

QUADERNI serie III

Volume 13

Fascicolo II

Versione 1.0/2023

PROPOSTA DI UN NUOVO MODELLO DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA A INDIRIZZO APPLICATIVO CARTA GEOMORFOLOGICA D'ITALIA - 1:50.000

a cura di

CAMPOBASSO C.¹, PAMBIANCHI G.², PEDUTO F.³, CESTARI A.⁴, CHELLI A.², CONGI M.P.⁵,
D'OREFICE M.⁵, DE AMICIS M.², DRAMIS F.², GRACIOTTI R.², GUIDA D.², PALMIERI V.⁶,
PELLEGRINI L.², VALIANTE M.⁴, VENTURA R.⁵

¹già ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)

²AIGeo (Associazione italiana Di Geografia Fisica e Geomorfologia)

³già CNG (Consiglio Nazionale dei Geologi)

⁴CUGRI (Consorzio Interuniversitario per la Previsione e la Prevenzione dei Grandi Rischi)

⁵ISPRA (Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia)

⁶Università degli Studi di Salerno

QUADERNI SERIE III

1. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento.
2. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida alla rappresentazione cartografica.
3. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida all'informatizzazione.
4. Carta Geomorfologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento.
5. Carta Idrogeologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione.
6. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Banca dati geologici (linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati).
7. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Catalogo delle Formazioni.
 - Fascicolo I - Unità validate.
 - Fascicolo II - Unità non validate (Unità da abbandonare e/o da riclassificare).
 - Fascicolo III - Unità validate.
 - Fascicolo IV - Unità non validate (Unità da abbandonare e/o da riclassificare).
 - Fascicolo V - Unità validate.
 - Fascicolo VI - Unità tradizionali (1).
 - Fascicolo VII - Unità tradizionali (2).
8. Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000. Guida al rilevamento.
9. Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica.
10. Carta Geomorfologica d'Italia - 1:50.000 - Guida alla rappresentazione cartografica.
11. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000 - Guida all'uso del Manuale Cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche.
12. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000 - Aggiornamento ed integrazioni delle linee guida della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.
 - Fascicolo I - Modifiche ed integrazioni ai Quaderni N. 2/1996 e N. 6/1997.
 - Fascicolo II - Progetto Carg: Linee guida per il rilevamento geologico, la cartografia e l'informatizzazione dei dati delle aree marine.
 - Fascicolo III - Modifiche ed integrazioni al Quaderno N. 1/1992.
13. Carta Geomorfologica d'Italia - 1:50.000. Banca dati geomorfologica e modifiche ed integrazioni al Quaderno N.4/1994 - Progetto Carg.
14. Carta Idrogeologica d'Italia - 1:50.000. Modifiche ed integrazioni al Quaderno N.5/1995.
15. Carta Geologica d'Italia - 1:50.000 - Aggiornamento ed integrazioni delle linee guida della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Progetto CARG - Modifiche ed integrazioni ai Quaderni N.1/1992, N. 2/1996, N. 6/1997 e N.12/2009.

Il rilevamento della nuova Carta Geologica d'Italia e delle carte geotematiche necessita degli strumenti normativi idonei a garantirne l'omogeneità dei contenuti e della rappresentazione; la definizione delle norme discende naturalmente dall'applicazione di *linee guida* frutto dell'attività di Commissioni e Gruppi di Lavoro. Questa collana si propone come veicolo per lo scambio di opinioni e lo sviluppo delle tematiche trattate, intendendo favorire il dibattito fra gli operatori coinvolti nel progetto Carta Geologica mediante la stampa delle linee guida e delle norme per il rilevamento, la rappresentazione dei dati e l'informatizzazione dei prodotti, nonché - ove fosse ritenuto necessario - delle loro modifiche e/o integrazioni in corso d'uso.

Direttore responsabile: MARCO AMANTI

SERVIZIO PER LA GEOLOGIA STRUTTURALE E MARINA, IL RILEVAMENTO E LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Dirigente: MARIA TERESA LETTIERI

Redazione a cura del *Settore Cartografia*

Responsabile del Settore: SABRINA GROSSI

Allestimento Editoriale digitale: SILVANA FALCETTI

PREMESSA	pag. 5
1. - INTRODUZIONE.....	« 7
2. - MODELLO SPERIMENTALE DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA A “OGGETTI”.....	« 8
3. - FORMALIZZAZIONE DEI LIVELLI GERARCHICI RELATIVI ALLE ENTITÀ GEOMORFOLOGICHE.....	« 9
3.1. - FORMA FOCALE (LIVELLO 0).....	« 9
3.2. - ENTITÀ GEOMORFOLOGICHE AGGREGATE PER COMPOSIZIONE.....	« 10
3.2.1. - <i>Complesso di forme (Livello +1)</i>	« 10
3.2.2. - <i>Sistema di forme (Livello +2)</i>	« 10
3.3. - ENTITÀ GEOMORFOLOGICHE DISAGGREGATE PER DECOMPOSIZIONE	« 10
3.3.1. - <i>Componente di forma (Livello -1)</i>	« 10
3.3.2. - <i>Elemento (Livello -2)</i>	« 10
3.4. - GLI INDICATORI.....	« 11
3.5. - I RAPPORTI GERARCHICI E I PASSAGGI DI SCALA.....	« 11
3.6. - CODIFICA GERARCHICA DELLE FORME S.L.....	« 12
4. - GLI ATTRIBUTI.....	« 15
5. - PROCEDURA PER LA REALIZZAZIONE DEL MODELLO SPERIMENTALE DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA.....	« 16
6. - REALIZZAZIONE GRAFICA DELLA NUOVA CARTA GEOMORFOLOGICA	« 16
6.1. - LE BASI TOPOGRAFICHE.....	« 16
6.2. - I DATI MORFOMETRICI.....	« 16
6.3. - UNITÀ E-SUB-UNITÀ TOPOGRAFICHE DI BASE E GEOMORFO-TOPOGRAFICHE.....	« 17
6.3.1. - <i>Unità e Sub-Unità Topografiche di Base (UTB e SUT)</i>	« 17
6.3.2. - <i>Unità Geomorfo-Topografiche di Base (UGT e SUGT)</i>	« 18
6.4. - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE UNITÀ E DELLE SUB-UNITÀ GEOMORFO-TOPOGRAFICHE.....	« 18
6.5. - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE FORME S.L. E DEI DEPOSITI ASSOCIATI.....	« 20
6.5.1. - <i>Forme antropiche</i>	« 20
6.5.2. - <i>Forme connesse alla dinamica endogena</i>	« 20
6.5.2.1. - <i>Forme tettoniche</i>	« 20
6.5.2.2. - <i>Forme vulcaniche</i>	« 20
6.5.3. - <i>Forme s.l. connesse alla dinamica esogena e depositi associati</i>	« 21
6.5.3.1. - <i>Forme gravitative s.l.</i>	« 21
6.5.3.2. - <i>Forme s.l. fluviali, fluvioglaciali, di dilavamento, glaciali, periglaciali, carsiche, eoliche, costiere, di altra genesi</i>	« 21
6.5.3.3. - <i>Forme lito-strutturali s.l.</i>	« 21
6.5.4. - <i>Depositi superficiali non sottesi da forme di accumulo</i>	« 22
6.6. - GLI INDICATORI.....	« 22
6.7. - GEOLOGIA DEL SUBSTRATO.....	« 22
7. - MODELLO SPERIMENTALE DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA A “OGGETTI”: BANCA DATI.....	« 22
APPENDICE	« 29
1. - CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA A “OGGETTI”: MODELLO FISICO SPERIMENTALE DELLA BANCA DATI.....	« 29
1.2. - SISTEMI DI FRANE.....	« 30
1.3. - COMPLESSI DI FRANE.....	« 31
1.4. - FRANE FOCALI.....	« 32
1.5. - COMPONENTI DI FRANA.....	« 33
BIBLIOGRAFIA	« 35

PREMESSA

Questo secondo fascicolo del Quaderno n. 13 comprende una proposta di applicazione di un modello di cartografia geomorfologica a indirizzo applicativo multiscalare a “oggetti”, sviluppato in ambiente GIS, a supporto delle decisioni istituzionali connesse al territorio e alle attività legate agli standard operativi previsti dalle normative ed è in capo ai geologi liberi professionisti ed alle società di progettazione.

Si tiene a precisare che tale proposta, facendo ricorso a procedure avanzate, non va a sostituire, ma ad integrare l’approccio cartografico tradizionale a “simboli”, previsto nel Fascicolo I del Quaderno 13. Difatti, la proposta di un nuovo modello di cartografia geomorfologica dovrà essere sottoposta a sperimentazione su alcuni fogli pilota di particolare rilevanza istituzionale.

Il modello di cartografia geomorfologica sviluppato trae origine dai contenuti già schematizzati nella struttura della banca dati geomorfologica, pubblicata nella seconda versione del Fascicolo I del Quaderno 13, riorganizzandoli, allo scopo di formulare un approccio *object-oriented*.

Considerata la complessità degli aspetti connessi all’estensione di questa proposta metodologica a tutte le categorie morfogenetiche, al momento si è ritenuto opportuno limitare la sperimentazione solo alle forme di versante legate alla gravità, per la loro rilevanza in campo applicativo. A tal proposito è stata predisposta un’Appendice, che contiene lo schema della struttura informativa appositamente orientata agli oggetti e riguardante le forme gravitative.

1. - INTRODUZIONE

La cartografia geomorfologica, pur essendo largamente utilizzata in gran parte delle attività di gestione e pianificazione del territorio svolte in Italia ai vari livelli istituzionali, non sempre assume il ruolo che le compete come base fondamentale propedeutica alla progettazione ingegneristica. Essa è generalmente poco utilizzata a supporto dei piani attuativi e delle fasi di progettazione previsti dalle attuali normative nazionali e regionali (*progettazione tecnico-economica definitiva ed esecutiva*) e delle successive procedure di monitoraggio di efficacia degli interventi. Inoltre, la cartografia geomorfologica è del tutto assente nell'attuale normativa e regolamentazione delle procedure di *microzonazione sismica*, che fanno ancora riferimento a indefiniti fattori di amplificazione "topografica". Uno dei motivi è verosimilmente legato al fatto che il tradizionale approccio cartografico a "simboli", pur avendo raggiunto livelli di alto valore scientifico e un ruolo insostituibile nella descrizione, nella rappresentazione e nell'interpretazione evolutiva del paesaggio, non risulta del tutto esaustivo nel fornire dati quantitativi e delimitazioni oggettive e riproducibili da utilizzare, a scale di vario dettaglio, in ogni intervento o azione da svolgere nell'ambito della gestione del territorio, con particolare riferimento alla determinazione delle grandezze di interesse progettuale (lunghezze, spessori, superfici, volumi, spostamenti, deformazioni, indicatori e precursori di processi, ecc.) e alla concretizzazione di concetti normativi di pertinenza geomorfologica, come l'*ambito morfologico significativo*, le *sezioni geomorfologiche di dettaglio*, l'*invarianza idro-geomorfologica* e il *tempo di vita geomorfico*.

In tale prospettiva, la Commissione per la Cartografia Geomorfologica, già istituita presso l'ISPRA (con nota del 18 aprile 2014 - protocollo n. 016803) con il compito di riesaminare e aggiornare le "Linee Guida al Rilevamento della Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000", dopo aver completato e messo in rete i risultati relativi alla nuova legenda disponibile on line all'indirizzo http://www.isprambiente.gov.it/files2017/pubblicazioni/periodici-tecnici/i-quaderni-serie-iii-del-sgi/quaderno_13.pdf, ha proseguito i lavori con l'obiettivo di proporre criteri di rappresentazione cartografica più orientati ai fini applicativi, come richiesto da Istituzioni Territoriali (Regioni, Autorità di Bacino, Comunità Montane, ecc.) e, più in generale, da parte di geologi liberi professionisti.

In questa seconda fase, la Commissione la cui composizione è rimasta quasi invariata, con la presenza di Claudio Campobasso (già Capo Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia – ISPRA), Roberto Graciotti e Maurizio D'Orefice (ricercatori ISPRA), Gilberto Pambianchi, Luisa Pellegrini, Alessandro Chelli, Francesco Dramis e Domenico Guida (afferenti all'AIGeo), Francesco Peduto (già Presidente del Consiglio Nazionale dei Geologi), ha costituito, al suo interno, un Gruppo di Lavoro per la informatizzazione della cartografia geomorfologica coordinato da Domenico Guida e comprendente: Maria Pia Congi e Renato Ventura (esperti in banche dati del Dipartimento per il

Servizio Geologico d'Italia – ISPRA); Mattia De Amicis (afferente all'AIGeo); Vincenzo Palmieri (collaboratore esterno presso il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Salerno); Antonello Cestari e Mario Valiante (afferenti al CUGRI di Salerno).

Nel corso di diverse riunioni e incontri di lavoro, la Commissione ha elaborato un modello di cartografia geomorfologico-applicativo contraddistinto da una rappresentazione delle forme del rilievo oggettivate da procedure morfometriche con il supporto dalla tecnologia GIS (Sistemi Informativi Geografici), strumento indispensabile per l'archiviazione, l'analisi, l'aggiornamento, la riproduzione su schermo e su carta dei dati geo-spaziali come suggerito dalla letteratura scientifica internazionale (GUSTAVSSON *et alii*, 2008; DRAMIS *et alii*, 2011a, b; OTTO *et alii*, 2017).

Pur conservando la rigorosità dell'approccio tradizionale, formalizzato nella Banca Dati Geomorfologica, ufficializzata dal Gruppo di Lavoro di Geomorfologia del Servizio Geologico d'Italia, ai fini della produzione dei fogli geomorfologici CARG, questo modello risulta più adeguato agli aspetti applicativi richiesti dalla normativa vigente e meglio orientato alle esigenze delle Pubbliche Amministrazioni competenti e agli standard operativi in capo ai geologi liberi professionisti ed alle società di progettazione.

Il modello cartografico prevede, in particolare, la creazione di una banca dati appositamente dedicata, in grado di consentire lo svolgimento di analisi numeriche dei dati rilevati, l'estrazione in tempo reale di documenti tematici interoperabili da utilizzare di volta in volta in specifici settori applicativi interdisciplinari, la riproduzione su schermo e su carta di rappresentazioni cartografiche continuamente aggiornabili.

2. - MODELLO SPERIMENTALE DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA A “OGGETTI”

Il modello di cartografia geomorfologica proposto nell'ambito dei lavori della Commissione è del tipo *a copertura completa* (con l'intera superficie topografica rappresentata in termini di forme e depositi associati) e *gerarchico multiscale*, idoneo ad essere strutturato in ambiente GIS. Questo modello cartografico è anche definito *a oggetti*, entità spazio-temporali che, oltre a possedere precisi caratteri di identità e persistenza, comprendono attributi che ne contraddistinguono lo stato originario e ne determinano il successivo comportamento evolutivo (BIAN, 2007).

Procedure di cartografia semi-automatiche, basate sull'uso di immagini telerilevate, di DEM ad alta risoluzione e di software specialistici, consentono oggi di delimitare le forme superficiali e di rappresentarle come entità geometriche distinte (*oggetti*) che possono essere successivamente verificate sul terreno mediante controlli mirati (DIKAU *et alii*, 1991; VAN ASSELEN & SEIJMONSBERGEN, 2006; NEWELL & CLARK, 2008; ANDERS *et alii*, 2009; GUIDA *et alii*, 2009, 2016; DRAMIS *et alii*, 2011a, b; LAHOUSSE *et alii*, 2011; SEIJMONSBERGEN *et alii*, 2011; VERHANGEN & DRÄGUT, 2011; BLASCHKE *et alii*, 2014; CHEN *et alii*, 2018).

Tuttavia, pur riconoscendo il valore scientifico e l'interesse pratico di queste metodologie, non si ritiene che possano essere applicate per la realizzazione di cartografie geomorfologiche di dettaglio, specialmente nel caso di un uso applicativo, data l'irrinunciabile necessità di disporre dei dati litologici, strutturali, stratigrafici e sedimentologici ottenibili solo mediante sistematici rilevamenti di terreno (DRAMIS & BISCI, 1998; D'OREFICE & GRACIOTTI, 2015, 2021).

