

VALERIO AGNESI, CHIARA CAPPADONIA & CHRISTIAN CONOSCENTI

CARTA GEOMORFOLOGICA DEL BACINO IDROGRAFICO
DEL RIO SPINASANTA E NOTE ILLUSTRATIVE
(SICILIA CENTRO-SETTENTRIONALE)

RIASSUNTO

Le presenti note illustrative accompagnano la Carta Geomorfologia del Rio Spinasanta, nella quale sono descritte le forme del rilievo presenti nel bacino e vengono individuati i processi morfogenetici in atto. Il Rio Spinasanta è un affluente del Fiume Imera Settentrionale (o Fiume Grande), di cui occupa le porzioni di testata, lungo lo spartiacque regionale che ne divide il bacino da quello del Fiume Imera Meridionale (o Fiume Salso); per la redazione della carta è stata utilizzata, come base topografica, la Sezione n° 621040 (Monte Piombino) della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

La carta geomorfologica del bacino è stata realizzata tramite l'integrazione di differenti metodologie, quali il rilevamento diretto di tipo geologico e geomorfologico, l'analisi aerofotogrammetrica di foto aeree ed ortofoto. La caratterizzazione geomorfologica dell'area è stata inoltre supportata dall'analisi delle caratteristiche pluviometriche e dall'analisi spaziale delle forme, eseguita tramite l'ausilio di un software GIS; quest'ultima ha permesso di produrre delle tabelle relative alla distribuzione delle forme del rilievo in relazione alle caratteristiche litologiche e fisiografiche, quali esposizione e pendenza dei versanti.

Lo studio condotto ha evidenziato come le diverse combinazioni di questi fattori influenzino la distribuzione spaziale delle forme del rilievo e l'intensità dei processi in atto, causando, inoltre, una differenziazione del paesaggio all'interno del bacino tra le aree poste in destra idrografica e quelle situate nelle zone centrali ed in sinistra idrografica. Le forme riscontrate all'interno del bacino imbrifero del Rio Spinasanta sono state distinte sulla base dell'agente morfogenetico che ha avuto un ruolo determinante nella loro formazione; in tal senso sono state individuate sul terreno forme dovute all'azione delle acque correnti superficiali e forme dovute all'azione della gravità.

SUMMARY

Geomorphological map of the Rio Spinasanta river basin and illustrative notes (Central-northern Sicily). The present paper aims to illustrate the geomorphological map of the Rio Spinasanta river basin, in which landforms recognizable on the area are mapped and distinguished according to the

responsible geomorphological process. The Rio Spinasanta river is a tributary of the head sector of the Imera Settentrionale river and is contiguous to the regional water divide that separate the northward- and southward-flowing Sicilian rivers; the geomorphological map has been produced using as support a topographic map on scale 1:10,000.

The geomorphological map has been carried out by means of different methodologies, namely geological and geomorphological field surveys, analysis of aerial photos and orthophotos. Moreover, the geomorphological characterization of the area has been supported by the study of the pluviometric conditions and by the analysis of the landforms' spatial distribution; the latter, which has been carried out using a GIS software, allowed to evaluate the density of landforms on the classes of the lithology parameter and on the classes of slope angle and aspect.

The GIS analysis showed that the combinations of the selected parameters control the intensity of the processes and the spatial distribution of the shaped landforms; this fact led to different landscapes recognizable in the studied area. The landforms mapped in the Rio Spinasanta river basin have been distinguished according to the modeling processes in: a) landforms shaped by water erosion processes; b) landforms produced by gravitational processes.

INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto PRIN-COFIN 2004 "*Influenza delle variazioni climatiche e/o delle modificazioni dell'uso del suolo sul processo di erosione idrica in ambiente mediterraneo*", l'Unità Operativa del Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università degli Studi di Palermo ha focalizzato la propria attenzione nello studio dei processi di erosione idrica presenti in alcuni dei principali bacini idrografici della Sicilia occidentale con foce lungo il litorale tirrenico.

Tra questi, particolare attenzione è stata posta all'analisi dei processi di erosione idrica del suolo e di evoluzione dei versanti presenti nel bacino del Fiume Imera Settentrionale, che già un decennio prima era stato oggetto di un progetto di ricerca, condotto nell'ambito del POP Sicilia 1990-93 "Progetto C: Inquinamento ed Erosione del Suolo modulo C7", tendente a valutare l'entità dell'erosione del suolo (AGNESI *et al.*, 1996). In questo contesto grande attenzione è stata data all'area del bacino idrografico del Rio Spinasanta, caratterizzato da una presenza pressoché totale di aree affette da intensi processi di erosione idrica e da frane.

