoorientati, poco isoorientati, caotici, gradati, alternati e allineati.

Elementi diagnostici:

- **forma** (campo codificato): viene indicata la presenza di ciottoli a ferro da stiro, sfaccettati, levigati, striati, oppure di trovanti di dimensioni significative;
- **litologia** (campo libero): carattere litologico dei ciottoli aventi una delle caratteristiche precedentemente definite;
- **litologia clasti** (campo libero): si indica la litologia dei clasti di sicura provenienza esterna rispetto all'attuale bacino di pertinenza.
- **Alterazione** (campo codificato): valutazione del grado di alterazione dei ciottoli i quali possono essere non alterati, poco alterati, alterati e completamente alterati.

4.2.4 Matrice

Viene compilato il campo **assente** se la granulometria del corpo sedimentario è esclusivamente grossolana; nel caso contrario verranno compilati i seguenti campi:

- **granulometria** (campo codificato): definizione della granulometria della matrice distinta in ghiaiosa, ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-ghiaiosa, sabbiosa, sabbioso-limosa, limoso-sabbiosa, limosa, limoso-argillosa, argillosa, altro;
- **alterazione** (campo codificato): indicazione del grado di alterazione della matrice valutabile in alterata, non alterata e non rilevata.

4.2.5 Strutture sedimentarie

Viene compilato il campo **assente** in caso di mancanza di strutture sedimentarie. Viceversa vengono compilati i campi successivi organizzati in modo tale da poter inserire in ciascuno di essi informazioni relative a:

- A = corpo sedimentario principale;
- a = corpo sedimentario inferiore 1;
- b = corpo sedimentario inferiore 2;
- 1 = strato 1;
- 2 = strato 2;
- 3 = strato 3;
- 4 = strato 4.

- **Strutture gradate** (4 campi codificati). La gradazione può essere: normale, normale distribution grading (gradazione di tutte le classi granulometriche), normale coarse tail grading (gradazione della sola frazione granulometrica grossolana) e inversa; ben espressa o mal espressa; sequenza positiva o sequenza negativa; ritmica o altro;
- **strutture laminate** (campo codificato). Le lamine sono strutture della stessa natura degli strati, ma di rango gerarchico inferiore. La laminazione può essere piano parallela orizzontale, piano parallela ondulata, piano parallela ritmica, incrociata e convoluta. Nel caso delle laminazioni è inoltre prevista l'indicazione dell'immersione (campo libero) e dell'inclinazione (campo libero);
- **strutture da trazione** (campo codificato): sono prodotte da correnti trattive sul fondo; si possono distinguere:
 - parting lineation (lineazioni terrazzate longitudinali);
 - current lineation (lineazioni o bande longitudinali);
 - convolution cones (strutture coniche);
 - livelli di frustoli vegetali isorientati;
 - loose-particles bed (ghiaie massive);
 - open-plane bed (ciottoli isorientati);
 - pebble cluster (raggruppamento di ciottoli);
 - transverse ribb;
 - ciottoli embricati;
 - ciottoli embricati secondo l'asse medio (indizio di trasporto fluviale);
 - ciottoli embricati secondo l'asse maggiore (indizio di trasporto in massa);
 - ciottoli di fango armati;
 - ciottoli di fango semplici (*chip*);
 - pavimento residuale completo;
 - pavimento residuale incompleto;
 - altro;
- **strutture di erosione** (campo codificato): si producono per erosione causata da vortici, da clasti sospesi o in seguito a sfregamento da parte di clasti grossolani; il termine *mark* indica l'impatto originale, il termine *cast* è il calco o controimpronta. Si possono distinguere:
 - flute mark (impronte di erosione lobate);
 - flute cast (controimpronte di erosione lobate);
 - current crescent (impronte e controimpronte d'ostacolo avvolgenti);
 - impronte prodotte da oggetti trasportati, ulteriormente distinte in:
 - groove mark o cast (solchi di erosione da trascinamento);
 - bounce mark o cast (impronte da impatto simmetriche);
 - skip and roll mark (impronte da rotolamento e rimbalzo);
 - flowage e chevron mark (impronte da attrito radente);
- canali di erosione;
- tasche di erosione;
- altro;
- **strutture da trasporto in massa** (campo codificato): sono strutture derivanti da processi di trasporto solido in massa; si distinguono in:
 - solcature irregolari;
 - lobi frodescenti;
 - altro;
- **strutture secondarie** (campo codificato): si tratta di prodotti derivati da processi chimico-fisici post-sedimentari, in prevalenza legati alla pedogenesi. Si distinguono in:
 - concrezioni carbonatiche;
 - vivianite;
 - rizocrezioni;
 - imatra stones;
 - bambole di loess;
 - patine di ferro;
 - noduli di ferro-manganese;
 - patine di argilla;
 - pisoliti;
 - altro.