Il nuovo modello di cartografia geomorfologica si colloca in posizione intermedia tra le metodologie suddette e quelle “tradizionali”, basate essenzialmente sul rilevamento di terreno supportato dall'interpretazione di immagini telerilevate (PANIZZA, 1966, 1972; PELLEGRINI, 1975; DRAMIS *et alii*, 1979; GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA, 1986, 1995; DRAMIS & BISCI, 1998; D'OREFICE *et alii*, 2009; BONDESAN & BUSONI, 2015; D'OREFICE & GRACIOTTI, 2015, 2021). Partendo da un rilevamento geomorfologico “tradizionale”, il modello proposto raffina la delimitazione delle forme del rilievo mediante analisi su DEM ad alta risoluzione sotto il controllo *step-by-step* del giudizio esperto del geomorfologo rilevatore.

Le informazioni sono raccolte in un apposito *database* spaziale tematico, in cui le entità

geomorfologiche rilevate sono disposte secondo un ordine di classificazione di tipo gerarchico (*entità topologiche nidificate*) rappresentate da poligoni, linee e punti.

A differenza dell'approccio cartografico "tradizionale", ampiamente diffuso in Italia e applicato nel Progetto CARG (BRANCACCIO *et alii*, 1994; CAMPOBASSO *et alii*, 2021), il modello di cartografia geomorfologica a "oggetti" non rappresenta con colori di fondo a tinta piena i litotipi del substrato raggruppati in classi, ma riproduce l'intera superficie in termini di entità geomorfologiche (forme *s.l.* e depositi associati). Una base litologica (o, meglio, litotecnica) rilevata alla stessa scala, preferibilmente in contemporaneo, georeferenziata e sovrapponibile alla carta geomorfologica, deve essere tuttavia disponibile nel *database* per effettuare i necessari confronti.

L'applicazione del modello comporta:

1. un incremento delle combinazioni dei dati geomorfologici gestibili e rappresentabili;
2. una più facile interazione, in fase di rappresentazione e analisi dei dati, con altre discipline;
3. la conformità con i più accreditati standard internazionali, al fine di consentire l'interoperabilità.

È prevista una fase di sperimentazione del nuovo modello di cartografia geomorfologica che si svolgerà in collaborazione tra ISPRA – Servizio Geologico d'Italia, Università e Centri di Ricerca. I risultati attesi serviranno a verificare la fattibilità del modello con particolare riguardo alle tecniche di rappresentazione grafica.

3. - FORMALIZZAZIONE DEI LIVELLI GERARCHICI RELATIVI ALLE ENTITÀ GEOMORFOLOGICHE

Le entità geomorfologiche, da prendere in considerazione per la rappresentazione cartografica e l'inserimento nella banca dati, sono suddivise in livelli gerarchici che individuano una entità geomorfologica focale, la *forma focale* (forma livello 0), riferita alla stessa categoria (es. "frana" per le entità geomorfologiche di versante legate alla gravità).

Insieme di forme focali che hanno relazioni topologiche che realizzano rapporti funzionali di interazione possono essere soggette a regole di composizione e definire *complessi di forme* (livello +1) e *sistemi di forme* (livello +2).

All'interno delle forme focali vengono normalmente individuate entità geomorfologiche di livello gerarchico più basso: *componente di forma* (livello -1) ed *elemento* (livello -2) (GUIDA *et alii*, 2009; DRAMIS *et alii*, 2011a, b; DRAMIS *et alii*, 2022).

3.1. - FORMA FOCAL (LIVELLO 0)

Le *forme focali* (di livello 0) sono entità geomorfologiche che, nel loro insieme, compongono il rilievo terrestre. Esse sono contraddistinte da una specifica configurazione distintiva dei processi genetici dominanti che le hanno generate.

Alle scale di dettaglio (>1:5.000 - 1:25.000; DRAMIS *et alii*, 2011a, b), le *forme focali* sono quelle che vengono comunemente elencate nelle legende delle carte geomorfologiche a grande scala (esempi comuni sono le frane, le scarpate di faglia, le scarpate di erosione fluviale, le falesie costiere, gli archi morenici, le colate detritiche, le doline, le dune, ecc.). Sono inserite tra queste anche i tratti di superficie contraddistinti dalla presenza di microforme (quali piccole cavità, striature, ondulazioni, ecc.) e quelli dove affiorano depositi superficiali non sottesi da morfologie specifiche.

A tutte le scale, le *forme focali* sono normalmente rappresentate come poligoni. Solo nel caso di dimensioni troppo ridotte rispetto alla scala di rappresentazione, o di superfici non riproducibili in piano a causa della forte acclività possono essere rappresentate come linee e punti.

Le *forme focali* possono presentarsi tra loro a contatto, parzialmente sovrapposte, o disposte una all'interno di un'altra. In tal caso, risulta necessario verificarne le relazioni topologiche e applicare apposite regole di composizione.

3.2. - ENTITÀ GEOMORFOLOGICHE AGGREGATE PER COMPOSIZIONE

3.2.1. - *Complesso di forme (Livello +1)*

Forme focali dello stesso tipo possono raggrupparsi a costituire *complessi di forme* o, più semplicemente, *complessi* all'interno dei quali esse si intersecano o si sovrappongono dichiarando così rapporti di "interconnessione funzionale" (WORBOYS *et alii*, 1990). I *complessi* debbono essere delimitati e riportati nella banca dati come entità geomorfologiche specifiche insieme alle singole *forme focali* che li costituiscono; a seconda della scala cartografica e delle loro dimensioni, queste vengono o meno rappresentate all'interno del poligono che le circonda.

Non costituiscono *complessi*, quelle *forme focali* che sono solo tra loro molto vicine; con il passaggio a scale più piccole queste possono essere accorpate in *gruppi di forme*.

3.2.2. - *Sistema di forme (Livello +2)*

Insiemi di *forme focali* singole e *complessi di forme* di diverso tipo, ma della stessa categoria genetica, possono unirsi a formare insiemi funzionali di ordine gerarchico superiore al complesso denominati *sistemi di forme* o, più semplicemente, *sistemi*. Ne sono esempi le valli fluviali, le valli glaciali, le aree a horst e graben, gli edifici vulcanici, ecc.

Le relazioni topologiche che soddisfano la condizione di interazione funzionale sono le stesse che si verificano nei complessi di forme.

Insiemi funzionali di entità geomorfologiche di genesi diversa, non vanno distinti e cartografati come tali, ma debbono essere presi in considerazione nell'analisi complessiva del paesaggio. Un esempio semplice è fornito dai rapporti tra una scarpata interessata da crolli e la superficie di una piana alluvionale alla sua base, potenzialmente interessata dall'impatto dei blocchi crollati. Questi rapporti possono essere riportati in banca dati tra gli attributi o, anche, nella rappresentazione cartografica, caratterizzando con opportuni simboli grafici i contatti delle forme interessate.

3.3. - ENTITÀ GEOMORFOLOGICHE DISAGGREGATE PER DECOMPOSIZIONE

3.3.1. - *Componente di forma (Livello -1)*

Gran parte delle *forme focali*, compatibilmente con la scala di rappresentazione, può essere suddivisa in entità geomorfologiche di ordine gerarchico più basso denominate *componenti di forma* o, più semplicemente, *componenti*. Sono tali, ad esempio, nel caso di scale di dettaglio, la scarpata principale di una frana di scorrimento, la scarpata interna di un cratere vulcanico, la soglia di un circo glaciale.

Nell'ambito del modello proposto, non ha significato prendere in considerazione queste entità, come *forme individuali*, senza fare riferimento alla *forma focale* di cui fanno parte (es. la denotazione "scarpata di frana" ha senso solo se riferita alla "frana" di cui fa parte). A volte, per le dimensioni ridotte della *forma focale* rispetto alla scala di rappresentazione, la scomposizione non è utile ai fini di distinguere meccanismi distintivi rispetto al processo più generale. Per questi motivi, in ogni categoria morfogenetica, l'elenco dei componenti può variare in modo significativo secondo il contesto geomorfologico e le finalità della rappresentazione cartografica.

3.3.2. - *Elemento (Livello -2)*

Alle scale di maggiore dettaglio, ovvero per finalità progettuali o di monitoraggio, possono essere individuate all'interno di una *forma focale* entità geomorfologiche di dimensioni generalmente ridotte e, in gran parte, non ulteriormente scomponibili, che possono svolgere la funzione di componente

accessorio (non essenziale). Queste entità, denominate *elementi*, possono presentarsi anche all'interno di *forme focali* di altro tipo o anche isolatamente. Ne sono esempi, le fratture, i blocchi isolati, i rigonfiamenti, ecc. In linea di massima, gli *elementi* non vanno riferiti alla *forma focale* di cui fanno parte, tranne nel caso in cui assumano uno specifico significato ai fini della evoluzione spaziotemporale (ad esempio, le fratture con indicatori di movimento relativo nelle frane di scorrimento, i blocchi di crollo avanzati per rotolamento, le striature glaciali, gli inghiottitoi nelle doline). A causa delle dimensioni molto ridotte, gli *elementi* vengono di regola rappresentati come linee e punti.

3.4. - GLI INDICATORI

Nella rappresentazione cartografica del rilievo terrestre, accanto alle entità geomorfologiche poligonali (*forme focali, componenti, elementi, complessi, sistemi*) vengono utilizzati, a tutte le scale, gli *indicatori*, simboli lineari o puntuali che hanno la funzione di definire i rapporti tra entità geomorfologiche topologicamente connesse (ad esempio, scarpate sede di crolli e piane alluvionali con queste a contatto e raggiungibili dai materiali crollati), di evidenziare aspetti particolari del rilievo (ad esempio, i punti di massima elevazione o depressione di una *forma*, il bordo di una valle sospesa, il limite di massima espansione di una lingua glaciale successivamente in ritiro), o di indicare alcuni aspetti della dinamica geomorfologica (deformazioni superficiali, vettori di spostamento, portate, ecc.). Sono compresi tra gli indicatori gli "altri simboli" della legenda geomorfologica presentata nel Fascicolo I del Quaderno 13 (CAMPOBASSO *et alii*, 2021).

3.5. - I RAPPORTI GERARCHICI E I PASSAGGI DI SCALA

Nella transizione dalla scala del rilevamento (*scala focale*) verso scale più ridotte vengono utilizzati, con il giudizio esperto del geomorfologo rilevatore, specifiche regole che consentono l'adattamento alla nuova scala delle entità geomorfologiche rappresentate e delle loro condizioni al contorno. Nel passaggio dalla scala del rilevamento verso scale di maggior dettaglio (fig. 1) ove possibile, il rilevatore evidenzia la presenza dei *componenti* (ad es., nicchia, corpo, piede della frana) che concorrono alla rappresentazione della *forma focale* e degli *elementi* (ad es., laghetto di frana). Questi passaggi di scala sono tuttavia possibili solo sulla base di ulteriori indagini di terreno e da remoto che andranno ad arricchire le informazioni raccolte al livello focale.

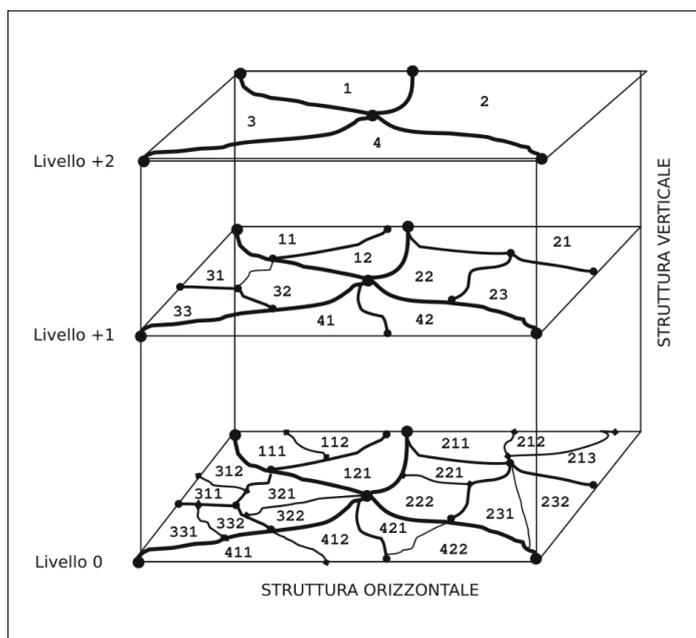


Fig. 1 - Ordinamento gerarchico delle forme s.l. e relazioni in senso orizzontale/verticale tra il livello del rilevamento (livello 0 o focale) e i livelli superiori più generalizzati (mod. da DRAMIS *et alii*, 2011a).

La tabella 1 mostra un esempio di rapporti gerarchici tra entità geomorfologiche (forme focali, complessi e sistemi, componenti, elementi) appartenenti alla categoria morfogenetica “forme gravitative”.

Tab. 1 - Esempio di rapporti gerarchici tra entità geomorfologiche di versante legate alla gravità.

Gerarchia di forme gravitative				
<i>Sistema (livello +2)</i>	<i>Complesso (livello +1)</i>	<i>Forma Focale (livello 0)</i>	<i>Componente (livello -1)</i>	<i>Elemento (livello -2)</i>
Insieme di complessi e frane singole di diversa tipologia (es. scorrimenti rotazionali e colate di terra), topologicamente interconnesse	Insieme di frane di scorrimento rotazionale aventi relazioni funzionali	Frana di scorrimento rotazionale	Scarpata principale di scorrimento rotazionale. Corpo di frana di scorrimento rotazionale	Frattura di tensione Trincea Cavità con ristagno d'acqua

3.6. - CODIFICA GERARCHICA DELLE FORME S.L.

La tabella 2 mostra la strutturazione gerarchica in termini di composizione e scomposizione delle diverse categorie morfogenetiche, già considerate (ad eccezione di quella relativa al glacialismo e nivazione attuali) nel modello fisico della banca dati presente nel Fascicolo I del Quaderno 13, per le quali le colonne *Gerarchia_link* e *Tipo* ne rappresentano i collegamenti.

Tab. 2 - Codifica gerarchica delle diverse categorie morfogenetiche in relazione ai contenuti del Fascicolo I.

Codifica gerarchica	Categoria	Gerarchia_link Quaderno 13 Fascicolo I	Tipo Quaderno 13 Fascicolo I
1.	NATURALI	01	NT
1.1.	ENDOGENE	0101	NT_EN
1.1.1.	Tettoniche	010101	NT_EN_TE
1.1.2.	Vulcaniche	010102	NT_EN_VU
1.1.2.1.	<i>Vulcaniche di distruzione</i>	01010201	NT_EN_VU_DS
1.1.2.2.	<i>Vulcaniche di costruzione</i>	01010202	NT_EN_VU_CO
1.2.	ESOGENE	0102	NT_ES
1.2.1.	Litostrutturali	010203	NT_ES_LS
1.2.2.	Gravitative	010204	NT_ES_GR
1.2.2.1.	<i>Gravitative di erosione/accumulo</i>	01020403	NT_ES_GR_ER
1.2.2.2.	<i>Gravitative di accumulo</i>	01020404	NT_ES_GR_AC
1.2.3.	Fluviali, fluvio-glaciali e da dilavamento	010205	NT_ES_FD
1.2.3.1.	<i>Fluviali, fluvio-glaciali e da dilavamento (di erosione)</i>	01020503	NT_ES_FD_ER

1.2.3.2.	<i>Fluviali, fluvio-glaciali e da dilavamento (di accumulo)</i>	01020504	NT_ES_FD_AC
1.2.4.	Carsiche	010206	NT_ES_CA
1.2.4.1.	<i>Carsiche di erosione</i>	01020603	NT_ES_CA_ER
1.2.4.2.	<i>Carsiche di accumulo</i>	01020604	NT_ES_CA_AC
1.2.5.	Glaciali	010208	NT_ES_GL
1.2.5.1.	<i>Glaciali di erosione</i>	01020803	NT_ES_GL_ER
1.2.5.2.	<i>Glaciali di accumulo</i>	01020804	NT_ES_GL_AC
1.2.6.	Periglaciali e nivali	010209	NT_ES_PN
1.2.6.1.	<i>Periglaciali e nivali di erosione</i>	01020903	NT_ES_PN_ER
1.2.6.2.	<i>Periglaciali e nivali di accumulo</i>	01020904	NT_ES_PN_AC
1.2.6.3.	<i>Periglaciali e nivali di deformazione</i>	01020905	NT_ES_PN_DE
1.2.7.	Costiere	010210	NT_ES_CO
1.2.7.1.	<i>Costiere di erosione</i>	01021003	NT_ES_CO_ER
1.2.7.2.	<i>Costiere di accumulo</i>	01021004	NT_ES_CO_AC
1.2.8.	Eoliche	010211	NT_ES_EO
1.2.8.1.	<i>Eoliche di erosione</i>	01021103	NT_ES_EO_ER
1.2.8.2.	<i>Eoliche di accumulo</i>	01021104	NT_ES_EO_AC
1.2.9.	di Altra Genesi	01021199	NT_ES_AG_NA
2.	ANTROPICHE	02	AN
2.1.	<i>Antropiche di erosione</i>	0203	AN_ER
2.2.	<i>Antropiche di accumulo</i>	0204	AN_AC

Nella seguente tabella 3 sono, invece, riportate in dettaglio le entità geomorfologiche (*forme focali, componenti, elementi*) ad esse relazionate, relative alle sole forme gravitative *s.l.* La strutturazione dettagliata delle altre categorie morfogenetiche sarà effettuata seguendo lo stesso schema nella successiva fase sperimentale.