Per meglio valutare la distribuzione, l'entità e l'evoluzione di tali processi di dinamica dei versanti è stata redatta una carta geomorfologica in scala 1:5.000 del bacino imbrifero, di cui le presenti note illustrative intendono fornire uno strumento utile alla lettura ed all'interpretazione.

Lo studio geomorfologico del bacino idrografico del Rio Spinasanta è stato condotto seguendo più fasi: inizialmente sono stati ricercati e consultati gli studi precedenti di carattere geologico e geomorfologico e le relative cartografie tematiche prodotte; successivamente, utilizzando come base topo-

grafica la Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 (Sezione n° 621040 "Monte Piombino"), è stato effettuato un rilevamento sul terreno che ha permesso di definire i lineamenti geologici del bacino e l'idrografia superficiale, nonché di mappare le forme del rilievo. Contestualmente è stato condotto il rilievo aerofotogrammetrico su foto aeree del 1976 (scala 1:18.000) e su ortofoto del 2000 (scala 1:10.000), finalizzato ad una maggiore definizione della morfologia dell'area.

I dati così ottenuti sono stati digitalizzati e georiferiti in modo tale da potere operare tramite l'ausilio di un software GIS e condurre un'analisi spaziale della distribuzione delle forme, relativamente alle caratteristiche litologiche e fisiografiche dell'area (esposizione ed inclinazione dei versanti).

L'assetto geomorfologico del bacino dello Spinasantà risulta fortemente condizionato dalle caratteristiche litologiche e strutturali dell'area e da quelle climatiche, che ne condizionano il tipo di forme del rilievo e l'intensità dei processi che le producono.

Le forme riscontrate all'interno del bacino, sono state distinte relativamente all'agente che ha avuto un ruolo determinante nella loro formazione; in tal senso sono state individuate forme dovute all'azione delle acque correnti superficiali e forme dovute all'azione della forza di gravità. All'interno di questi due gruppi, riportati sulla carta con colori differenti, sono state ulteriormente distinte le varie forme utilizzando la simbologia geomorfologica proposta dal GRUPPO DI LAVORO PER LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGIA (1994).

FISIOGRAFIA

Il Rio Spinasantà costituisce un sottobacino del settore di testata del Fiume Imera Settentrionale, uno dei principali corsi d'acqua con foce lungo il litorale tirrenico dell'Isola. In particolare il torrente considerato si colloca nelle porzioni sud-orientali del bacino principale, nel margine meridionale del complesso montuoso delle Madonie, in prossimità dell'abitato di Polizzi Generosa (PA). L'area indagata presenta un'estensione pari a 1,97 km²; l'asse idrografico principale si sviluppa prevalentemente in direzione SE-NW per circa 1,5 km e la linea di spartiacque raggiunge una lunghezza pari a circa 5,7 km.

Per descrivere la forma generale del bacino sono stati calcolati gli *indici di forma* che sono dati dal confronto del *bacino reale* con un cerchio di pari superficie o di pari perimetro. Gli indici di forma assumono valori tanto più prossimi all'unità quanto più raccolta è la forma del bacino (FERRO, 2006); un bacino raccolto, a parità di altri fattori, avrà tempi di corrivazione minori e piene più improvvise e marcate.

In tal senso, è stato calcolato l'indice di forma proposto da HORTON (1932), secondo la seguente formula:

$$F = \frac{A}{L^2} = 0,87; \quad (1)$$

un altro fattore di forma molto usato è il seguente (FERRO, 2006):

$$R_k = \frac{0,89 L}{\sqrt{A}} = 0,95; \quad (2)$$

infine, è stato calcolato anche il cosiddetto *indice di compattezza* del bacino (Gravelius in FERRO, 2006):

$$K_g = \frac{0,28 P}{\sqrt{A}} = 1,14. \quad (3)$$

I fattori L , P , A rappresentano rispettivamente lunghezza dell'asta principale, perimetro ed area del bacino.