4.2.6 Interpretazioni

Codice litofacies

Non esistendo una codifica unica per tutti i tipi di depositi, le varie facies descritte vengono interpretate distintamente seguendo le codifiche proposte da Miall (1977; 1978; 1983; 1984; 1985; 1996), da Gnaccolini (1978) e da Wasson (1979).

Nelle appendici B, C, D ed E sono riportate le codifiche più usate nella Geologia del Quaternario tratte dalla letteratura internazionale.

- **Bacino di alimentazione** (campo libero): nella maggioranza dei casi coincide con il bacino idrografico di appartenenza, ma può essere diverso da quest'ultimo nel caso in cui sia avvenuta una trasfluenza glaciale o un fenomeno di cattura;
- **allogruppo** (campo libero): nome dell'unità di rango gerarchico superiore di cui il corpo sedimentario descritto fa

parte;

- **alloformazione** (campo libero): nome dell'unità allostratigrafica di cui il corpo sedimentario descritto fa parte;
- **unità litostratigrafica** (campo libero): nome dell'unità litostratigrafica di cui il corpo sedimentario descritto fa parte.

Per gli ultimi tre campi, il nome che verrà dato ad ogni unità stratigrafica dovrà richiamare i toponimi presenti nell'area in cui è ubicata la sezione stratigrafica di riferimento, oppure il nome della località dove meglio si sono conservati i depositi o le forme relativi all'unità;

- **facies** (campo codificato); la facies può essere considerata come un sottoambiente deposizionale e costituisce l'insieme dei caratteri fisici di un pacco di strati o di un singolo strato legati a un ben definito processo o insieme di processi sedimentari.

A titolo di esempio vengono presentate le codifiche utilizzate nell'ambito dei rilevamenti effettuati dagli autori in ambiente alpino caratterizzato dalla prevalenza dei depositi di origine glaciale. In questo caso sono stati distinti: *till di ablazione* (*ablation till*), *till di allogamento* (*lodgement till*), *till di colata* (*flowtill*), *till di fusione* (*melt-out till*), *till subacqueo* (*waterlain till*), *till indifferenziati*, *depositi fluvioglaciali*, *depositi glacio-lacustri s.l.*, *depositi di canale*, *depositi palustri*, *depositi lacustri s.l.*, *depositi di debris flow*, *prodotti colluviali*, ecc.

Per le facies dei depositi glaciali si è seguita, con una piccola modifica terminologica, la classificazione proposta dalla Commissione dell'INQUA "Genetic classification of tills" (Bini & Orombelli, 1987) nella quale con il termine *till* vengono indicati i depositi di origine glaciale (corrisponde a quanto comunemente indicato come "morena", "deposito" o "sedimento glaciale" s.s.).

- *Till* indifferenziato: si tratta di una litofacies glaciale non meglio distinguibile;

- *till* di colata (*flowtill*): si tratta di un *diamicton* deposto in ambiente proglaciale per movimento in massa (flusso o colata) di detriti sopragliaci (o in taluni casi anche subglaciali). Le sue caratteristiche principali sono: una discreta selezione granulometrica, la presenza di strutture di flusso, un grado di addensamento intermedio ed una frequente associazione con depositi fluvioglaciali e glaciomarini;

- *till* di fusione (*melt-out till*) si tratta di un *diamicton* deposto per lenta fusione di ghiaccio stagnante, *in situ*, senza flusso o rimescolamento interno durante la deposizione. Può essere deposto in posizione sopragliaciale o subglaciale. Le sue caratteristiche sono: una struttura interna massiva o con accenni di stratificazione derivanti dalla originaria zonatura dei detriti all'interno del ghiaccio, la presenza di sedimenti consolidati o sovraconsolidati (quando legato all'ambiente subglaciale) e la locale assenza delle frazioni granulometriche minori legata al dilavamento subito dal sedimento da parte delle acque di fusione del ghiacciaio;

- *till* di ablazione (*ablation till*): in questo termine sono compresi i *till* di colata e i *till* di fusione sopragliaciale;

- *till* di allogamento (*lodgement till*): corrisponde al termine *till* di alloggiamento di Bini (1987). Si tratta di un *diamicton* deposto alla base di un ghiacciaio in movimento; i detriti, provenienti dalla zona basale o inferiore del ghiacciaio, vengono deposti particella per particella, oppure come lamine di ghiaccio ricche di detriti successivamente fuse per pressione. Le principali caratteristiche di questo tipo di deposito sono: l'elevato grado di addensamento, la presenza di strutture di taglio e scorrimento, l'abbondanza della frazione fine nonché di ciottoli e blocchi "a ferro da stiro" (o a proiettile), striati ed isoorientati;

- *till* subacqueo (*waterlain till*): comprende le varietà di *till* di colata e di *till* di fusione deposte in acqua.