I termini che individuano le entità geomorfologiche gerarchizzate sono stati incardinati all'interno di una struttura gerarchica utile anche ai fini dell'interrogazione nella banca dati in termini multiscalarari (tab. 3).

Nella tabella 3 la colonna *Codifica gerarchica* esprime la posizione gerarchica della forma *s.l.*; seguono le colonne *Categoria*, *Sigla_link* e *Tipo*, che definiscono univocamente la natura e il livello gerarchico di scomposizione (*forma focale, componente, elemento, indicatore*). Il termine *Sigla_link* si riferisce al collegamento con la Banca dati geomorfologica CARG. Nella colonna *Categoria* compaiono alcune entità non presenti nella legenda del Fascicolo I, la cui introduzione si è ritenuta necessaria per soddisfare il criterio della multiscalarità. L'utilizzo di lettere minuscole nel campo *Codifica gerarchica* e l'utilizzo di sigle specifiche (es. CFR e CFT) è stato necessario per introdurre le entità geomorfologiche di livello +1 (complessi), laddove non presenti nella legenda del Fascicolo I, Quaderno 13.

L'uso di digit (vedi colonna *Codifica gerarchica*), così come descritto nel Quaderno 13 Fascicolo I (CAMPOBASSO *et alii*, 2021), consente di individuare in maniera univoca ed automatica tutte le forme all'interno di un dataset. Componendo di volta in volta questi elementi risulterà semplice, per esempio, individuare le forme di natura endogena, oppure esogena, nonché i relativi complessi e componenti.

Tab. 3 - Strutturazione gerarchica delle forme gravitative.

Codifica gerarchica	Categoria	Sigla_link	Tipo
1.2.2.1.	Forme gravitative di erosione/accumulo		
1.2.2.1.1.	Frana di scorrimento rotazionale	GR48	Forma focale
1.2.2.1.1.1.	Scarpata principale di scorrimento rotazionale	GR1a	Componente
1.2.2.1.1.2.	Corpo di frana di scorrimento rotazionale	GR19	Componente
1.2.2.1.a.	Complesso di frane rotazionali	CFR	Complesso
1.2.2.1.2.	Frana di scorrimento traslativo	GR49	Forma focale
1.2.2.1.2.1.	Scarpata principale di scorrimento traslativo	GR1b	Componente
1.2.2.1.2.2.	Corpo di frana di scorrimento traslativo	GR20	Componente
1.2.2.1.2.3.	Superficie denudata da scorrimento traslativo	GR5	Componente
1.2.2.1.b.	Complesso di frane traslative	CFT	Complesso
1.2.2.1.3.	<i>Rock avalanche</i> (valanga di rocce)	GR50	Forma focale
1.2.2.1.3.1.	Scarpata principale di <i>rock avalanche</i>	GR6	Componente
1.2.2.1.3.2.	Traccia di percorso di <i>rock avalanche</i>	GR7	Componente
1.2.2.1.3.3.	Accumulo di <i>rock avalanche</i>	GR29	Componente
1.2.2.1.4.	<i>Debris avalanche</i> (valanga di detrito)	GR51	Forma focale
1.2.2.1.4.1.	Scarpata principale di <i>debris avalanche</i>	GR8	Componente
1.2.2.1.4.2.	Traccia di percorso di <i>debris avalanche</i>	GR9	Componente
1.2.2.1.4.3.	Accumulo di <i>debris avalanche</i>	GR52	Componente
1.2.2.1.5.	Colata di detrito	GR53	Forma focale
1.2.2.1.5.1.	Scarpata principale di colata di detrito	GR10	Componente
1.2.2.1.5.2.	Canale di colata di detrito	GR11	Componente
1.2.2.1.5.3.	Accumulo di colata rapida di detrito	GR30	Componente
1.2.2.1.5.0.1.	Accumulo temporaneo in canale di colata di detrito	GR31	Elemento
1.2.2.1.6.	Colata rapida di terra e/o fango (distinguere con gli attributi)	GR54	Forma focale
1.2.2.1.6.1.	Scarpata principale di colata rapida di terra e/o fango	GR10	Componente
1.2.2.1.6.2.	Canale di colata rapida di terra e/o fango	GR11	Componente
1.2.2.1.6.3.	Accumulo di colata rapida di terra e/o fango	GR55	Componente
1.2.2.1.7.	Colata lenta di terra e/o fango (distinguere con gli attributi)	GR56	Forma focale
1.2.2.1.7.1.	Scarpata principale di colata lenta di terra e/o fango	GR12	Componente
1.2.2.1.7.2.	Corpo di colata lenta di terra/fango	GR21	Componente
1.2.2.1.8.	Frana di crollo/ribaltamento	GR57	Forma focale
1.2.2.1.8.1.	Nicchia/cuneo di distacco di crollo/ribaltamento	GR15	Componente
1.2.2.1.8.2.	Superficie di trasporto di crollo/ribaltamento	GR58	Componente
1.2.2.1.8.3.	Corpo di frana per crollo/ribaltamento	GR22	Componente
1.2.2.1.8.0.1.	Solco di transito di rotolio da crollo/ribaltamento	GR16	Elemento
1.2.2.1.8.0.2.	Buca da impatto per rotolio/rimbalzo da crollo/ribaltamento	GR17	Elemento
1.2.2.1.8.0.3.	Blocco crollato/ribaltato isolato	GR33	Elemento
1.2.2.1.c.	Parete interessata da crolli/ribaltamenti	GR14	Complesso
1.2.2.1.8.0.0.1.	Distanza massima raggiunta dal materiale crollato	GR59	Indicatore
1.2.2.1.9.	Canalone in roccia con scarica di detriti	GR18	Forma focale
1.2.2.1.0.0.1	Scarpata secondaria di scorrimento rotaz./trasl.	GR2	Elemento
1.2.2.1.0.0.2	Trincea	GR3	Elemento

1.2.2.1.0.0.3	Frattura di tensione	GR45	Elemento
1.2.2.1.0.0.4	Piano di taglio inverso gravitativo	GR46	Elemento
1.2.2.1.0.0.5	Ruga o cresta di pressione	GR47	Elemento
1.2.2.1.0.0.0.1	Contropendenza	GR4	Indicatore
1.2.2.1.0.0.0.2	Rigonfiamento gravitativo alla base del versante (<i>cambering</i>)	GR42	Indicatore
1.2.2.1.0.0.0.3	Punto di massima elevazione raggiunto sul versante opposto	GR43	Indicatore
1.2.2.2.	Forme gravitative di accumulo		
1.2.2.2.1.	Accumulo di frana indifferenziato	GR23	Forma focale
1.2.2.2.2.	Cono di detrito	GR34	Forma focale
1.2.2.2.3.	Falda di detrito	GR35	Forma focale
1.2.2.2.4.	Area interessata da reptazione	GR36	Forma focale
1.2.2.2.5.	Area a terrazette	GR37	Forma focale
1.2.2.2.6.	Superficie interessata da soliflusso	GR28	Forma focale
1.2.2.2.6.1.	Lobo/lobi di soliflusso	GR27	Componente
1.2.2.2.6.2.	Terrazzo/terrazzi di soliflusso	GR25	Componente
1.2.2.2.6.3.	Ghirlanda di soliflusso	GR26	Componente
1.2.2.3.	Forme gravitative di deformazione		
1.2.2.3.1.	Deformazione gravitativa profonda di versante/DGPV	GR38	Forma focale
1.2.2.3.1.1.	Trincea di <i>sackung</i>	GR39	Componente
1.2.2.3.1.0.1.	Depressione chiusa in DGPV	GR44	Elemento
1.2.2.3.1.0.2.	Frattura di tensione in DGPV	GR45	Elemento
1.2.2.3.1.0.3.	Piano di taglio inverso indotto dalla gravità in DGPV	GR46	Elemento
1.2.2.3.1.0.4.	Ruga o cresta di pressione in DGPV	GR60	Elemento
1.2.2.3.1.0.0.1.	Rigonfiamento gravitativo alla base del versante in DGPV	GR42	Indicatore
1.2.2.3.1.0.0.2	Rigonfiamento gravitativo al piede del versante in DGPV	GR43	Indicatore
1.2.2.3.2.	Superficie interessata da espansione laterale (<i>lateral spreading</i>)	GR40	Forma focale
1.2.2.3.2.1.	Trincea di espansione laterale	GR41	Componente
1.2.2.3.2.0.1.	Frattura da espansione laterale	GR61	Elemento
1.2.2.3.3.	Doppia cresta	GR41	Forma focale

Di seguito, come esempio, si elenca una chiave di lettura del codice gerarchico proposto per la strutturazione informatica:

1. - *forme naturali*
 - 1.1. - *forme naturali endogene*
 - 1.1.2. - *forme naturali endogene vulcaniche*
 - 1.1.2.1. - *forme naturali endogene vulcaniche di distruzione*

4. - GLI ATTRIBUTI

Un ruolo fondamentale nel nuovo modello di cartografia geomorfologica a “oggetti” è svolto dagli attributi che vengono associati nel *database* alle diverse entità geomorfologiche da rappresentare. Essi, oltre alle informazioni morfometriche, stratigrafiche, tettoniche, idrogeologiche, geognostiche, geotecniche (dimensioni, inclinazione del pendio, spessori, presenza d’acqua, ecc.), come già ampiamente descritto nella tabella ST052 del Fascicolo I, Quaderno 13, sono indispensabili in ambito applicativo. In fase di sperimentazione sarà possibile implementare ulteriori attributi finalizzati alla valutazione del rischio, quali presenza di manufatti e centri abitati, densità di traffico su strade e ferrovie, date di eventi geologici catastrofici (terremoti, eruzioni vulcaniche, esondazioni, ecc.), ove disponibili.

5. - PROCEDURA PER LA REALIZZAZIONE DEL MODELLO SPERIMENTALE DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA

La metodologia proposta per la realizzazione del modello di cartografia geomorfologica *a oggetti* si articola nei seguenti punti:

- Strutturazione in ambiente GIS di un *database* geomorfologico nel quale gli *oggetti* da rappresentare e i loro attributi vengano disposti in ordine gerarchico secondo il criterio “ontologico”, cioè all’interno di una struttura contenente tutte le diverse entità geomorfologiche e dove le loro reciproche relazioni topologiche sono definite in *modo univoco*. Uno schema classificatorio di questo tipo è rappresentato dal Progetto Europeo INSPIRE – *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (BERNARD *et alii*, 2005; CRAGLIA & ANNONI, 2007; MASSER, 2007).
- Realizzazione di una carta geomorfologica “tradizionale” mediante rilevamento sul terreno supportato e integrato dall’analisi di immagini telerilevate.
- Realizzazione di una carta litologica/litotecnica alla stessa scala di quella geomorfologica.
- Analisi su DEM ad alta risoluzione volte a suddividere l’area investigata in elementi morfometrici. Questi costituiranno il punto di partenza per costruire la base cartografica dell’elaborato, per la delimitazione delle forme e per la definizione dei loro rapporti topologici.
- Inserimento dei dati geomorfologici e litologici/litotecnici rilevati (o di quelli relativi a una carta litologica/litotecnica preesistente rilevata alla stessa scala) e dei dati morfometrici nel *database geomorfologico*.
- Confronto in ambiente GIS tra la carta geomorfologica e la base morfometrica al fine di definire con precisione i limiti delle entità poligonali rilevate, interpretando in chiave geomorfologica gli elementi topografici ivi distinti.
- Confronto in ambiente GIS tra la base morfometrica e la carta litologica/litotecnica al fine di precisarne i limiti.
- Confronto interpretativo in ambiente GIS tra la carta geomorfologica oggettivata su DEM e la base litologica/litotecnica rivista.
- Scomposizione, quando richiesto, delle *forme focali* rilevate alla scala del rilevamento (*scala focale*) utilizzando nuovi dati ottenuti da rilevamenti supplementari.
- Tutte le entità geomorfologiche rappresentate nella carta geomorfologica tradizionale debbono essere cartografate come poligoni, a meno che le dimensioni ridotte rispetto alla scala e la riproducibilità in piano non costringano a rappresentarle come linee o punti.

6. - REALIZZAZIONE GRAFICA DELLA NUOVA CARTA GEOMORFOLOGICA

6.1. - LE BASI TOPOGRAFICHE

Le basi topografiche per il rilevamento geomorfologico e la rappresentazione cartografica debbono essere riprodotte su proiezioni idonee in modo che le forme del rilievo non subiscano traslazioni o deformazioni. Una base topografica adeguata a produrre una cartografia geomorfologica al livello nazionale è rappresentata dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000 – 1:5.000 e relativi *geodatabase*, prodotti ai sensi del D.M. 11.11.2011 e Allegati.

Le scale del rilevamento (scala focale) e della rappresentazione possono ovviamente variare in funzione delle finalità del prodotto cartografico da realizzare.

6.2. - I DATI MORFOMETRICI

Come già accennato, l’elaborazione su DEM dei dati rilevati sul terreno, consentirà la rappresentazione “oggettiva” delle forme *s.l.*, le cui dimensioni, indipendentemente dal fatto che siano o meno riproducibili in carta come poligoni, debbono comunque essere trasferite nel

database. Più in generale, tutte le informazioni acquisite nel corso del rilevamento di terreno o estratte dal DEM con l'ausilio di specifici software, relative alle caratteristiche morfometriche del rilievo (acclività dei pendii, concavità e convessità verticali e orizzontali) e all'assetto geometrico del reticolo idrografico, sono inserite nel *database* e, ove necessario e possibile, riportate nella rappresentazione cartografica.

6.3. - UNITÀ E-SUB-UNITÀ TOPOGRAFICHE DI BASE E GEOMORFO-TOPOGRAFICHE

6.3.1. - Unità e Sub-Unità Topografiche di Base (UTB e SUT)

Alle scale grandi e medie meno generalizzate (1:5.000 - 1:50.000) l'intera area di studio viene preliminarmente scomposta in entità topografiche che rappresentano il livello di massima generalizzazione del rilievo (fig. 2). Queste entità, identificate come *Unità Topografiche di Base* (UTB), sono delimitate su DEM e su base topografica tramite il giudizio esperto del geomorfologo e, successivamente, digitalizzate e vettorializzate in ambiente GIS.

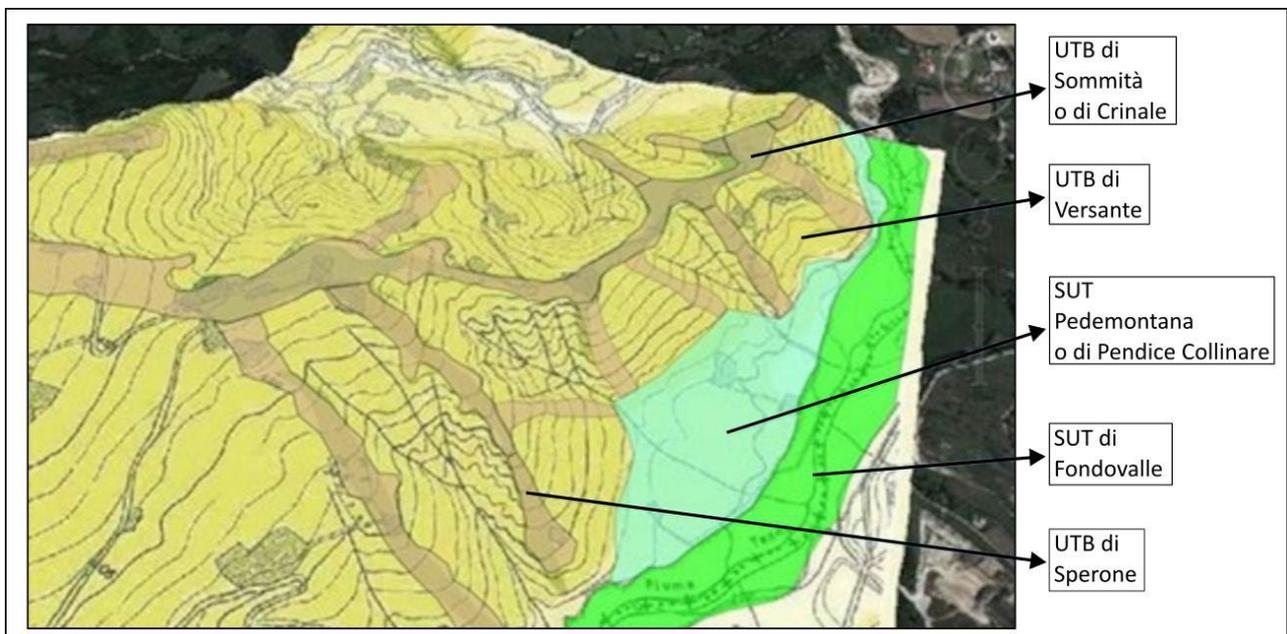


Fig. 2. - Unità e Sub-Unità Topografiche di Base.