Al fine di caratterizzare quantitativamente alcuni attributi fisiografici, è stato prodotto un modello digitale del terreno (*DEM*) di tipo *grid* (cella 40 m) digitalizzando le curve di livello ed i punti quotati della C.T.R. 621040. L'utilizzo degli strumenti di analisi spaziale del software GIS ESRI ArcView 3.2 (ESRI, 1999), ha permesso di derivare la distribuzione spaziale dei valori di quota, di pendenza dei versanti e della loro esposizione.

L'area indagata presenta una modesta energia del rilievo (313 m), con quote che vanno da un minimo di 573 m s.l.m., in corrispondenza della sezione di uscita, fino a 886 m s.l.m., in corrispondenza di Monte S. Giorgio.

La linea di spartiacque, nel settore in destra idrografica, si sviluppa lungo una serie di rilievi che da Monte S. Giorgio (886 m s.l.m.) prosegue verso Nord fino a Cozzo Lavanche (847 m s.l.m.), continuando poi in direzione E-W; in sinistra idrografica, lo spartiacque da Monte S. Giorgio si sviluppa in direzione E-W passando per la Masseria Xireni, per Cozzo Spinasantà (796 m s.l.m.) e proseguendo in direzione S-N fino alla confluenza del Rio Spinasantà con il Fiume Imera Settentrionale (573 m s.l.m.).

Il bacino, in corrispondenza delle aree di testata poste in destra idrografica, mostra una morfologia piuttosto accidentata a causa della forte acclività dei versanti, caratterizzati dalla presenza in affioramento di terreni di natura argillosa; più regolare, invece, è la morfologia delle aree di testata situate in sinistra idrografica, dove la linea di spartiacque si imposta lungo rilievi collinari costituiti sempre da terreni prevalentemente argillosi, ma con versanti meno acclivi.

Procedendo verso il settore nord-occidentale, nel tratto medio-vallivo, si osserva un paesaggio prevalentemente collinare in cui la morfologia è più dolce, intervallata da una serie di creste che si sviluppano in direzione NE-SW dalla linea di spartiacque; la presenza di queste creste all'inter-

no dell'area di drenaggio, fa sì che la quota media del bacino si mantenga intorno a 720 m s.l.m.

L'analisi spaziale del *DEM* del bacino (Fig. 1) ha consentito di suddividere i valori di quota in 5 classi altimetriche: la classe più frequente (700-750) occupa circa il 26% dell'area, mentre solo il 2% dell'area totale si trova sotto i 600 m s.l.m.

Il reticolo idrografico appare prevalentemente di tipo dendritico, soprattutto dove affiorano terreni facilmente erodibili come quelli argillosi, che costituiscono la litologia più diffusa; la densità di drenaggio, definita come il rapporto tra la lunghezza delle aste fluviali e l'area di alimentazione (HORTON, 1945), si presenta piuttosto elevata, con valori pari a $9,16 \text{ km}^{-1}$. Inoltre per l'area di drenaggio del Rio Spinasanta, sono disponibili i dati relativi all'*indice di denudazione*, espresso in termini di trasporto torbido unitario medio annuo (T_u , in $\text{tonn}/\text{km}^2/\text{anno}$) (CICCACCI *et al.*, 1981; LUPIA PALMIERI, 1983).