- **Sistema deposizionale** (campo codificato): indicazione della collocazione spaziale del sedimento in relazione all'elemento fisico che lo ha deposto. Per quanto riguarda i depositi glaciali, in base alla collocazione del sistema deposizionale nell'ambito del ghiacciaio, si possono distinguere i sistemi *subglaciale*, *sopragliaciale* e *proglaciale* o di *contatto glaciale*;

- **ambiente deposizionale** (campo codificato): indicazione dell'ambiente deposizionale distinguendo tra *glaciale*, *fluvioglaciale*, *glaciolacustre*, *fluviale*, *eolico* e *gravitativo*.

4.2.7 Note

In questo campo vengono inseriti tutti i dati non codificati o non inseribili nei campi precedenti. Tale campo può essere utilizzato per effettuare osservazioni discorsive relative ai corpi sedimentari descritti (campo libero).

4.3 Scheda «DISCONTINUITÀ»

Tale scheda ha come oggetto la descrizione e l'interpretazione delle superfici di discontinuità che delimitano i corpi sedimentari visibili in affioramento e/o intercettati da sondaggi. L'importanza che si dà in tal modo alle discontinuità deriva dal fatto che le unità allostratigrafiche, sulle quali è basata la principale suddivisione nell'ambito della copertura quaternaria, sono delimitate da discontinuità che nella maggioranza dei casi corrispondono a superfici di erosione. La descrizione di tali superfici limite in apposite schede permette di porre le basi per il riconoscimento delle varie unità allostratigrafiche ed attribuire ad ognuna di esse i depositi che con le discontinuità sono in rapporto.

4.3.1 Anagrafica

- **Numero stazione** (campo libero): numero identificativo dell'affioramento o del sondaggio;
- **discontinuità** (campo libero): lettera maiuscola progressiva relativa alla discontinuità descritta (da α a ζ);
- **data** (campo libero): data di compilazione della scheda;
- **autore/i** (campo libero): cognome e nome del/dei compilatore/i della scheda.

4.3.2 Dati

- **Aspetto** (campo codificato): nel caso in cui la discontinuità è visibile la si descrive come affiorante; quando invece sono osservabili separatamente soltanto i corpi sedimentari (od un corpo sedimentario ed il substrato sul quale poggia), perché non affiora il settore in cui essi vengono a contatto, la discontinuità che li separa viene indicata come mascherata.

Configurazione

La configurazione esprime le caratteristiche geometriche della discontinuità esprimibili con i seguenti campi:

- **tipo** (campo codificato); indica la configurazione geometrica della discontinuità che può essere planare, ondulata od irregolare;
- **scala** (campo codificato); con questo campo viene indicata la scala, decimetrica, metrica o decametrica, alla quale viene effettuata l'osservazione.

Tipo

Nel caso in cui la discontinuità abbia il ruolo di superficie di contatto tra due corpi sedimentari (o tra un corpo sedimentario ed il substrato roccioso), si descrivono le caratteristiche del contatto: **perpendicolarmente alla discontinuità** è possibile distinguere un contatto netto da uno graduale, mentre **parallelamente alla discontinuità** il contatto si definisce continuo, quando è visibile con le stesse caratteristiche lungo tutta l'estensione dell'affioramento, oppure discontinuo, quando le sue caratteristiche cambiano (ovvero da netto diventa graduale).

Giacitura

Per **giacitura** (campo codificato) si intende l'orientazione nello spazio della superficie di discontinuità; si distinguono una giacitura apparente, riferita all'intersezione della superficie di discontinuità con la superficie dell'affioramento (ovvero l'elemento lineare effettivamente visibile in affioramento), ed una giacitura reale, che è quella propria della superficie di discontinuità;

- **immersione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'immersione della discontinuità;
- **inclinazione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'inclinazione della discontinuità.
- **Quota max** (campo libero): valore della quota massima, espresso in metri sul livello del mare, raggiunto dalla discontinuità esposta in un affioramento o nell'ambito di un gruppo di affioramenti;
- **quota min** (campo libero): valore della quota minima, espresso in metri sul livello del mare, raggiunto dalla discontinuità esposta in un affioramento o nell'ambito di un gruppo di affioramenti. Nel caso in cui la discontinuità è disposta orizzontalmente, le due quote coincidono;
- **suolo** (campo codificato): una discontinuità può essere evidenziata dalla presenza di un suolo (il caso più semplice è quello di una superficie di discontinuità che rappresenta l'espressione morfologica di un corpo sedimentario pedogenizzato nella sua parte superiore); i termini assente e presente permettono di specificare la presenza o meno di un suolo;
- **deposito associato** (campo codificato): in questo campo i termini assente e presente fanno riferimento ad eventuali corpi sedimentari costituiti da prodotti colluviali o coperture loessiche di età o spessore significativi.