Con riferimento a un tipico paesaggio a dominante modellamento erosivo, le UTB fondamentali che si ritiene opportuno cartografare sono:

- UTB di Sommità (*Summit*);
- UTB di Versante (*Hillslope*);
- UTB di Sperone o Crinale secondario (*Spur*);
- UTB di Pianura (*Plain*);
- UTB di Bacino Idrico (fiume, lago, stagno, acquitrino, laguna, mare, ghiacciaio).

Alle UTB possono associarsi alcune *Sub-Unità Topografiche di base* (SUT) quali, ad es.:

- SUT di Piana Confinata/Fondovalle;
- SUT Pedemontana, di raccordo tra l'UTB di Versante e l'UTB di Pianura;
- SUT di Fascia Costiera, di raccordo tra le UTB e le SUT precedenti e l'UTB di Bacino Idrico.

Le unità suddette possono essere definite con la supervisione di un geomorfologo esperto mediante la procedura proposta da WEISS (2001) per la classificazione semi-automatica dell'*indice di posizione*

topografica (WILSON & GALLANT, 2000), basata sulla differenza tra la quota di un punto e la media delle quote al suo intorno (VALIANTE, 2020; BUFALINI *et alii*, 2021).

6.3.2. - Unità Geomorfo-Topografiche di Base (UGT e SUGT)

Le UTB e le SUT potranno essere ulteriormente distinte e riportate in carta in relazione alla genesi (*fluviale, costiera, glaciale, tettonica, vulcanica, ecc.*) in *Unità Geomorfo-Topografiche di base* (UGT) e *Sub-Unità Geomorfo-Topografiche di base* (SUGT), rappresentandone il fondo con il colore prescelto per definirne il carattere morfogenetico dominante (tab. 4).

Tab. 4. - Esempio di legenda delle Unità e delle Sub-Unità Geomorfo-Topografiche di Base. Nel caso che gli agenti erosivi non siano determinati si applicano le gradazioni di colore della genesi fluviale.

UGT	GENESI				
	Fluviale	Costiera	Glaciale	Tettonica	Vulcanica
UGT di Sommità					
UGT di Sperone					
UGT di Versante					
SUGT Pedemontana					
SUGT di Fondovalle					

Nel caso in cui l'interpretazione genetica (fluviale, costiera e glaciale) delle UGT/SUGT risulti incerta è possibile distinguere più semplicemente la genesi in tre categorie (erosiva-deposizionale, tettonica e vulcanica). In questo caso l'UGT erosiva-deposizionale verrà riprodotta con i colori indicativi della genesi fluviale.

Unità morfometriche minori estratte dal DEM, quali creste affilate o arrotondate, picchi, ripiani, concavità e convessità verticali e orizzontali, sono inserite nel *database* e riportate in carta, sovrapposte alle UGT/SUGT e classificate in base alla genesi come avviene per queste ultime. Queste unità morfometriche in gran parte coincidono con le entità geomorfologiche rilevate (*forme focali, componenti ed elementi*).

Nella figura 3 sono esemplificate le diverse fasi di analisi e rappresentazione di un tratto di paesaggio compreso sul fianco di un sistema vallivo, dal *crinale* all'*alveo fluviale*, passando per il *versante*, alla cui base si sviluppa un *talus detritico*, e per il complesso dei *terrazzi alluvionali*.

6.4. - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE UNITÀ E DELLE SUB-UNITÀ GEOMORFO-TOPOGRAFICHE

Le *Unità Geomorfo-Topografiche di Sommità, di Versante e di Sperone*, e la *Sub-Unità Pedemontana* sono rappresentate in carta mediante poligoni con il perimetro di colore blu scuro e il fondo rappresentato da gradazioni di colore ad alta trasparenza, distinte in rapporto alla genesi. I colori da utilizzare per il fondo delle UGT/SUGT, presentati in tabella 4, potranno essere confermati o modificati al termine della sperimentazione del nuovo modello cartografico "a oggetti". Nel caso di UGT/SUGT suddivise in tre categorie (erosiva/deposizionale, tettonica e vulcanica), per la prima vengono usati i colori della genesi fluviale.

Le UGT di *Sommità* e le SUGT di *Sperone* affilate sono rappresentate con tratti lineari colorati in rapporto alla genesi, o blu nel caso di genesi indeterminata. Le superfici di spianamento sommitali sono rappresentate sovrapponendo all'UGT di *Sommità* una apposita retinatura a righe orizzontali colorate in rapporto all'agente genetico che le ha prodotte, o di colore blu nel caso di una genesi indeterminata. In tutti i casi, i colori genetici debbono essere riprodotti nella gradazione "attiva".

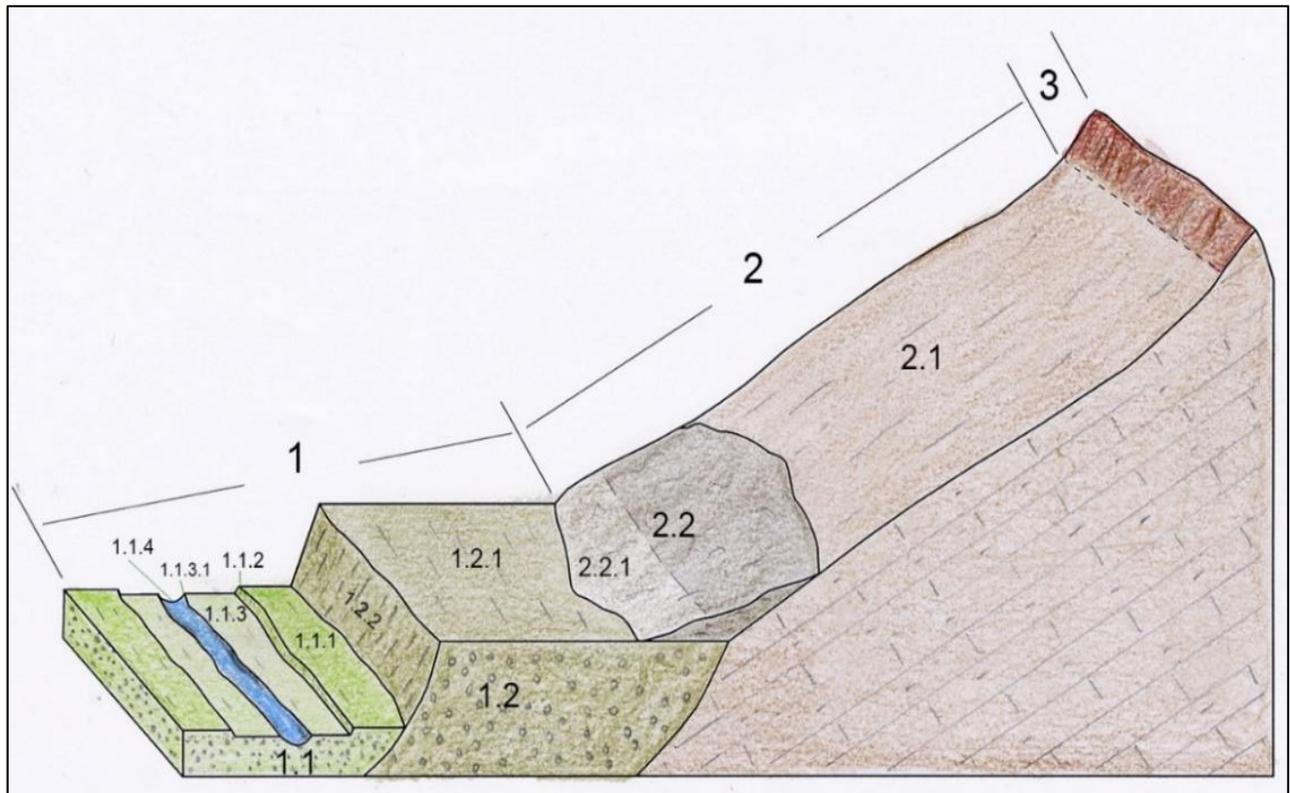


Fig. 3. - L'UGT Sommità fluvio-denudazionale (3) passa all'UGT Versante fluvio-denudazionale (2), in parte esposta (2.1) e in parte ricoperta da un talus detritico (2.2), il cui piede (2.2.1) ricopre la superficie (1.2.1) di un ripiano che rappresenta la superficie di un terrazzo alluvionale (1.2), parte delle UGT/SUGT Pianura/Piana confinata/Fondovalle (1) delimitata da una scarpata di erosione fluviale non attiva (1.2.2). L'UGT/SUGT Fondovalle (1) prosegue con l'insieme "terrazzo alluvionale recente e piana inondabile" (1.1) e, in particolare, con la superficie del terrazzo recente (1.1.1) delimitata da una scarpata di erosione attiva (1.1.2). La piana inondabile (1.1.3) è adiacente all'alveo (1.1.4) e ne è separata mediante la sponda (1.1.3.1) (mod. da DRAMIS et alii, 2011a).

Le rotture di pendio che delimitano le UGT e le SUGT e quelle minori presenti all'interno di queste, quando non appartenenti a entità geomorfologiche rilevate, sono rappresentate mediante simboli lineari distinti in base al tipo di rottura (convessa/concava; netta/graduale) e alla genesi (mediante i relativi colori di riferimento nella gradazione "attiva", blu se di origine erosiva indifferenziata, o marrone, se di natura tettonica o lito-strutturale) (tab. 5).

Tab. 5. - Rotture di pendio nelle Unità e Sub-Unità Geomorfo-Topografiche.

	Rotture di Pendio			
	Concava		Convessa	
	Netta	Smussata	Netta	Smussata
Strutturale				
Erosiva indifferenziata				

6.5. - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE FORME S.L. E DEI DEPOSITI ASSOCIATI

Le entità geomorfologiche (forme *s.l.*) rilevate da rappresentare sono distinte in base alla genesi mediante colori le cui gradazioni forniscono indicazioni sullo loro stato di attività, come avviene da tempo nella produzione scientifica italiana (PANIZZA, 1966, 1972; PELLEGRINI, 1975; PANIZZA & CARTON, 1976; DRAMIS *et alii*, 1979; GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA, 1986, 1995; DRAMIS & BISCI, 1998; REGIONE MARCHE, 2004; D'OREFICE *et alii*, 2009; D'OREFICE & GRACIOTTI, 2015, 2021). Gli stessi criteri sono stati applicati nella legenda geomorfologica CARG (BRANCACCIO *et alii*, 1994) e nella sua versione recentemente aggiornata dalla Commissione per la Cartografia Geomorfologica (CAMPOBASSO *et alii*, 2021). A quest'ultima si farà riferimento tenendo tuttavia presente che, a seconda della scala di rilevamento e delle dimensioni reali degli *oggetti* da rappresentare e delle finalità della ricerca, non tutti quelli elencati in legenda saranno presi in considerazione. Lo stesso elenco ha subito aggiunte e modifiche, soprattutto per quanto riguarda i *componenti* e gli *elementi*.

Tutte le entità geomorfologiche rilevate debbono essere cartografate come poligoni, a meno che le dimensioni ridotte rispetto alla scala e la riproducibilità in piano (ad esempio, scarpate ripide) non costringano a rappresentarle come linee o punti (le dimensioni reali delle forme rilevate vanno comunque inserite tra gli attributi nel *database*). I limiti dei poligoni potranno essere rappresentati da linee continue o tratteggiate (nel caso di definizione incerta). Nel caso di poligoni a contatto, il limite prenderà il colore dell'entità geomorfologica più recente.

I simboli puntuali vengono utilizzati solo in casi particolari (ad esempio, la presenza di un masso erratico, importante per definire il limite raggiunto da un ghiacciaio, o in bilico e prossimo a cadere). Più in generale, le entità geomorfologiche particolarmente importanti sotto l'aspetto applicativo (*precursori di pericolosità geomorfologiche*) debbono essere comunque riportate sulla carta, anche se non in scala.

6.5.1. - Forme antropiche

Le forme antropiche *s.l.* sono rappresentate da poligoni a fondo bianco e contorno *nero* con eventuali campiture dello stesso colore, o da simboli lineari e puntuali anch'essi di colore nero, sovrapposti all'UGT/SUGT sottostante.

6.5.2. - Forme connesse alla dinamica endogena

6.5.2.1. - Forme tettoniche

Le *forme tettoniche s.l.* sono rappresentate da poligoni a contorno *marrone scuro* con eventuali campiture dello stesso colore e fondo con il colore delle UGT tettoniche, o da simboli lineari anch'essi di colore *marrone scuro*.

Informazioni sull'attività recente debbono essere riportate tra gli attributi nel *database*.

6.5.2.2. - Forme vulcaniche

Le *forme vulcaniche s.l.* sono rappresentate da poligoni a contorno *lilla* con eventuali sovrassegni dello stesso colore e fondo con il colore delle UGT vulcaniche, o da simboli lineari e puntuali anch'essi di colore *lilla*. Retinature possono fornire informazioni sulla natura dei materiali eruttati (lave, depositi piroclastici, depositi idrotermali, ecc.).

Informazioni sullo stato di attività e su eventi eruttivi datati vanno riportati tra gli attributi nel *database*.

6.5.3. - *Forme s.l. connesse alla dinamica esogena e depositi associati*

6.5.3.1. - *Forme gravitative s.l.*

Le *forme di erosione e di deformazione* sono rappresentate con poligoni a contorno con tonalità del colore rosso in rapporto allo stato di attività o da simboli lineari e puntuali dello stesso colore; le *forme di accumulo* sono rappresentate da poligoni a contorno colorato su fondo bianco o su quello delle UGT/SUGT sottostanti (nel caso di spessori inferiori a 1 m) e campiture differenti in rapporto ai caratteri morfoscopici e granulometrici dei depositi. Dati relativi a eventi gravitativi rilevanti avvenuti in passato vanno inseriti tra gli attributi nel *database*.

6.5.3.2. - *Forme s.l. fluviali, fluvioglaciali, di dilavamento, glaciali, periglaciali, carsiche, eoliche, costiere, di altra genesi*

Le *forme di erosione* sono rappresentate da poligoni a contorno di colore diverso in rapporto alla genesi e allo stato di attività, o da simboli lineari o puntuali dello stesso colore su fondo dell'UGT o della SUGT.

Le *forme di accumulo* sono rappresentate da un poligono a contorno colorato in relazione alla genesi e allo stato di attività il cui perimetro circonda campiture dello stesso colore, rappresentative dei caratteri granulometrici dei depositi sottesi (tab. 6), su fondo bianco se i depositi presentano spessori superiori a 1 m, o del colore dell'UGT/SUGT sottostante, se sono meno spessi. Qualora lo spessore sia inferiore a 30 cm, i depositi non vengono rappresentati in carta e riportati solo nel *database* a meno di un particolare significato geomorfologico come, ad esempio, un sottile livello di ciottoli, testimoni di un deposito alluvionale terrazzato.

Tab. 6. - Simbologia delle granulometrie prevalenti dei depositi (cfr. Quaderno n.13, Fascicolo I).

Classi granulometriche	Deposito sciolto	Deposito cementato
Massi		
Ciottoli		
Ghiaia		
Sabbia		
Limo e Argilla		

In tutti i casi, l'analisi e la rappresentazione cartografica dei depositi che compongono le forme di accumulo dovranno tenere conto di come gli stessi sono riprodotti nella cartografia geologica presente nel *database*.