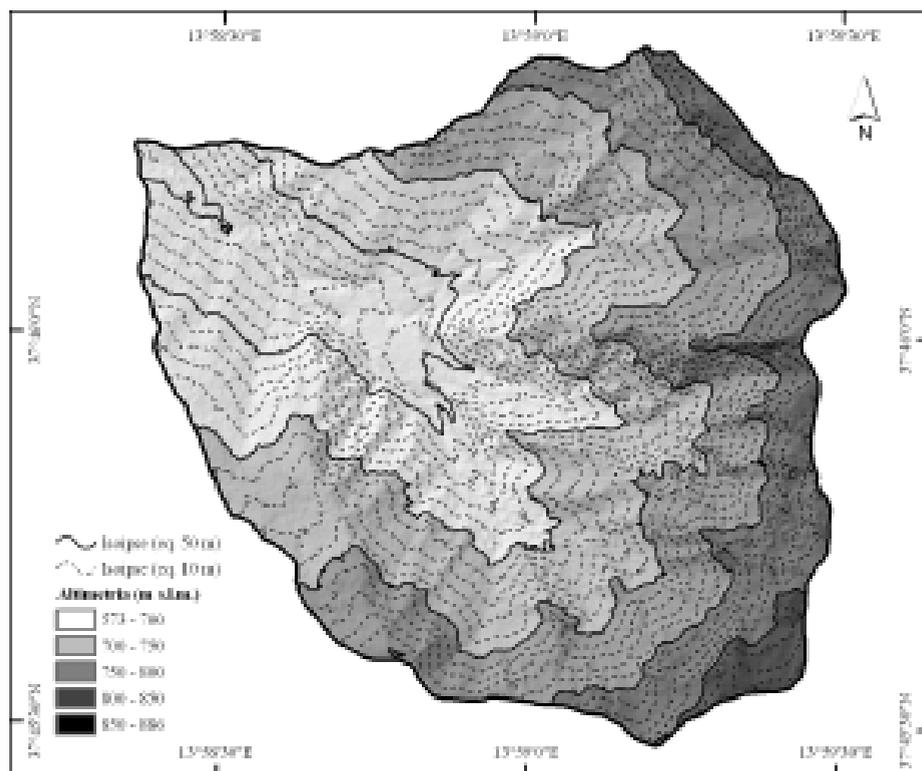


Fig. 1 — Modello digitale del terreno e classi altimetriche del bacino del Rio Spinasanta.

Infatti, AGNESI *et al.* (1996) hanno ottenuto, nei due sottobacini in cui è stato ulteriormente suddiviso il bacino del Rio Spinansanta, valori di Tu pari a 6724,63 tonnn/km²/anno per il sottobacino di C.da Lavanche e di 9465,68 tonnn/km²/anno per il Rio Spinansata p.d. Si tratta di valori ben al di sopra del dato medio dell'intero bacino del Fiume Imera Settentrionale (1151 tonnn/km²/anno), in accordo con gli intensi processi di denudazione in atto nell'area, che si traducono quindi in una notevole quantità di materiale trasportato. Tali dati sono coerenti con il valore di Tu determinato, nel presente studio, per il bacino del Rio Spinansanta nel suo complesso (8128,44 tonnn/km²/anno) ed ottenuto tramite procedure automatiche con l'ausilio di un software GIS.

L'inclinazione della superficie topografica presenta valori elevati in corrispondenza delle porzioni di testata e del settore centrale in destra idrografica, con una media di 15°. Dall'analisi della distribuzione delle pendenze dei versanti si evince, inoltre, che i valori di inclinazione minori si riscontrano nel settore medio-basso del bacino, in particolare nelle aree poste in sinistra idrografica; mentre, valori più elevati, fino a 32°, si rilevano in prossimità del tratto sud-orientale dello spartiacque.

L'esposizione dei versanti si distribuisce prevalentemente nelle direzioni N e NE per quanto riguarda i versanti posti in sinistra idrografica e S e SW per quelli situati in destra.

CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE

Al fine di valutare la piovosità all'interno del bacino del Rio Spinansanta, sono stati elaborati ed analizzati i dati pluviometrici mensili registrati nell'intervallo temporale compreso tra il 1950 e il 2003. La distribuzione delle precipitazioni è stata ricostruita sulla base dei dati pluviometrici di 3 stazioni (Caltavuturo, 635 m s.l.m.; Petralia Sottana, 930 m s.l.m.; Resuttano, 642 m s.l.m.) gestite dall'Ufficio Idrografico Regionale, applicando il metodo dei topoieti (THIESSEN, 1911).

L'analisi dei dati registrati nelle stazioni pluviometriche ha permesso di calcolare le precipitazioni medie annue e il numero medio annuo di giorni piovosi, rispettivamente pari a 733 mm e 72 giorni, e l'intensità media relativa al periodo di osservazione che è risultata pari a 10 mm/giorno. Il mese più piovoso è gennaio (111 mm), mentre il minimo valore si registra nel mese di luglio (6 mm). I valori massimo e minimo del numero di giorni piovosi si registrano rispettivamente nel mese di dicembre (11 gg) e nel mese di luglio (1 g). Le intensità medie mensili delle precipitazioni hanno invece il picco massimo ad ottobre (12 mm/g) e il minimo a luglio (6 mm/g).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area studiata ricade all'interno del gruppo montuoso delle Madonie occidentali, che costituiscono un frammento della *catena* siciliana, formata a seguito dell'impilamento tettonico di più corpi geologici carbonatici, silico-carbonatici e silico-clastici, derivanti dalla deformazione di diversi domini paleogeografici mesozoico-terziari; tale deformazione, avvenuta a partire dal Miocene, ha dato origine all'attuale edificio strutturale.