Rapporti

Si tratta di sei campi codificati che permettono di descrivere dal punto di vista geometrico le modalità con cui una discontinuità può venire in rapporto con altre discontinuità e/o con i corpi sedimentari. Tali modalità sono distinte in: **soggiacente a**, **sovrastante**, **intersecante**, **intersecata da**, **giustapposta a**, **giustapposta da**. In figura 3 sono riportate le varie distinzioni possibili.

4.3.3 Interpretazioni

- **Natura** (campo codificato): la natura della discontinuità viene definita come erosionale (contatto netto per l'interposizione di un episodio di erosione tra due episodi di sedimentazione o, più in generale, discontinuità creata da un episodio di erosione, ad esempio una scarpata), per interruzione di sedimentazione (corrisponde alla lacuna ed essendo interposta in un'unica litofacies, è solitamente non visibile; la sua presenza è riconoscibile per via indiretta, ad esempio attraverso lo studio del contenuto fossilifero), per variazione di sedimentazione (contatto graduale tra due litofacies aventi differenti caratteri tessiturali e/o granulometrici) oppure indeterminata.

Ruolo

La distinzione del ruolo è esplicitata in due campi codificati che esprimono un'interpretazione derivante direttamente dal tipo di rapporto che la discontinuità ha con altre discontinuità e con i corpi sedimentari.

Una discontinuità può avere, nei confronti di uno o più corpi sedimentari, il ruolo di superficie di **appoggio basale** oppure di superficie di **appoggio laterale** e nello stesso tempo essere un **top deposizionale s.l.**, un **top deposizionale conservato**, un **top deposizionale ritoccato**, un **top deposizionale rimodellato**, un **top erosionale** (che corrisponde o meno al top deposizionale obliterato), oppure una **scarpata di erosione** (la quale può essere una scarpata attuale, oppure una paleosuperficie, cioè sepolta).

Unitamente all'indicazione del ruolo deve essere citato anche il corpo sedimentario nei confronti del quale la discontinuità gioca tale ruolo.

- **Deformata per** (campo codificato): l'eventuale configurazione irregolare od ondulata di una discontinuità può essere di natura erosionale o sedimentaria (ovvero essere geneticamente legata al processo erosivo o sedimentario che l'ha formata), oppure deformativa (e quindi derivare da un evento deformativo contemporaneo o posteriore

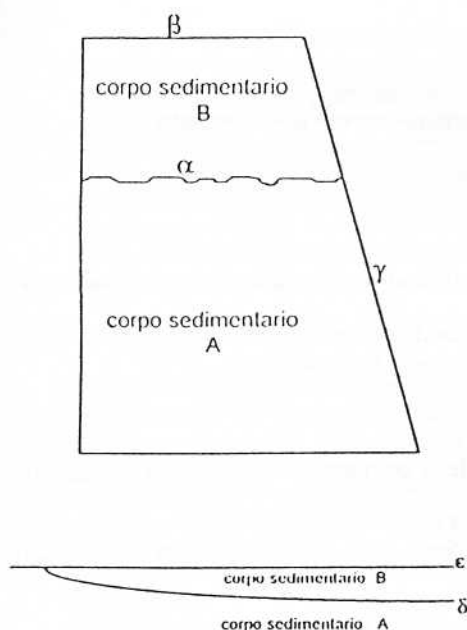


Fig. 3 - Schema dei rapporti geometrici tra corpi sedimentari e discontinuità.

1. La discontinuità α delimita verso l'alto il corpo sedimentario A: α sovrastante A.
2. La discontinuità α delimita verso il basso il corpo sedimentario B: α soggiacente a B.
3. La discontinuità γ interseca i corpi sedimentari A e B e le discontinuità α e β : γ intersecante A, B, α e β .
4. Le discontinuità α e β sono intersecate dalla discontinuità γ : α e β intersecate da γ .
5. La discontinuità δ è sovrastata localmente dalla discontinuità ϵ (rapporto "ad unghia"): δ giustapposta da ϵ .
6. La discontinuità ϵ sovrasta la discontinuità δ (rapporto "ad unghia"): ϵ giustapposta a δ .

alla genesi della discontinuità, ma comunque svincolato dal processo che l'ha formata); nel secondo caso si deve citare, se riconosciuto, il processo che ha generato la deformazione: geodinamica, crioturbazione, glaciotettonica, processo gravitativo, carico, fluidificazione, collasso;

- genesi (campo codificato): in questo campo viene definito il processo nell'ambito del quale la discontinuità si è prodotta, distinguendo tra genesi glaciale, fluviale, per ruscellamento diffuso, gravitativa s.l., eolica, deformativa (caso di una faglia che mette a contatto corpi sedimentari diversi), mancata sedimentazione.