6.5.3.3. - *Forme lito-strutturali s.l.*

Le *forme di erosione controllate dalla struttura (forme lito-strutturali)* sono rappresentate mediante poligoni colorati in relazione all'agente genetico che le ha prodotte con la sovrapposizione

di un'apposita retinatura colorata in *marrone chiaro* o da simboli lineari dello stesso colore affiancati da altri col colore dell'agente genetico.

6.5.4. - Depositi superficiali non sottesi da forme di accumulo

I depositi superficiali non sottesi da forme di accumulo vengono rappresentati con gli stessi criteri genetici di queste ultime, come poligoni delimitati da linee a tratto e punti e simboli e retini colorati in rapporto all'agente genetico principale, su fondo bianco se lo spessore è maggiore di 1 m, o sul fondo del colore della sottostante unità UGT/SUGT, se lo stesso è inferiore a 1 m. I depositi superficiali con spessore inferiore di 30 cm non sono generalmente rappresentati, a meno che non abbiano un significato particolare.

Come accennato in precedenza, l'analisi e la rappresentazione di questi depositi dovranno tener conto di come gli stessi sono riprodotti nella cartografia geologica presente nel *database*.

6.6. - GLI INDICATORI

Gli indicatori sono riportati in carta come linee continue o variamente tratteggiate di colore *magenta-viola*, o simboli puntuali le cui informazioni associate vanno comunque riportate nel *database*.

6.7. - GEOLOGIA DEL SUBSTRATO

Questa informazione è contenuta in un livello a parte relazionabile con il *database* associato alla carta geomorfologica. Per particolari usi applicativi, le litologie presenti nel *database* in uno specifico livello informatizzato possono essere rappresentate in modo esplicito, in sostituzione delle UGT/SUGT.

7. - MODELLO SPERIMENTALE DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA A “OGGETTI”: BANCA DATI

La struttura della banca dati predisposta per il modello di cartografia geomorfologica a “oggetti” (tab. 7) segue la stessa impostazione di quella elaborata per il progetto CARG (Quaderno n. 13, Fascicolo I, ver. 2.0; CAMPOBASSO *et alii*, 2021). Essa comprende sei strati principali, relativi rispettivamente alla litologia del substrato (fig. 4), alla litologia dei depositi superficiali (fig. 4), alle unità/sub-unità geomorfo-topografiche e ai dati morfometrici (fig. 5), alle forme naturali (fig. 6), alle forme antropiche (fig. 7) e agli indicatori (fig. 8), oltre a uno strato di dati accessori (fig. 9) contenente le informazioni cartografiche di base (idrografia, linee di riva, limiti amministrativi, Fogli o Sezioni IGM, etc.).

L'ulteriore organizzazione delle tabelle segue un'articolazione puramente geometrica, distinguendo per le due macrocategorie, gli elementi che possono essere cartografati con una geometria areale, lineare o puntuale.

Tab. 7 - Struttura preliminare della banca dati geomorfologica a “oggetti”.

	Strato	Descrizione	Geometria
Geologia	050	Litologia-tettonica del substrato	Polygon Polyline
	051	Litologia dei depositi superficiali	Polygon
Geomorfologia	052	Entità geomorfologiche di origine naturale	Polygon
			Polyline
			Point
	053	Entità geomorfologiche di origine antropica	Polygon
			Polyline
			Point
054	Indicatori	Polygon	
		Polyline	
		Point	
Topografia	055	Dati morfometrici (UTB/SUTB; UGT/SUGT)	Polygon Polyline

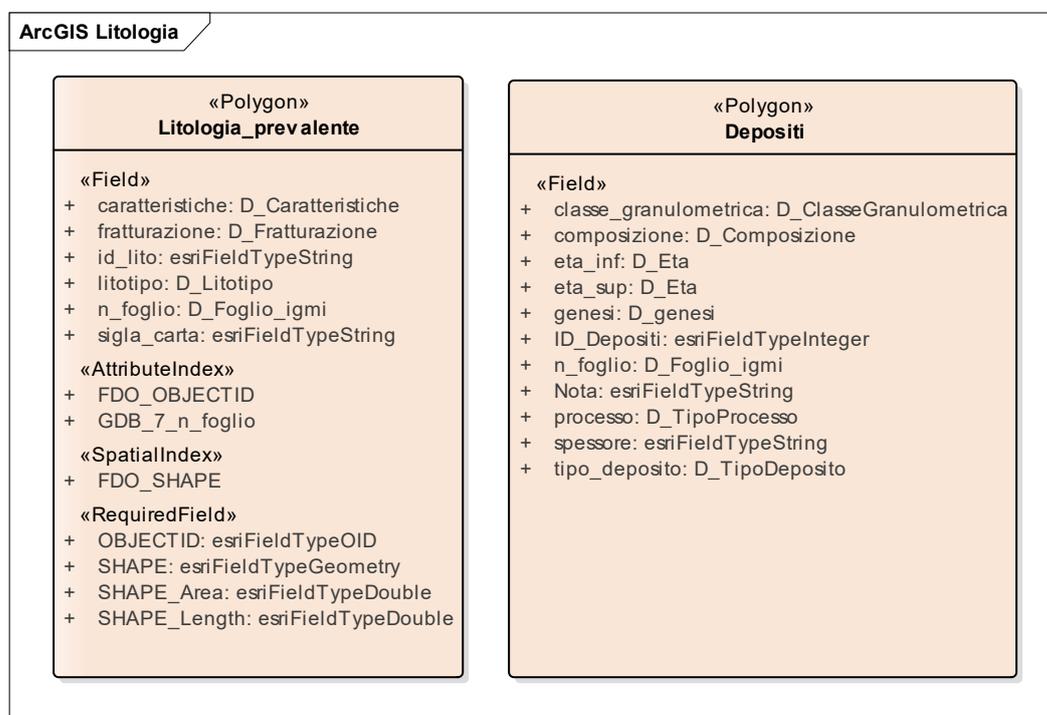


Fig. 4. - Struttura dello schema degli strati relativi ai dati litologici del substrato (cfr. Quaderno n. 13, Fascicolo I).

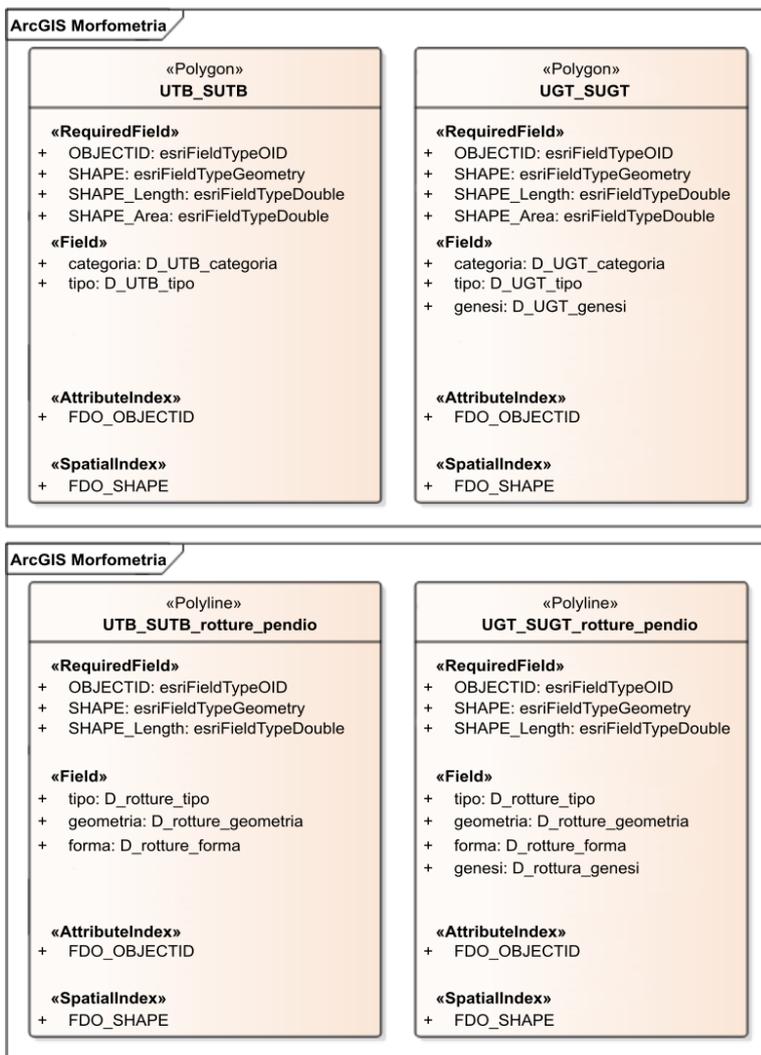


Fig. 5. - Struttura dello schema relativo ai dati morfometrici.

ArcGIS Forme_naturali	«Point» Forme_puntuali	«Polyline» Forme_lineari	«Polygon» Forme_areali
	<p>«RequiredField»</p> <ul style="list-style-type: none"> + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry <p>«Field»</p> <ul style="list-style-type: none"> + id_forma: esriFieldTypeString + n_foglio: D_Foglio_igmi + sigla: D_Sigla_forma + strato_carg: esriFieldTypeString + sigla_carg: esriFieldTypeString + attivita: D_Activita + eta: D_Eta + geomorfosito: D_tipo_geositi + data_ril: esriFieldTypeString + note_di_campagna: esriFieldTypeString + altezza: esriFieldTypeString + altezza_min: esriFieldTypeString + altezza_max: esriFieldTypeString + lunghezza: esriFieldTypeString + lunghezza_min: esriFieldTypeString + lunghezza_max: esriFieldTypeString + larghezza: esriFieldTypeString + larghezza_min: esriFieldTypeString + larghezza_max: esriFieldTypeString + profondita: esriFieldTypeString + profondita_min: esriFieldTypeString + profondita_max: esriFieldTypeString + volume_min: esriFieldTypeString + volume_max: esriFieldTypeString + pendenza: esriFieldTypeString + pendenza_min: esriFieldTypeString + pendenza_max: esriFieldTypeString + monitoraggio: D_SiNo = No + descrizione_mo: esriFieldTypeString + opere: D_SiNo = No + descrizione_op: esriFieldTypeString + caratt_chimico_fisiche: D_SiNo = No + descrizione_ca: esriFieldTypeString + copertura_vegetale: D_SiNo = No + descrizione_co: esriFieldTypeString + caratt_idrogeo: D_SiNo = No + descrizione_id: esriFieldTypeString + caratt_antropiche: D_SiNo = No + descrizione_an: esriFieldTypeString + caratt_litologiche: D_SiNo = No + descrizione_lito: esriFieldTypeString + latitudine_gps: esriFieldTypeString + longitudine_gps: esriFieldTypeString + quota: esriFieldTypeString + quota_min: esriFieldTypeString + quota_max: esriFieldTypeString <p>«AttributeIndex»</p> <ul style="list-style-type: none"> + FDO_OBJECTID + GDB_23_n_foglio + GDB_23_sigla <p>«SpatialIndex»</p> <ul style="list-style-type: none"> + FDO_SHAPE 	<p>«RequiredField»</p> <ul style="list-style-type: none"> + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry + SHAPE_Length: esriFieldTypeDouble <p>«Field»</p> <ul style="list-style-type: none"> + id_forma: esriFieldTypeString + n_foglio: D_Foglio_igmi + sigla: D_Sigla_forma + strato_carg: esriFieldTypeString + sigla_carg: esriFieldTypeString + attivita: D_Activita + eta: D_Eta + geomorfosito: D_tipo_geositi + data_ril: esriFieldTypeString + note_di_campagna: esriFieldTypeString + altezza: esriFieldTypeString + altezza_min: esriFieldTypeString + altezza_max: esriFieldTypeString + lunghezza: esriFieldTypeString + lunghezza_min: esriFieldTypeString + lunghezza_max: esriFieldTypeString + larghezza: esriFieldTypeString + larghezza_min: esriFieldTypeString + larghezza_max: esriFieldTypeString + profondita: esriFieldTypeString + profondita_min: esriFieldTypeString + profondita_max: esriFieldTypeString + volume: esriFieldTypeString + volume_min: esriFieldTypeString + volume_max: esriFieldTypeString + pendenza: esriFieldTypeString + pendenza_min: esriFieldTypeString + pendenza_max: esriFieldTypeString + monitoraggio: D_SiNo = No + descrizione_mo: esriFieldTypeString + opere: D_SiNo = No + descrizione_op: esriFieldTypeString + caratt_chimico_fisiche: D_SiNo = No + descrizione_ca: esriFieldTypeString + copertura_vegetale: D_SiNo = No + descrizione_co: esriFieldTypeString + caratt_idrogeo: D_SiNo = No + descrizione_id: esriFieldTypeString + caratt_antropiche: D_SiNo = No + descrizione_an: esriFieldTypeString + caratt_litologiche: D_SiNo = No + descrizione_lito: esriFieldTypeString <p>«AttributeIndex»</p> <ul style="list-style-type: none"> + FDO_OBJECTID + GDB_22_n_foglio + GDB_22_sigla <p>«SpatialIndex»</p> <ul style="list-style-type: none"> + FDO_SHAPE 	<p>«RequiredField»</p> <ul style="list-style-type: none"> + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry + SHAPE_Length: esriFieldTypeDouble + SHAPE_Area: esriFieldTypeDouble <p>«Field»</p> <ul style="list-style-type: none"> + id_forma: esriFieldTypeString + n_foglio: D_Foglio_igmi + sigla: D_Sigla_forma + strato_carg: esriFieldTypeString + sigla_carg: esriFieldTypeString + attivita: D_Activita + eta: D_Eta + geomorfosito: D_tipo_geositi + data_ril: esriFieldTypeString + note_di_campagna: esriFieldTypeString + altezza: esriFieldTypeString + altezza_min: esriFieldTypeString + altezza_max: esriFieldTypeString + lunghezza: esriFieldTypeString + lunghezza_min: esriFieldTypeString + lunghezza_max: esriFieldTypeString + larghezza: esriFieldTypeString + larghezza_min: esriFieldTypeString + larghezza_max: esriFieldTypeString + profondita: esriFieldTypeString + profondita_min: esriFieldTypeString + profondita_max: esriFieldTypeString + volume: esriFieldTypeString + volume_min: esriFieldTypeString + volume_max: esriFieldTypeString + pendenza: esriFieldTypeString + pendenza_min: esriFieldTypeString + pendenza_max: esriFieldTypeString + monitoraggio: D_SiNo = No + descrizione_mo: esriFieldTypeString + opere: D_SiNo = No + descrizione_op: esriFieldTypeString + caratt_chimico_fisiche: D_SiNo = No + descrizione_ca: esriFieldTypeString + copertura_vegetale: D_SiNo = No + descrizione_co: esriFieldTypeString + caratt_idrogeo: D_SiNo = No + descrizione_id: esriFieldTypeString + caratt_antropiche: D_SiNo = No + descrizione_an: esriFieldTypeString + caratt_litologiche: D_SiNo = No + descrizione_lito: esriFieldTypeString <p>«AttributeIndex»</p> <ul style="list-style-type: none"> + FDO_OBJECTID + GDB_13_n_foglio + GDB_13_sigla <p>«SpatialIndex»</p> <ul style="list-style-type: none"> + FDO_SHAPE

Fig. 6. - Struttura dello schema Forme Naturali (cfr. Quaderno n. 13, Fascicolo I).