Su queste unità deformate, si sono depositate, generalmente in discordanza, successioni terrigeno-carbonatiche, evaporitiche e conglomeratiche del ciclo Tortoniano-Pliocene e successioni clastico-terrigeno-carbonatiche del ciclo Pliocene superiore-Quaternario (ABATE *et al.*, 1988a)

Nel bacino idrografico del Rio Spinasantà affiorano, in particolare, i terreni derivanti dalla deformazione del Dominio Sicilide ed i terreni tardorogeni della Formazione Terravecchia, a loro volta ulteriormente deformati dalla tettonica plio-quadernaria. Le successioni derivanti dalla deformazione del Dominio Sicilide sono costituite da: argille, marne varicolori con intercalazioni di calciliti, calcareniti, breccie calcaree e arenarie quarzose (*Argille Varicolori*, Cretaceo superiore – Oligocene); calciliti e calcisiltiti alternate a marne con intercalazioni lenticolari di biocalcareniti, breccie e arenarie tuffitiche (Fm. Polizzi, Eocene superiore - Oligocene) (ABATE *et al.*, 1988b).

L'area di affioramento delle *Argille Varicolori* costituisce il 75% della superficie del bacino mentre i terreni della Formazione Polizzi ne ricoprono l'1% ed affiorano nelle aree di testata poste in destra idrografica, in corrispondenza di Cozzo Lavanche. Il restante 24% dell'area è caratterizzato dall'affioramento dei terreni della Fm. Terravecchia (Tortoniano sup. – Messiniano inf.); questi sono costituiti principalmente da conglomerati e sabbie grossolane, peliti sabbiose, sabbie ed arenarie pelitiche, argille sabbiose e peliti, marne grigie o azzurrognole con plancton calcareo.

I terreni della Fm. Terravecchia affiorano in buona parte del bacino dell'Imera Settentrionale; nell'area di studio, sono rappresentati da argille, argille sabbiose e marne e da sabbie e arenarie da giallastre a grigie, alternate a peliti e lenti conglomeratiche. Questi terreni affiorano nelle zone del bacino poste in sinistra idrografica, in corrispondenza dello spartiacque; da qui il loro affioramento si sviluppa secondo una stretta fascia, per poi allargarsi nel tratto medio-vallivo in direzione della sezione di sbocco.

ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Le condizioni climatiche e le caratteristiche litologico-strutturali dei terreni affioranti, condizionano l'assetto geomorfologico del bacino del

Rio Spinasanta, nonché il tipo di forme e l'intensità dei processi che le producono.

Le forme del rilievo riconosciute nell'area di studio, sono state distinte in relazione all'agente morfogenetico responsabile del loro modellamento; in tal senso sono state individuate sul terreno: forme dovute all'azione delle acque correnti superficiali e forme dovute all'azione della gravità.

Forme dovute all'azione delle acque correnti superficiali

Le evidenze morfologiche dell'azione dei processi di dilavamento e di incisione fluviale riscontrate sull'area sono state distinte in: a) *aree con forme di ruscellamento diffuso*, b) *aree con forme di ruscellamento concentrato*, c) *alvei in approfondimento*, d) *zone soggette ad erosione laterale*, e) *conoidi alluvionali* ed f) *aree a calanchi*.

All'interno dell'area in esame, le zone soggette al ruscellamento diffuso sono state riscontrate principalmente nei settori posti in sinistra idrografica, caratterizzati dall'affioramento dei depositi della Formazione Terravecchia, costituiti prevalentemente da sabbie argillose e argille sabbiose. Il rilevamento delle forme prodotte dall'erosione diffusa, è stato condotto tramite l'ausilio delle ortofoto, nelle quali è possibile distinguere le zone caratterizzate da una copertura vegetale più rada e/o da una colorazione del suolo più chiara, conseguenza di tale fenomeno.

Procedendo dai settori di testata verso la sezione di sbocco, l'azione del ruscellamento tende a concentrarsi secondo linee preferenziali producendo incisioni poco profonde (*rivoli*); verso valle queste vanno approfondendosi in direzione perpendicolare alla superficie del versante, dando luogo a veri e propri *solchi*. All'interno dei solchi prodotti sui terreni della Fm. Terravecchia, si rilevano frequentemente clasti derivanti dalla demolizione dei livelli arenitici più resistenti. L'acqua di ruscellamento superficiale, spostandosi da monte verso valle tende poi ad incanalarsi dando luogo ad una fitta rete di drenaggio di tipo dendritico.