Significato morfologico

I due campi codificati permettono di fornire indicazioni sul ruolo che la discontinuità ha nei confronti della morfologia. Si distinguono forme di accumulo (morena, superficie sommitale di terrazzo fluviale, scaricatore glaciale, altro) e forme di erosione (scarpata, roccia montonata, altro).

La discontinuità può coincidere con l'attuale superficie topografica (a meno di una copertura poco importante di prodotti colluviali), oppure essere sepolta e separata dal corpo che la seppellisce da un significativo intervallo di tempo (paleosuperficie: ad es. una discontinuità sovrapposta ad un corpo sedimentario pedogenizzato e soggiacente ad un altro corpo sedimentario; una discontinuità rappresentata da un dosso montonato e striato, modellato in roccia, a cui si sovrappone un corpo sedimentario non connesso direttamente né sotto il profilo cronologico né sotto quello genetico, con la superficie stessa).

4.3.4 Note

In questo campo libero vengono descritti tutti i dati non codificati o non inseribili nei campi precedenti. Tale campo può essere utilizzato per effettuare osservazioni discorsive relative alle discontinuità descritte.

4.4 Scheda «STRUTTURE DEFORMATIVE»

I sedimenti, così come le rocce del substrato, possono apparire indisturbati o deformati; la metodologia di analisi di terreno qui proposta permette di individuare e descrivere le strutture deformative che perturbano l'originario assetto deposizionale dei sedimenti. L'approccio descrittivo scelto è analogo a quello utilizzato in alcuni metodi di descrizione dell'assetto strutturale degli ammassi rocciosi; infatti molte delle tipologie di deformazione considerate sono presenti anche nelle formazioni superficiali, nonostante la frequenza sia decisamente più bassa.

Fra le deformazioni descritte sono state incluse anche quelle strutture proprie di un ambiente deposizionale (es.: *slump folds*, *ice shear structures*) poiché ad una prima analisi sul terreno esse risultano morfologicamente simili ad altre strutture post-deposizionali; la necessità di proporre una classificazione descrittiva induce in un primo tempo a raggrupparle e descriverle singolarmente all'interno della stessa scheda, successivamente a distinguerle.

Poiché nell'ambito della descrizione delle formazioni superficiali ricadono anche le analisi condotte sui corpi di accumulo di frana, all'interno della scheda strutture deformative sono state inserite informazioni e codifiche di campi relative alle strutture superficiali caratteristiche di un ambiente deformativo legato alla gravità.

Analogamente a quanto avviene nelle altre schede, la descrizione dell'assetto strutturale e degli elementi deformativi si realizza compilando una serie di campi; questi ne precisano le caratteristiche geometriche e cinematiche e forniscono ulteriori indicazioni sui meccanismi di deformazione.

4.4.1 Anagrafica

- **Numero stazione** (campo libero): numero identificativo dell'affioramento o del sondaggio;
- **struttura deformativa** (campo libero): numero progressivo relativo alla struttura deformativa descritta;
- **data** (campo libero): data di compilazione della scheda;
- **autore/i** (campo libero): cognome e nome del/dei compilatore/i della scheda.

4.4.2 Dati generali

- **Rapporti** (campo libero): in questo campo vengono inserite le lettere identificative dei corpi sedimentari interessati dalla deformazione;
- **lunghezza** (campo libero): valore, espresso in metri, dell'estensione longitudinale della struttura;
- **larghezza** (campo libero): valore, espresso in metri, dell'estensione trasversale della struttura;
- **altezza** (campo libero): valore, espresso in metri, dell'estensione verticale media della struttura;
- **intersezione** (campo libero): numero di riferimento dell'eventuale struttura intersecata;
- **associazione** (campo libero): numero di riferimento dell'eventuale struttura associata;
- **posizione** (campo codificato): precisazione sull'ubicazione generale della struttura, che può risultare interna o esterna all'affioramento considerato;
- **stile** (campo codificato): definisce la tipologia deformativa generale dell'elemento considerato in base alla sua geometria e alle sue caratteristiche deformative, distinguendo tra struttura disgiuntiva, struttura plicativa e struttura complessa.