ArcGIS Forme_antropiche		
«Point» Antropiche_puntuali	«Polyline» Antropiche_lineari	«Polygon» Antropiche_areali
«RequiredField» + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry «Field» + id_forma: esriFieldTypeString + n_foglio: D_Foglio_igmi + sigla: D_Sigla_forma_antro + strato_carg: esriFieldTypeString + sigla_carg: esriFieldTypeString + attivita: D_Attivita + eta: D_Eta + geomorfosito: D_tipo_geosti + data_ril: esriFieldTypeString + note_di_campagna: esriFieldTypeString + altezza: esriFieldTypeString + altezza_min: esriFieldTypeString + altezza_max: esriFieldTypeString + lunghezza_min: esriFieldTypeString + lunghezza_max: esriFieldTypeString + larghezza_min: esriFieldTypeString + larghezza_max: esriFieldTypeString + profondita: esriFieldTypeString + profondita_min: esriFieldTypeString + profondita_max: esriFieldTypeString + volume: esriFieldTypeString + volume_min: esriFieldTypeString + volume_max: esriFieldTypeString + pendenza: esriFieldTypeString + pendenza_min: esriFieldTypeString + pendenza_max: esriFieldTypeString + monitoraggio: D_SiNo = No + descrizione_mo: esriFieldTypeString + opere: D_SiNo = No + descrizione_op: esriFieldTypeString + caratt_chimico_fisiche: D_SiNo = No + descrizione_ca: esriFieldTypeString + copertura_vegetale: D_SiNo = No + descrizione_co: esriFieldTypeString + caratt_idrogeo: D_SiNo = No + descrizione_id: esriFieldTypeString + caratt_antropiche: D_SiNo = No + descrizione_an: esriFieldTypeString + caratt_litologiche: D_SiNo = No + descrizione_lito: esriFieldTypeString + latitudine_gps: esriFieldTypeString + longitudine_gps: esriFieldTypeString + quota: esriFieldTypeString + quota_min: esriFieldTypeString + quota_max: esriFieldTypeString «AttributeIndex» + FDO_OBJECTID + GDB_21_n_foglio + GDB_21_sigla «SpatialIndex» + FDO_SHAPE	«RequiredField» + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry + SHAPE_Length: esriFieldTypeDouble «Field» + id_forma: esriFieldTypeString + n_foglio: D_Foglio_igmi + sigla: D_Sigla_forma_antro + strato_carg: esriFieldTypeString + sigla_carg: esriFieldTypeString + attivita: D_Attivita + eta: D_Eta + geomorfosito: D_tipo_geosti + data_ril: esriFieldTypeString + note_di_campagna: esriFieldTypeString + altezza: esriFieldTypeString + altezza_min: esriFieldTypeString + altezza_max: esriFieldTypeString + lunghezza_min: esriFieldTypeString + lunghezza_max: esriFieldTypeString + larghezza_min: esriFieldTypeString + larghezza_max: esriFieldTypeString + profondita: esriFieldTypeString + profondita_min: esriFieldTypeString + profondita_max: esriFieldTypeString + volume: esriFieldTypeString + volume_min: esriFieldTypeString + volume_max: esriFieldTypeString + pendenza: esriFieldTypeString + pendenza_min: esriFieldTypeString + pendenza_max: esriFieldTypeString + monitoraggio: D_SiNo = No + descrizione_mo: esriFieldTypeString + opere: D_SiNo = No + descrizione_op: esriFieldTypeString + caratt_chimico_fisiche: D_SiNo = No + descrizione_ca: esriFieldTypeString + copertura_vegetale: D_SiNo = No + descrizione_co: esriFieldTypeString + caratt_idrogeo: D_SiNo = No + descrizione_id: esriFieldTypeString + caratt_antropiche: D_SiNo = No + descrizione_an: esriFieldTypeString + caratt_litologiche: D_SiNo = No + descrizione_lito: esriFieldTypeString «AttributeIndex» + FDO_OBJECTID + GDB_20_n_foglio + GDB_20_sigla «SpatialIndex» + FDO_SHAPE	«RequiredField» + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry + SHAPE_Length: esriFieldTypeDouble + SHAPE_Area: esriFieldTypeDouble «Field» + id_forma: esriFieldTypeString + n_foglio: D_Foglio_igmi + sigla: D_Sigla_forma_antro + strato_carg: esriFieldTypeString + sigla_carg: esriFieldTypeString + attivita: D_Attivita + eta: D_Eta + geomorfosito: D_tipo_geosti + data_ril: esriFieldTypeString + note_di_campagna: esriFieldTypeString + altezza: esriFieldTypeString + altezza_min: esriFieldTypeString + altezza_max: esriFieldTypeString + lunghezza_min: esriFieldTypeString + lunghezza_max: esriFieldTypeString + larghezza_min: esriFieldTypeString + larghezza_max: esriFieldTypeString + profondita: esriFieldTypeString + profondita_min: esriFieldTypeString + profondita_max: esriFieldTypeString + volume: esriFieldTypeString + volume_min: esriFieldTypeString + volume_max: esriFieldTypeString + pendenza: esriFieldTypeString + pendenza_min: esriFieldTypeString + pendenza_max: esriFieldTypeString + monitoraggio: D_SiNo = No + descrizione_mo: esriFieldTypeString + opere: D_SiNo = No + descrizione_op: esriFieldTypeString + caratt_chimico_fisiche: D_SiNo = No + descrizione_ca: esriFieldTypeString + copertura_vegetale: D_SiNo = No + descrizione_co: esriFieldTypeString + caratt_idrogeo: D_SiNo = No + descrizione_id: esriFieldTypeString + caratt_antropiche: D_SiNo = No + descrizione_an: esriFieldTypeString + caratt_litologiche: D_SiNo = No + descrizione_lito: esriFieldTypeString «AttributeIndex» + FDO_OBJECTID + GDB_19_n_foglio + GDB_19_sigla «SpatialIndex» + FDO_SHAPE

Fig. 7. - Struttura dello schema Forme Antropiche (cfr. Quaderno n. 13, Fascicolo I).

ArcGIS Altri_simboli		
«Point» indicatori_puntuali	«Polyline» indicatori_lineari	«Polygon» indicatori_areali
«RequiredField» + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry «Field» + n_foglio: D_Foglio_igmi + genesi: D_genesi + sigla: D_Sigla_indicatori + data_ril: esriFieldTypeString «AttributeIndex» + FDO_OBJECTID + GDB_30_n_foglio «SpatialIndex» + FDO_SHAPE	«RequiredField» + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry + SHAPE_Length: esriFieldTypeDouble «Field» + n_foglio: D_Foglio_igmi + genesi: D_genesi + sigla: D_Sigla_indicatori + data_ril: esriFieldTypeString «AttributeIndex» + FDO_OBJECTID + GDB_29_n_foglio «SpatialIndex» + FDO_SHAPE	«RequiredField» + OBJECTID: esriFieldTypeOID + SHAPE: esriFieldTypeGeometry + SHAPE_Length: esriFieldTypeDouble + SHAPE_Area: esriFieldTypeDouble «Field» + n_foglio: D_Foglio_igmi + genesi: D_genesi + sigla: D_Sigla_indicatori + data_ril: esriFieldTypeString «AttributeIndex» + FDO_OBJECTID + GDB_25_n_foglio «SpatialIndex» + FDO_SHAPE

Fig. 8. - Struttura dello schema Indicatori (cfr. Quaderno n. 13, Fascicolo I).

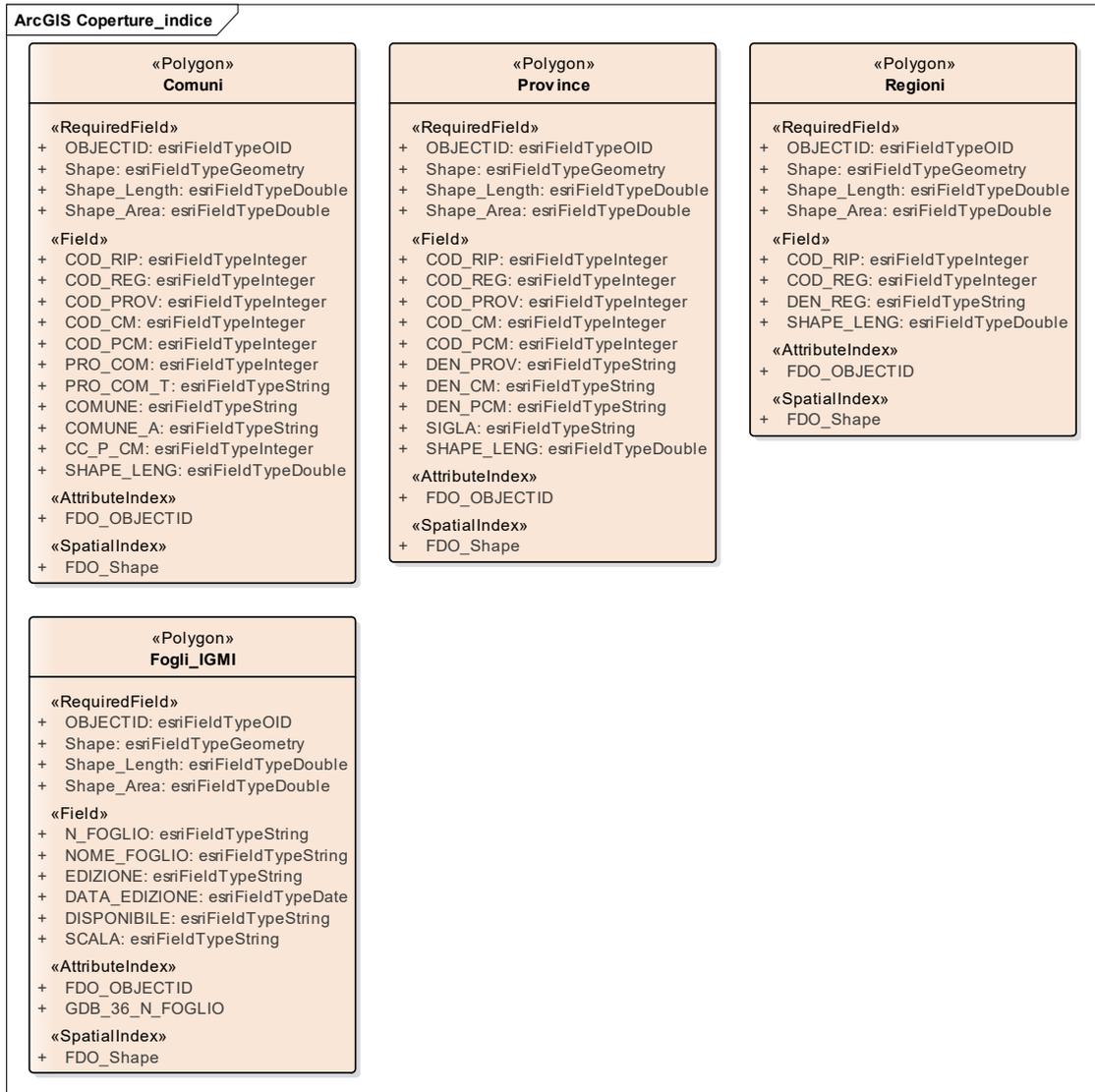


Fig. 9. - Struttura dello schema Dati Accessori (cfr. Quaderno n. 13, Fascicolo I).

La figura 10 e la tabella 8 mostrano un esempio di informatizzazione relativo a processi gravitativi sia in termini grafici (in questo caso la simbologia non è orientata) sia tabellari. Questo esempio non è derivato da un nuovo rilevamento di campo, ma è relativo ad una traduzione cartografica della Carta Inventario delle Frane allegata al Piano Stralcio 2012 per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sinistra Sele, poi accorpata in Campania Sud e attualmente ricompresa nell'Autorità di Distretto dell'Appennino Meridionale.

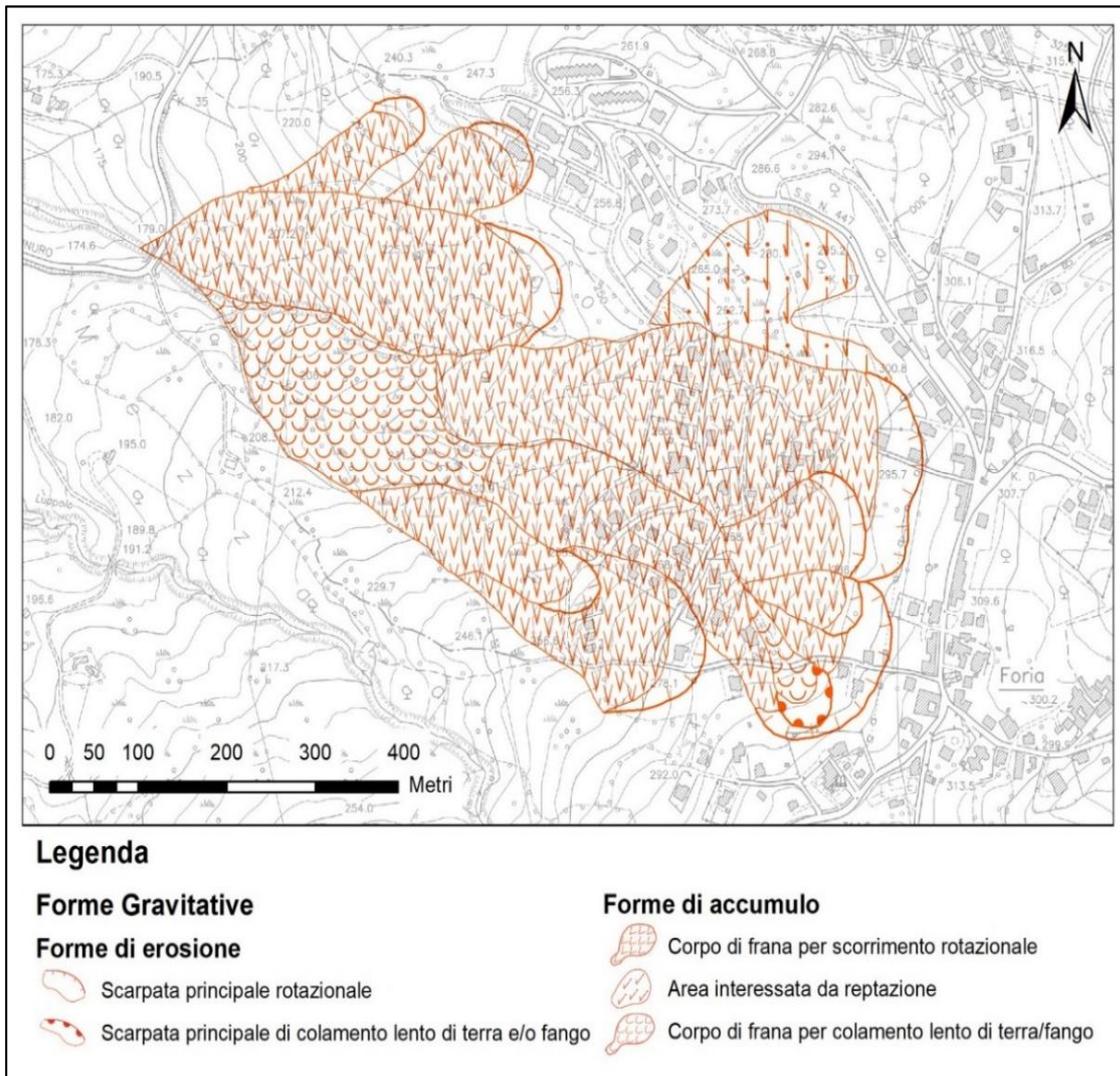


Fig. 10. - Esempio cartografico di forme gravitative, tratto dalla Carta inventario delle frane allegata al Piano Stralcio 2012 per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Sinistra Sele (AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE, 2017).

Tab. 8 - Esempio di tabella contenente i dati relativi alla figura 10 (AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE, 2017).

OBJECTID*	SHAPE*	id forma	n foglio*	sigla*	strato_geo	sigla_cara	attivit	eta	geomorfosito	data ril	note di campagna
1	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
2	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
3	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
4	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
5	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
6	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
7	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
8	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
9	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
10	Polygon	1.2.2.1.22.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per scorrimento rotazionale	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
11	Polygon	1.2.2.1.21.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per colamento lento di terra/fango	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
12	Polygon	1.2.2.1.21.0	CAPO PALINURO	Corpo di frana per colamento lento di terra/fango	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
13	Polygon	1.2.2.1.18	CAPO PALINURO	Area interessata da reptazione	ST011polygon	GSO	Attivo	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
14	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
15	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
16	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
17	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
18	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
19	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
20	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
21	Polygon	1.2.2.1.12.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale di colamento lento di terra e/o fango	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
22	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>
23	Polygon	1.2.2.1.1.0	CAPO PALINURO	Scarpata principale rotazionale/traslativo	ST011polygon	GSO	Tempo di ritorno	Attuale	<Null>	data PSAI	<Null>

APPENDICE

1. - CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA “OGGETTI”: MODELLO FISICO SPERIMENTALE DELLA BANCA DATI

Il modello fisico della banca dati è stato strutturato, in forma sperimentale, attraverso l’uso del *Geodatabase* ESRI. Tale software non supporta funzioni di ereditarietà, pertanto si avrà una sola tabella per ogni livello gerarchico (fig. A1). Per la definizione delle sottoclassi dei vari livelli gerarchici sono stati utilizzati i “*subtypes*”. Tuttavia, sono in via di sviluppo modelli fisici *open source*.

I dataset dei vari livelli gerarchici sono legati tra loro da relazioni di appartenenza. Ad esempio, tra frane e complessi di frane si ha una relazione 1:1 in quanto una frana può far parte al massimo di un complesso; tra complessi e frane si ha una relazione 1:molti in quanto un complesso deve contenere almeno 2 frane.