Le acque incanalate agiscono sia perpendicolarmente alla superficie topografica, conferendo agli alvei la tendenza all'approfondimento, sia al piede dei versanti, dove producono un'energica erosione laterale delle sponde.

Nelle zone poste in destra idrografica sono presenti versanti argillosi con pendenze piuttosto elevate (fino a 32°) ed esposti prevalentemente a S e SW, e in minor misura a N; su questi versanti si osservano forme calanchive di *tipo B* (RODOLFI & RASCATI, 1979) che si impostano in maggior misura sulle argille oligoceniche del Dominio Sicilide ed in piccola parte sui terreni della Fm. Terravecchia (Fig. 2).

Tale tipo di calanchi, in particolare, risulta essere maggiormente svilup-



Fig. 2 — Forme calanchive di tipo B sulle *Argille varicolori*.

pato dove, nell'ambito dei litotipi sopra descritti, predomina la frazione argillosa rispetto a quelle argillo-sabbiosa e marnosa. Questi calanchi presentano un profilo arrotondato e, rispetto ad altre tipologie, si caratterizzano per una minore densità di drenaggio, con un reticolo soggetto a continue variazioni causate dalle frane di colamento che frequentemente si sviluppano all'interno delle vallecole; tali fenomeni sono responsabili di una configurazione morfologica caratterizzata, nella parte alta da profili trasversali a fondo concavo poco inciso, nella parte medio bassa, ove si accumula il materiale mobilizzato dalle colate, da profili trasversali convessi.

Il versante sinistro del Rio Spinasanta, nelle sue porzioni medio-basse, è interessato dalla presenza di forme calanchive che, seppure ascrivibili al *tipo B*, mostrano una attenuazione del fenomeno erosivo in relazione alla diminuzione generale delle pendenze da imputare, anche, ad una minore attività di incisione di fondo del corso d'acqua principale.

Forme dovute all'azione della gravità

Le forme del rilievo prodotte dall'azione della gravità sono state distinte in: a) *superfici interessate da reptazione*, b) *coni di detrito*, c) *corone di frana*;

i corpi di frana, a loro volta, sono stati suddivisi, sulla base della tipologia del movimento, in: d) *colate veloci di terra*, e) *colate di terra*, f) *scorrimenti rotazionali*. Sono stati inoltre cartografati i *laghetti di corpo di frana*.

I fenomeni di reptazione si riscontrano laddove, a parità di altre condizioni, le basse pendenze inibiscono l'innescio di fenomeni franosi profondi; questi lenti movimenti della coltre superficiale si riscontrano sia nella porzione di testata che nel tratto medio-vallivo del bacino indagato.

Le calcilutiti della Fm. Polizzi, che affiorano in corrispondenza del tratto di spartiacque passante per Cozzo Lavanche, sono interessate da modesti fenomeni di crollo non cartografabili alla scala di realizzazione della carta geomorfologica (Fig. 3).

Nei settori di testata del bacino sono stati rilevati importanti scorrimenti rotazionali evolventi, nella maggior parte dei casi, a colamento; queste frane presentano nicchie di distacco a contorno arcuato (Fig. 4), con una considerevole esposizione delle superfici di scorrimento; sui corpi di frana si sono impostati laghi di dimensioni variabili, sia in corrispondenza delle aree in contropendenza nella zona di distacco, sia sul materiale di frana nelle zone di accumulo.



Fig. 3 — Fenomeni di crollo nelle calcilutiti della Fm. Polizzi.



Fig. 4 — Zona di distacco dello scorrimento rotazionale a sud della casa Cantoniera di Km 47.

In particolare un lago di dimensioni significative si è impostato nella zona di testata della grande frana di scorrimento rotazionale (Fig. 5) che si sviluppa immediatamente a sud della casa Cantoniera di Km 47, e che dallo spartiacque si allunga in direzione ESE-WNW, dando successivamente origine alla lunga colata veloce di terra che interessa il settore centrale del bacino. Le ricorrenti riattivazioni del corpo di frana hanno dato luogo a frequenti cedimenti delle sponde del lago; l'acqua tracimata ha incrementato notevolmente l'imbibizione dei terreni, già in precario stato di equilibrio, favorendo l'innesco di nuove colate. È da notare che tale lago, comunque, costituisce un'importante area umida che si colloca in una zona caratterizzata da particolari situazioni di aridità e viene quindi a costituire un biotopo di notevole interesse naturalistico.