4.4.3 Strutture disgiuntive

Si considerano strutture disgiuntive tutte quelle deformazioni che rappresentano delle discontinuità tettoniche planari; i caratteri di queste strutture vengono descritti attraverso i seguenti campi:

- **direzione** (campo libero): valore, espresso in gradi, della direzione dell'elemento deformativo;
- **immersione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'immersione dell'elemento deformativo;
- **inclinazione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'inclinazione dell'elemento deformativo;
- **sistema** (campo libero): numero di discontinuità appartenenti ad un eventuale sistema;
- **spaziatura** (campo libero): valore, espresso in centimetri, della spaziatura media fra le discontinuità riconosciute appartenenti allo stesso sistema;
- **apertura** (campo libero): valore medio, espresso in centimetri, dell'eventuale apertura della discontinuità;
- **riempimento** (campo libero): tipo di riempimento eventualmente presente all'interno della discontinuità (es.: calcite, sabbia, limo, ecc.);
- **rigetto** (campo libero): valore, espresso in metri, della dislocazione operata sui *marker* stratigrafici intersecati;
- **pitch** (campo libero): valore dell'angolo, espresso in gradi, misurato sul piano di faglia tra la direzione della faglia stessa e l'indicatore cinematico;
- **dislocazione** (campo libero): descrizione qualitativa dei caratteri cinematici della struttura; vengono distinti i casi di dislocazione/deformazione a prevalente componente verticale, quelli a prevalente componente orizzontale e quelli a carattere composito;
- **direzione vettore spostamento** (campo libero): valore, espresso in gradi, della direzione del vettore spostamento;
- **immersione vettore spostamento** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'immersione del vettore spostamento;
- **inclinazione vettore spostamento** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'inclinazione del vettore spostamento;
- **cinematica** (campo libero): tipo di indicatore cinematico eventualmente rilevato e materiale che lo ha registrato;
- **roccia di faglia** (campo libero): tipo di roccia di faglia eventualmente associata alla discontinuità;
- **tipo** (campo codificato): indicazione del tipo di struttura descritta. E' possibile distinguere tra frattura di taglio, frattura di estensione, frattura imprecisata, vena di estensione, faglia normale, faglia normale destra, faglia normale sinistra, faglia normale non precisata, faglia inversa, faglia inversa destra, faglia inversa sinistra, faglia inversa imprecisata, faglia trascorrente destra, faglia trascorrente sinistra, faglia trascorrente imprecisata, trincea, gradino di scivolamento, lacerazione di versante, piano di scivolamento di versante;
- **morfologia** (campo codificato): morfologia della discontinuità, distinta in piana, ondulata, curva e irregolare;
- **condizioni** (campo codificato): condizione di affioramento della discontinuità distinta in alterata, disgregata, aperta, parzialmente colmata e completamente colmata.

4.4.4 Strutture plicative

Vengono considerate come tali tutte quelle deformazioni che implicano un piegamento della successione stratigrafica o parte di essa, i cui caratteri distintivi possono essere descritti tramite i seguenti campi:

- **direzione** (campo libero): valore, espresso in gradi, della direzione dell'asse o del piano assiale della piega;
- **immersione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'immersione dell'asse o del piano assiale della piega;
- **inclinazione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'inclinazione dell'asse o del piano assiale della piega;
- **sistema** (campo libero): numero di strutture plicative riferibili ad un eventuale sistema;
- **spaziatura** (campo libero): valore, espresso in metri, della spaziatura media fra strutture riconosciute appartenenti allo stesso sistema;
- **profilo** (campo libero): indicazione del codice ricavato dall'analisi armonica visuale su ogni singolo livello piegato utilizzando la carta classificativa per l'analisi di Fourier; si procede sovrapponendo il comparatore trasparente sulla struttura analizzata. Con questo metodo si ottengono indicazioni codificate sulla forma della piega (classi

- A-F) e sulla sua ampiezza (classi 1-5) (cfr. appendice F);
- **tipo** (campo codificato): tipologia della struttura deformativa, distinta in piega sinforme, piega antiforme, piega neutra e sistema di pieghe;
 - **persistenza dello stile** (campo codificato): si distinguono i casi in cui la piega è armonica o disarmonica;
 - **caratteri morfologici** (campo codificato): in relazione al livello deformato viene indicata la tendenza caratteristica della piega che potrà essere parallela (spessore costante parallelamente alla superficie piegata), simile (spessore costante parallelamente al piano assiale) e variabile (spessore variabile parallelamente al piano assiale);
 - **dislocazione** (campo codificato): descrizione qualitativa dei caratteri cinematici della struttura. Vengono distinti i casi di dislocazione/deformazione a prevalente componente orizzontale, quelli a prevalente componente verticale e quelli a carattere composito.