Il *geodatabase* attualmente disponibile è strutturato in “*feature datasets*” che ricalcano la struttura a strati del Progetto CARG (Quaderno 13, Fascicolo 1). Nell’esempio di figura A1 abbiamo il *feature dataset* relativo allo strato 52 avente la codifica gerarchica 01 (forme naturali), 02 (dinamica esogena), 02 (forme gravitative).

I *feature datasets* contengono a loro volta le *feature* relative ai livelli gerarchici di quel dominio di processi. Nell’esempio di figura A1 abbiamo le gerarchie relative ai processi gravitativi, ovvero

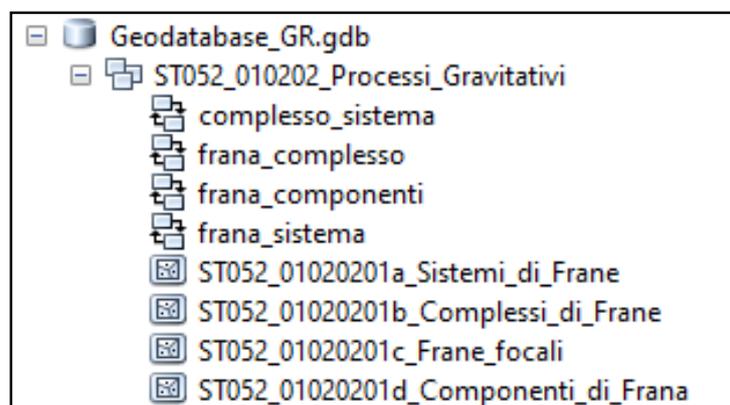


Fig. A1. - Struttura del modello orientato agli oggetti per i processi gravitativi nel Geodatabase ESRI.

i sistemi di frane, i complessi di frane, le frane focali e le componenti di frana. Ulteriori *features* possono essere predisposti per livelli di dettaglio crescenti (elementi di componente di frana, indicatori cinematici).

1.2. - SISTEMI DI FRANE

La tabella dei sistemi di frane è composta dai seguenti attributi:

- Attributi ad inserimento automatico
 - OBJECTID (Object ID): identificativo numerico intero progressivo univoco dei record
 - SHAPE (geometria): tipo di geometria
 - SHAPE_length (numero reale): lunghezza del perimetro della geometria
 - SHAPE_area (numero reale): area della geometria.
- Attributi ad inserimento manuale
 - Identificativo (testo): identificativo alfanumerico univoco del sistema di frane
 - Descrizione (testo): eventuale descrizione del record.

Inoltre, la tabella dei sistemi di frane è caratterizzata dalle seguenti relazioni:

- sistema_complessi (1:molti): relazione che lega il sistema di frane ai complessi che lo compongono
- sistema_frane (1:molti): relazione che lega il sistema di frane alle frane focali che lo compongono.

In figura A2 è riportato un esempio di sistema di frane.

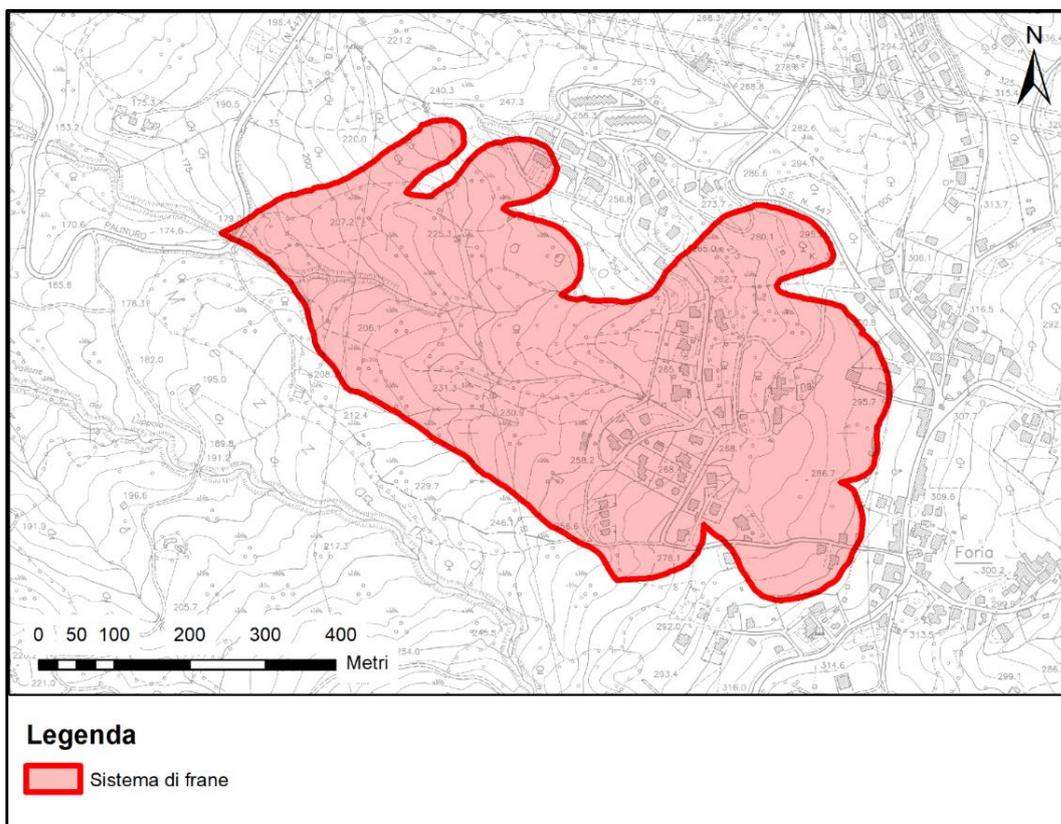


Fig. A2. - Esempio di Sistema di frane.

1.3. - COMPLESSI DI FRANE

La tabella dei complessi di frane è composta dai seguenti attributi:

- Attributi ad inserimento automatico
 - OBJECTID (Object ID): identificativo numerico intero progressivo univoco dei record
 - SHAPE (geometria): tipo di geometria
 - SHAPE_length (numero reale): lunghezza del perimetro della geometria
 - SHAPE_area (numero reale): area della geometria.
- Attributi ad inserimento manuale
 - Sottoclasse (Long integer): identificativo della sottoclasse di complesso di frane (tab. 1)
 - Identificativo (testo): identificativo alfanumerico univoco del complesso di frane
 - Descrizione (testo): eventuale descrizione del record
 - Sistema (long integer): eventuale Object ID del Sistema di frane di appartenenza.

Inoltre, la tabella dei complessi di frane è caratterizzata dalle seguenti relazioni:

- complesso_sistema (1:1): relazione che lega il complesso di frane al sistema di cui fa parte
- complesso_frane (1:molti): relazione che lega il complesso di frane alle frane focali che lo compongono

In figura A3 è riportato un esempio di complesso di frane, ricompreso nel perimetro del sistema di appartenenza (vedi fig. A2).

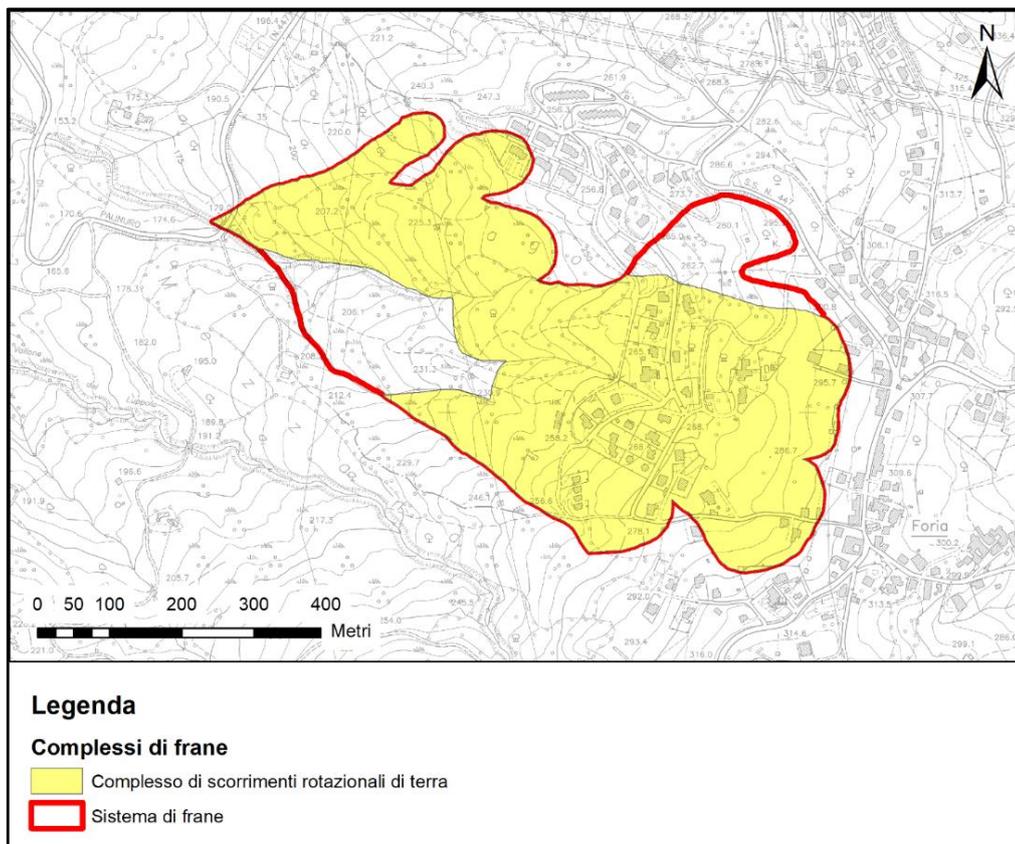


Fig. A3 - Esempio di Complesso di frane.

1.4. - FRANE FOCALI

La tabella delle frane focali è composta dai seguenti attributi:

- Attributi ad inserimento automatico
 - OBJECTID (Object ID): identificativo numerico intero progressivo univoco dei record
 - SHAPE (geometria): tipo di geometria
 - SHAPE_lenght (numero reale): lunghezza del perimetro della geometria
 - SHAPE_area (numero reale): area della geometria
- Attributi ad inserimento manuale
 - Sottoclasse (Long integer): identificativo della sottoclasse di frana (tab. 1)
 - Identificativo (testo): identificativo alfanumerico univoco della frana
 - Mov2 (testo): tipologia secondaria di movimento (tab. 1), qualsiasi valore è accettato
 - Stato_att (testo): stato di attività della frana (stesso dominio della struttura già predisposta da ISPRA)
 - Descrizione (testo): eventuale descrizione del record
 - Complesso (long integer): eventuale Object ID del Complesso di frane di appartenenza
 - Sistema (long integer): eventuale Object ID del Sistema di frane di appartenenza.

Inoltre, la tabella delle frane focali è caratterizzata dalle seguenti relazioni:

- frana_sistema (1:1): relazione che lega la frana al sistema di cui eventualmente fa parte
- frana_complesso (1:1): relazione che lega la frana al complesso di cui eventualmente fa parte

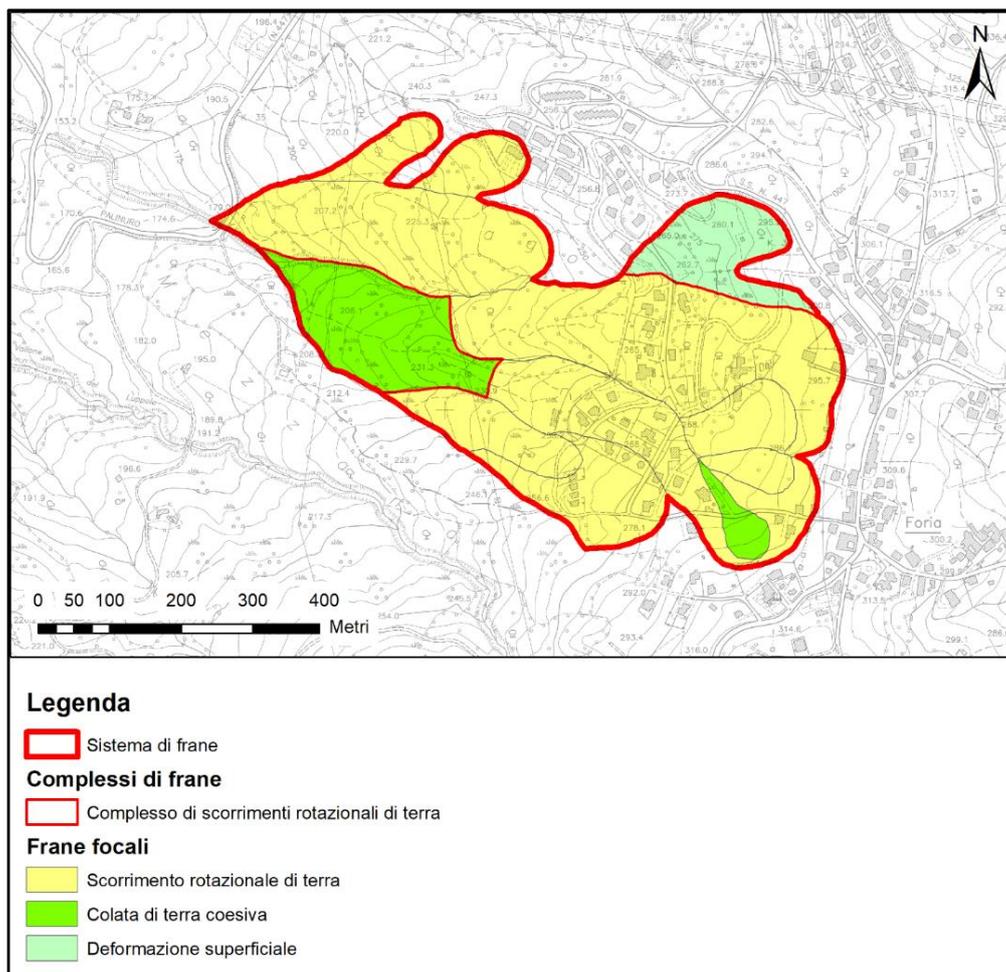


Fig. A4. - Esempio di Frane focali.

- frana_componenti (1:molti): relazione che lega la frana focale alle componenti che la compongono.

In figura A4 è riportato un esempio di frane focali, ricompreso nel perimetro del sistema di appartenenza (vedi fig. A2).

1.5. - COMPONENTI DI FRANA

La tabella delle componenti di frana è composta dai seguenti attributi:

- Attributi ad inserimento automatico
 - OBJECTID (Object ID): identificativo numerico intero progressivo univoco dei record
 - SHAPE (geometria): tipo di geometria
 - SHAPE_lenght (numero reale): lunghezza del perimetro della geometria
 - SHAPE_area (numero reale): area della geometria
- Attributi ad inserimento manuale
 - Sottoclasse (Long integer): identificativo della sottoclasse di componente frana (tab. 1)
 - Frana (long integer): Object ID della frana di appartenenza

Inoltre, la tabella delle componenti di frana è caratterizzata dalle seguenti relazioni:

- componente_frana (1:1): relazione che lega la componente alla frana di cui fa parte.

In figura A5 sono riportati diversi esempi di componenti di frana relativi allo stesso sistema di appartenenza.