4.4.5 Strutture complesse

Si considerano come tali tutte quelle deformazioni che non ricadono nelle due classi precedenti, essendo rappresentate da associazioni di più stili strutturali (es.: zone di taglio comprendenti strutture plicative e disgiuntive intimamente associate, *soft-sediment deformation*, deformazioni caratterizzate da associazione di strutture di taglio e di flusso). Analogamente alle altre strutture, le caratteristiche geometriche delle strutture complesse possono essere descritte attraverso la compilazione dei seguenti campi:

- **direzione** (campo libero): valore, espresso in gradi, della direzione dell'asse o del piano assiale della struttura complessa;
- **immersione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'immersione dell'asse o del piano assiale della struttura complessa;
- **inclinazione** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'inclinazione dell'asse o del piano assiale della struttura complessa;
- **sistema** (campo libero): numero di strutture complesse riferibili ad un eventuale sistema;
- **spaziatura** (campo libero): valore, espresso in metri, della spaziatura media fra strutture complesse riconosciute appartenenti allo stesso sistema;
- **caratteristiche** (campo libero): si indicano le particolarità della struttura in relazione ai caratteri deformativi e al tipo di sedimento deformato. Si possono distinguere: fenomeni complessi di fratturazione e deformazione in materiali consolidati, strutture di flusso in materiali non coesivi, ecc.;
- **direzione vettore spostamento** (campo libero): valore, espresso in gradi, della direzione del vettore spostamento;
- **immersione vettore spostamento** (campo libero): valore, espresso in gradi, dell'immersione del vettore spostamento;
- **inclinazione vettore spostamento** (campo libero): valore espresso in gradi, dell'inclinazione del vettore spostamento;
- **tipo** (campo codificato): tipologia generale della struttura nel suo complesso. Possono distinguersi: zona di taglio con marcata orientazione preferenziale dell'associazione strutturale; soft-sediment deformation comprendente strutture di origine molto varia, che possono non presentare una orientazione preferenziale; zona di collasso;
- **dislocazione** (campo codificato): descrizione qualitativa dei caratteri cinematici della struttura complessa. Si distinguono i casi di dislocazione/deformazione a prevalente componente orizzontale, quelli a prevalente componente verticale e quelli a carattere composito.

4.4.6 Interpretazioni

La parte finale della scheda delle strutture deformative raccoglie le indicazioni derivate dal confronto dei dati esposti nei campi descrittivi superiori. In questa parte della scheda viene attribuita grande importanza ad una serie di considerazioni sul riconoscimento delle strutture sinsedimentarie. L'interpretazione delle strutture deformative di tipo *soft-sediment deformation* è derivata dalla classificazione proposta da Owen (1987), da cui è tratta la tabella presentata in appendice G.

- **Meccanismo deformativo** (campo libero): si distingue il processo che ha prodotto la struttura deformativa;
- **sistema di forze** (campo libero): si indicano le eventuali considerazioni interpretative sulle forze che hanno guidato la deformazione, siano esse legate a sforzi di taglio regionali o locali di natura geodinamica, alla gravità, ad instabilità del gradiente di densità dei sedimenti, a distribuzione ineguale di carichi, oppure ad altri fattori;
- **classificazione struttura** (campo libero): in questo campo vengono inserite le possibili denominazioni genetiche delle strutture osservate.

4.4.7 Note

In questo campo libero vengono raccolte tutte le informazioni non codificabili o non inseribili nei campi precedenti; inoltre in esso si possono annotare altre osservazioni discorsive relative alle strutture deformative descritte.

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- Allen J.R.L., 1977 - *The possible mechanics of convolute laminations in graded sand beds*. J. Geol. Soc. London, **134**, 19-31.
 Allen J.R.L., 1984 - *Sedimentary structures: their character and physical basis*. Elsevier, Amsterdam, 663 pp.
 Allen J.R.L., 1985 - *Wrinkle marks: an intertidal sedimentary structure due to aseismic sedimentary loadings*. Sediment. Geol., **41**, 75-95.
 Bini A. & Orombelli G., 1987 - *Considerazioni sulla terminologia dei sedimenti glaciali*. Natura Bresciana, **24**, 213-216.
 Bini A., 1990 - *Dispense di Geologia del Quaternario (1) - Descrizione di affioramenti e sezioni stratigrafiche*. Ed.

- Valdina Libreria Universitaria, Milano, 180 pp.
- Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F., 1989 - *Rocce e successioni sedimentarie*. Ed. UTET, 395 pp.
- Chang K.H., 1975 - *Unconformity-bounded stratigraphic units*. Geol. Soc. Amer. Bull., **86**, 1544-1552.
- C.N.R. - Commissione per la Cartografia Geologica e Geomorfologica, 1992 - *Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento*. S.G.N., Quaderni serie III, vol. I. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Corbari D. & Rigamonti I., 1994 - *Note illustrative della Carta Geologica della Provincia di Bergamo*. Inedito.
- De Boer P.L., 1979 - *Convolute lamination in modern sands of the estuary of the Oosterschelde, The Netherlands, formed as the result of entrapped air*. Sedimentology, **26**, 283-294.
- Dzulinski S. & Smith A.J., 1963 - *Convolute lamination, its origins, preservation, and directional significance*. J. Sediment. Petrol., **33**, 616-627.
- Eyles N., Eyles C.H. & Miall A.M., 1983 - *Lithofacies types and vertical profile models; an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences*. Sedimentology, **30**, 393-410.
- Goldthwaith R.P. & Matsch C.L., 1988 - *Genetic classification of glacial deposits*. A.A. Balkema Ed., Rotterdam.
- Gnaccolini M. & Orombelli G., 1978 - *Composizione petrografica e provenienza del "Ceppo" di Paderno d'Adda*. Quad. Gr. Stud. Quat. Padano, **4**, 7-30.
- Hudleston P.J., 1973 - *Fold morphology and some geometrical implications of the theories of fold development*. Tectonophysics, **16**, 1-46.
- Kuenen P.H., 1953 - *Graded bedding with observations on the Lower Paleozoic rocks of Britain*. Verh. K. ned. Akad. Wet., **20**(1), 1-47.
- Lowe D.R. & Lopiccolo R.D., 1974 - *The characteristics and origins of dish and pillar structures*. J. Sediment. Petrol., **44**, 484-501.
- Maltman A., 1984 - *On the term 'soft-sediment deformation'*. J. Struct. Geol., **6**, 589-592.
- Miall A.M., 1977 - *A review of the braided river depositional environment*. Earth Sci. Rev., **13**, 1-62.
- Miall A.M., 1978 - *Lithofacies types and vertical profile models in braided river: a summary*. In: A.H. Miall (Ed.), *Fluvial Sedimentology* Mem. Can. Soc. Petrol. Geol., **5**, 597-604.
- Miall A.M., 1983 - *Basin analysis of fluvial sediments*. In: J.D. Collinson & J. Lewin (Eds.), *Modern and ancient fluvial system*. Intern. Assoc. Sedimentologists, Spec. Publ. **6**, 279-286.
- Miall A.M., 1984 - *Principles of sedimentary basin analysis*. Springer Verlag, 490 pp.
- Miall A.M., 1985 - *Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits*. Earth Sci. Rev., **22**, 261-308.
- Miall A.M., 1996 - *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer Verlag, 502 pp.
- Nagtegaal P.J.C., 1963 - *Convolute lamination metadepositional ruptures and slumping in an exposure near Pobla de Segur (Spain)*. Geol. Mijnbouw, **42**, 363-374.
- North American Stratigraphic Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983 - *North American Stratigraphic Code*. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., **67**(5), 841-875.
- Owen G., 1987 - *Deformational processes in unconsolidated sands*. In: Jones M.E. & Preston R.M.F. (Eds.), *Deformation of Sediments and Sedimentary Rocks*. Geological Society Special Publication, **41**, 11-24.
- Reineck H.E. & Singh I.B., 1980 - *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, 549 pp.
- Ricci Lucchi F., 1980a - *Sedimentologia. Processi e meccanismi di sedimentazione*. Ed. CLUEB, Bologna, 222 pp.
- Ricci Lucchi F., 1980b - *Sedimentologia. Ambienti sedimentari e facies*, Ed. CLUEB, Bologna, 545 pp.
- Sanders J.E., 1960 - *Origin of convoluted laminae*. Geol. Mag., **97**, 409-421.
- Sullwold H.H., 1959 - *Nomenclature of load deformation in turbidites*. Bull. Geol. Soc. Amer., **70**, 1247-1248.
- Ten Haaf E., 1956 - *The significance of convolute lamination*. Geol. Mijnbouw, **18**, 188-194.
- Wentworth C.K., 1922 - *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. J. Geology, **30**, 377-392.
- Williams E., 1960 - *Intra-stratal flow and convolute folding*. Geol. Mag., **97**, 208-214.
- Van Loon A.J. & Wiggers A.J., 1976 - *Primary and secondary synsedimentary structures in the lagoonal Almere Member (Groningen Formation, Holocene, The Netherlands)*. Sediment. Geol., **16**, 89-97.
- Youd T.D. & Wiczorek G.F., 1982 - *Liquefaction and secondary ground failure*. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., **1254**, 223-250.