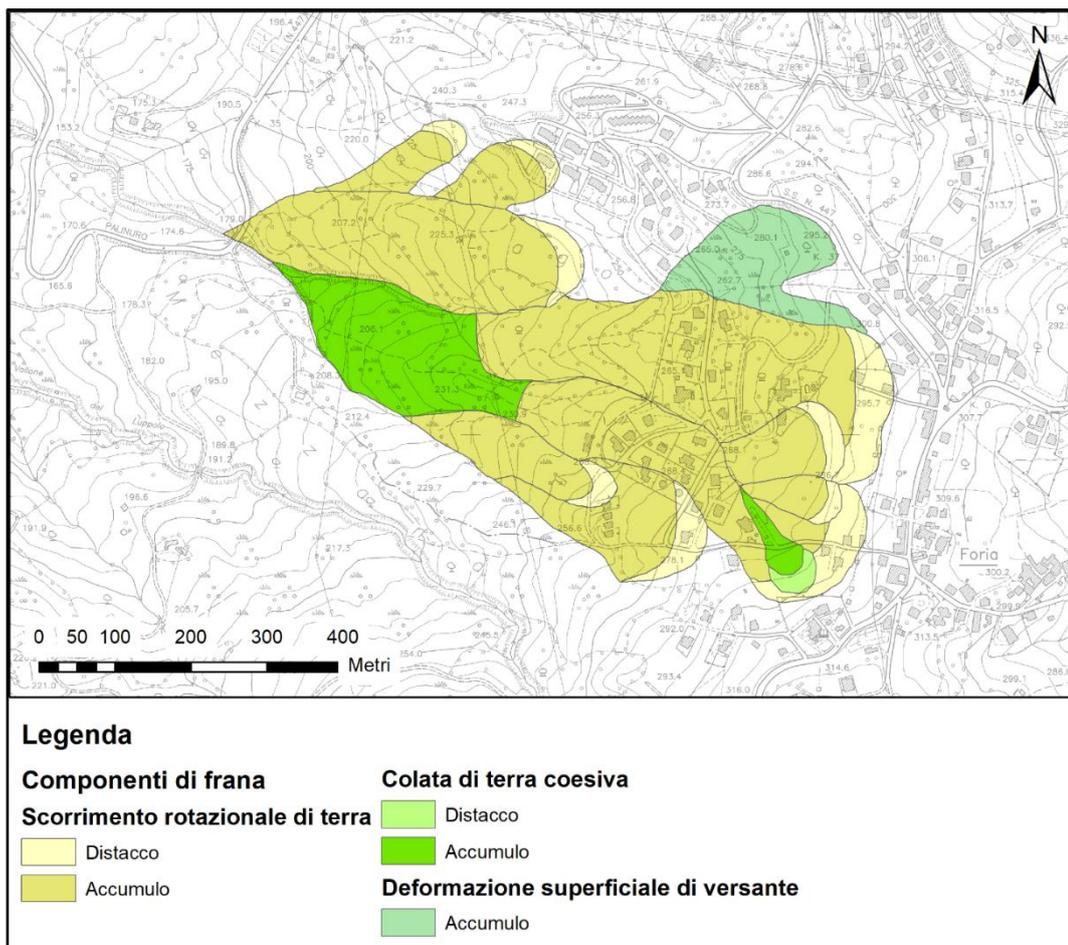


Fig. A5. - Esempio di Componenti di frana.

In figura A6 è riportato l'albero delle relazioni presenti all'interno del geodatabase inerenti all'esempio descritto (figg. A1÷A5)

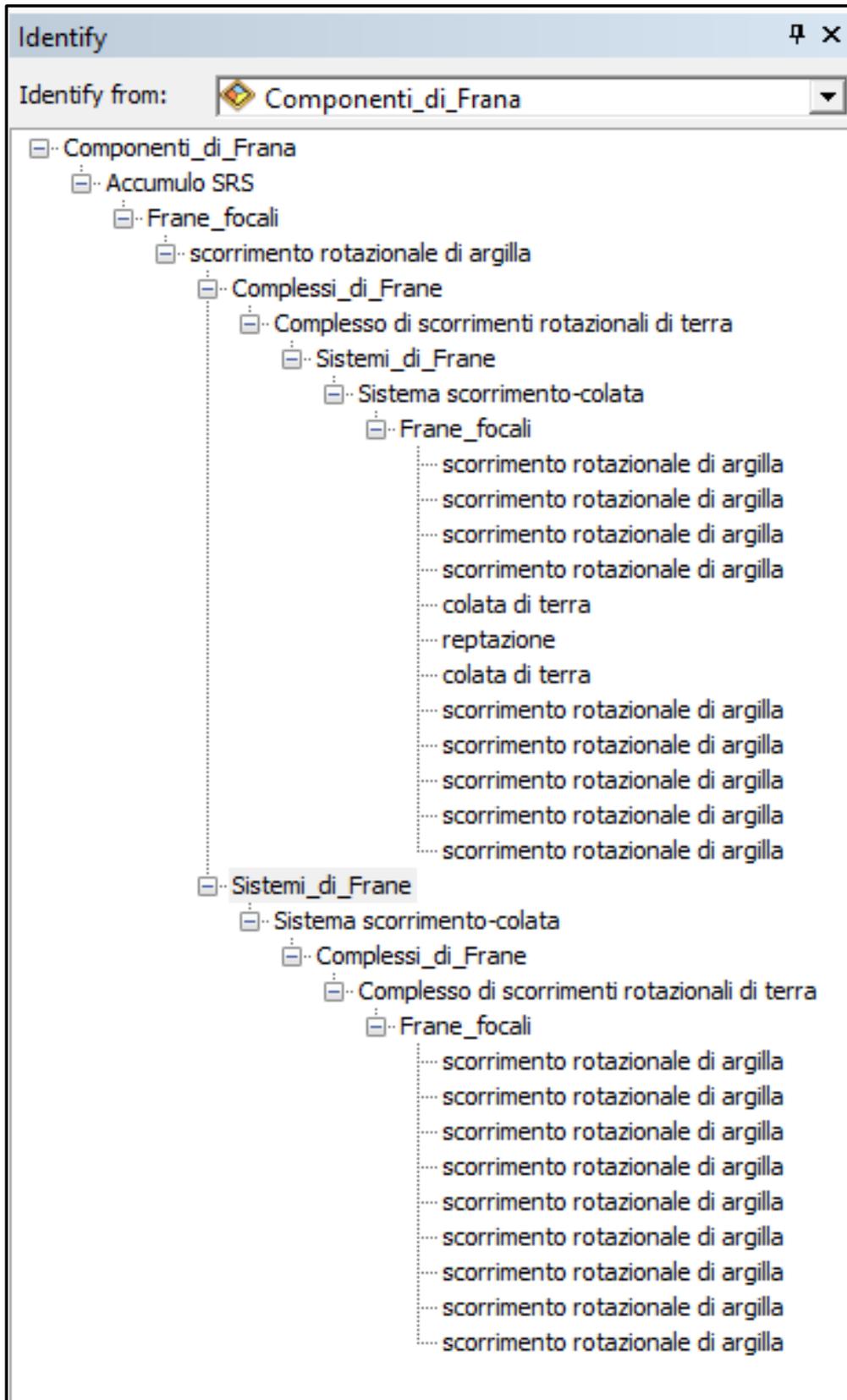


Fig. A6. - Albero delle relazioni da una componente fino al sistema.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la dott.ssa Roberta Carta e la dott.ssa Loredana Battaglini per la rilettura del testo e gli utili suggerimenti forniti.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERS N.S., SEIJMONSBERGEN A.C. & BOUTEN W. (2009) - *Multi-scale and object-oriented image analysis of high-res LiDAR data for geomorphological mapping in Alpine Mountains*. Proceedings of Geomorphometry, Zurich, Switzerland, August-September, 2009, pp. 61-63.
- AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO MERIDIONALE (2017) - *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio di frana [PSAI-RF] dei territori dell'ex Autorità di Bacino Campania Sud e Interregionale del Sele (già ex Autorità Regionale Sinistra Sele)*. G.U. n.27 del 20.02.2017 del D.M. 25 ottobre 2016.
- BERNARD L., KANELLOPOULOS I., ANNONI A. & SMITS P. (2005) - *The European geoportal-one step towards the establishment of a European Spatial Data Infrastructure*. Computers, Environment and Urban Systems, **29** (1): 15-31.
- BIAN L. (2007) - *Object-oriented representation of environmental phenomena: Is everything best represented as an object?* Annals of the Association of American Geographers, **97** (2): 267-281.
- BLASCHKE T., HAY G.J., KELLY M., LANG S., HOFMANN P., ADDINK E., FEITOSA R.Q., VAN DER MEER, VAN DER WERFF H., VAN COILLIE F. & TIEDE D. (2014) - *Geographic object-based analysis – Towards a new paradigm*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, **87**: 180-191.
- BONDESAN A. & BUSONI S. (a cura di) (2015) - *Geomorfologia della Provincia di Treviso*. Grafiche Antica spa, Crocetta del Montello (TV), 176 pp.
- BRANCACCIO L., CASTIGLIONI G.B., CHIARINI E., CORTEMIGLIA G., D'OREFICE M., DRAMIS F., GRACIOTTI R., LA POSTA E., LUPIA PALMIERI E., ONORATI G., PANIZZA M., PANNUZI L., PAPASODARO F. & PELLEGRINI G.B. (1994) - *Carta Geomorfologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento*. Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, ser. III, vol. **4**.
- BUFALINI M., MATERAZZI M., DE AMICIS M. & PAMBIANCHI G. (2021) - *From traditional to modern "full coverage" geomorphological mapping: a study case in the Chienti river basin (Marche region, central Italy)*. Journal of Maps, **17** (3): 17-28.
- CAMPOBASSO C., CARTON A., CHELLI A., D'OREFICE M., DRAMIS F., GRACIOTTI R., GUIDA D., PAMBIANCHI G., PEDUTO F. & PELLEGRINI L. (a cura di) (2021 *on line*) - *Aggiornamenti e integrazioni delle linee guida della Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, ser. III, vol. **13**, fasc. 1, vers. 2.0.
- CHEN G., WENG Q. & HAY G.J. (2018) - *Special issue: remote sensing of our changing landscapes with geographic object-based image analysis (GEOBIA): emerging trends and future opportunities*. GIScience & Remote Sensing, **55** (2): 155-158.
- CRAGLIA M. & ANNONI A. (2007) - *INSPIRE: An innovative approach to the development of spatial data infrastructures in Europe*. In: ONSRUD A. (Ed.), *Research and theory in advancing spatial data, Infrastructure Concepts*, ESRI Press, Redlands, CA, pp. 93-105.
- D'OREFICE M., DRAMIS F., FEDERICI P.R., GRACIOTTI R., MOLIN P. & RIBOLINI A. (2009) - *Carta geomorfologica dell'Arcipelago Toscano*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **86**, 107 pp.
- D'OREFICE M. & GRACIOTTI R. (2015) - *Rilevamento geomorfologico e cartografia. Realizzazione – Lettura – Interpretazione*. I^a Edizione. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 360 pp.
- D'OREFICE M. & GRACIOTTI R. (2021) - *Rilevamento geomorfologico e cartografia. Realizzazione – Lettura – Interpretazione*. II^a Edizione. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 384 pp.
- DIKAU R., BRABB E.E. & MARK R.M. (1991) - *Landform classification of New Mexico by computer*. U.S. Department of the Interior, US Geological Survey. Open-file report, 91634.
- DRAMIS F. & BISCI C. (1998) - *Cartografia geomorfologica. Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice, Bologna, 215 p.
- DRAMIS F., GENTILI B. & PIERUCCINI U. (1979) - *La carta geomorfologica del medio bacino del Tenna (Marche centro-meridionali)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **14**, parte II, 199-206.
- DRAMIS F., GUIDA D. & CESTARI A. (2011a) - *Nature and aims of geomorphological mapping*. In: SMITH M.J., PARON P. & GRIFFITHS J.S. (Eds.), *Geomorphological mapping: methods and applications*. Developments in Earth Surface Processes, Developments in Earth Surface Processes, vol. **15**, Elsevier, pp. 39-73.
- DRAMIS F., GUIDA D., CESTARI A., SIERVO V. & PALMIERI V. (2011b) - *Dalla cartografia geomorfologica al sistema*

- cartografico geomorfologico: metodologie, procedure e applicazioni*. *Geologia Tecnica & Ambientale*, **3-3/2011**, 10-25.
- DRAMIS F., GUIDA D. & VALIANTE M. (2022) - *Object-oriented mapping as a tool for the assessment of landslide hazard in highly urbanized areas*. *Frontiers in Earth Science* 10:834078. doi: 10.3389/feart.2022.834078
- GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA (1986) - *Ricerche geomorfologiche nell'Alta Val di Peio (Gruppo del Cevedale)*. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, **9** (2): 137-191.
- GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA (1995) - *Carta geomorfologica del bacino del Trionto*. S.EL. CA., Firenze.
- GUIDA D., CUOMO A. & PALMIERI V. (2016) - *Using object-based geomorphometry for hydro-geomorphological analysis in a Mediterranean research catchment*. *Hydrology and Earth System Sciences*, **20**: 3493–3509.
- GUIDA D., DE PIPPO T., CESTARI A., SIERVO V. & VALENTE A. (2009) - *Applications of the hierarchic GIS-based geomorphological mapping system*. In: MARCHETTI M. & SOLDATI M. (Eds.), *The role of geomorphology in land management*, abstract volume, 3rd AIGEO National Conference, September 13-18, Modena, Italy, pp. 109-110.
- GUSTAVSSON M., SEIJMONSBERGEN A.C. & KOLSTRUP E. (2008) - *Structure and contents of a new geomorphological GIS database linked to a geomorphological map with an example from Liden, central Sweden*. *Geomorphology*, **95**: 335-349.
- HUNGR O., LEROUÉIL S. & PICARELLI L. (2014) - *The Varnes classification of landslide types, an update*. *Landslides*, **11**: 167-194.
- LAHOUSSE T., CHANG K.T. & LIN Y.H. (2011) - *Landslide mapping with multi-scale object-based image analysis – a case study in the Baichi watershed, Taiwan*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **11**: 2715–2726.
- MASSER I. (2007) - *Building European Spatial Data Infrastructure*. ESRI Press, Redlands, CA.
- NEWELL W. & CLARK I. (2008). *Geomorphic map of Worcester County, Maryland, interpreted from a LiDAR-based, digital elevation model*. Open-File Report 20081005. U.S. Geological Survey, 34 pp. <http://pubs.usgs.gov/of/2008/1005/>
- OTTO J.-C., PRASICEK G., BLOTHE J. & SCHROTT L. (2017) - *GIS applications in geomorphology*. In: NUANG B. (Ed.), *Comprehensive geographic information systems*, Elsevier, pp. 81-111.
- PANIZZA M. (1966) - *Carta ed osservazioni geomorfologiche del territorio di Calopezzati (Calabria)*. *Rivista Geografica Italiana*, **73** (1): 1-32.
- PANIZZA M. (1972) - *Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **91**: 20-237.
- PANIZZA M. & CARTON A. (1976) - *Geomorfologia della Valle dei Monzoni (Dolomiti)*. *Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali*, **21** (1): 1-39.
- PELLEGRINI G.B. (1975) - *Carta geomorfologica del bacino del T. Valda (Prealpi dell'Alpago)*. Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- REGIONE MARCHE (2004) - *Carta geomorfologica in scala 1:10.000 della Regione Marche*. DVD, Giunta Regionale.
- SEIJMONSBERGEN A.C., HENGL T & ANDERS N.S. (2011) - *Semi-automated identification and extraction of geomorphological features using digital elevation data*. In: SMITH M.J., PARON P. & GRIFFITHS J.S. (Eds.), *Geomorphological mapping: methods and applications*, *Developments in Earth Surface Processes*, vol. **15**, Elsevier, London, pp. 297-336.
- VALIANTE M. (2020) - *Integration of object-oriented modelling and geomorphometric methodologies for the analysis of landslide systems*. Doctoral Thesis, Ph.D. XXXII Cycle, Sapienza Università di Roma.
- VALIANTE M., GUIDA D., DELLA SETA M. & BOZZANO F. (2021a) - *A spatiotemporal object-oriented data model for landslides (LOOM)*. *Landslides*, **18**: 1231–1244.
- VALIANTE M., GUIDA D., DELLA SETA M. & BOZZANO F. (2021b) - *Spatiotemporal data management of recurrent debris flow events using object-oriented data modelling*. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, **1**: 239–248.
- VAN ASSELEN S. & SEIJMONSBERGEN A.C. (2006) - *Expert-driven semi-automated geomorphological mapping for a mountainous area using a laser DTM*. *Geomorphology*, **78**: 309-320.
- VARNES D.J. (1978) - *Slope movement types and processes*. In: SCHUSTER R.I. & KRIZEK R.J. (Eds.), *Landslides, analysis and control*. Special Report **176**, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington DC, pp. 11-33.
- VERHAGEN P. & DRĂGUȚ L. (2011) - *Object-based landform delineation and classification from DEMs for archaeological predictive mapping*. *Journal of Archaeological Science*, **39** (3): 698-703.
- WEISS A. (2001) - *Topographic position and landforms analysis*. Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA, July 9-13, **200**.
- WILSON & GALLANT (2000) - *Terrain analysis principles and applications*. John Wiley & Sons, New York, N.Y., 479 pp.
- WORBOYS M.F., HILARY S., HEARNshaw M. & MAGUIRE G.J. (1990) - *Object-oriented data modelling for spatial databases*. *International Journal of Geographical Information Systems*, **4** (4): 369-383.