Le colate veloci di terra caratterizzano, comunque, gran parte delle porzioni medio-alte del bacino; tali movimenti di massa, che si innescano a seguito di intense precipitazioni, hanno modificato la morfologia dell'area, tranciando le piccole creste e mantellando con il materiale trasportato le zone più a valle (Fig. 6).



Fig. 5 — Particolare dell'area umida impostatasi sulla zona in contropendenza di uno scorrimento rotazionale.

Questi movimenti di massa superficiali si verificano a seguito di eventi piovosi stagionali, quando viene superata quella soglia pluviometrica che caratterizza i diversi terreni e, nell'ambito della stessa litologia, distingue il materiale di copertura alterato dalle argille del substrato inalterato.

Le colate di terra, infine, risultano distribuite in maniera omogenea su quasi tutto il bacino, fatta eccezione per le porzioni centrali. In particolare, le colate agiscono attivamente nell'evoluzione delle aree a calanchi, innescandosi ai lati delle incisioni calanchive, e confluendo nelle vallecicole (Fig. 7).

DISTRIBUZIONE DELLE FORME

La caratterizzazione geomorfologica dell'area è stata supportata da analisi della distribuzione spaziale delle forme di denudazione in relazione a quella di alcuni attributi territoriali; tali indagini, in particolare, sono state condotte utilizzando gli strumenti di analisi spaziale del software GIS ESRI ArcView 3.2. A tal fine sono stati costruiti quattro livelli informativi che



Fig. 6 — Colata veloce di terra che occupa il settore centrale del bacino.

descrivono la distribuzione spaziale delle forme riconosciute, della litologia affiorante, della inclinazione dei versanti e della loro esposizione. I livelli che descrivono i dati acquisiti sul terreno (forme del rilievo e litologia affiorante) sono stati costruiti digitalizzando la carta geomorfologica prodotta per il bacino del Rio Spinasanta; i livelli informativi degli attributi topografici (inclinazione ed esposizione dei versanti), invece, sono stati ricavati dall'analisi spaziale del DEM, ottenuto per l'area indagata digitalizzando le curve di livello ed i punti quotati della C.T.R. 621040 (ARTA, 1994). L'intersezione del layer delle forme di denudazione con i livelli relativi agli attributi territoriali ha permesso di calcolare la densità di ciascuna tipologia di forma riconosciuta in ognuno dei litotipi e delle classi dei parametri topografici. I valori di densità delle *aree a calanchi* (CLN), degli *scorrimenti rotazionali* (SCR), delle *colate di terra* (CTR) e delle *colate veloci di terra* (CTRV), insieme alle distribuzioni di frequenza delle classi degli attributi territoriali sono rappresentati nei diagrammi delle Figg. 8 e 9.

Le aree a calanchi sono assai diffuse in corrispondenza degli affioramenti delle argille oligoceniche, mentre i depositi tardorogeni della Fm. Ter-



Fig. 7 — Colate di terra innescaresi ai lati delle incisioni calanchive.

ravecchia mostrano una minore predisposizione all'erosione calanchiva (Fig. 8a). Osservando la distribuzione delle densità di aree a calanchi nelle diverse classi di pendenza (Fig. 8b) si evince una proporzionalità diretta tra l'inclinazione dei versanti e la presenza di forme calanchive. La figura 8c mostra un debole controllo del parametro esposizione sulla distribuzione delle aree interessate da erosione a calanchi, fatta eccezione per le aree esposte a NW e NE ed E; le forme calanchive infatti risultano poco diffuse nei versanti con esposizione nord-occidentale, mentre mostrano elevati valori di densità negli altri due casi.

I fenomeni franosi di tipo scorrimento rotazionale mostrano una maggiore densità in corrispondenza degli affioramenti della Fm. Terravecchia rispetto alle altre litologie (Fig. 8d). Il controllo sull'innescò di questi fenomeni esercitato dalla inclinazione dei versanti risulta evidente in figura 8e, dove ad eccezione della prima classe di pendenza si osserva un trend debolmente positivo dei valori di densità che cresce bruscamente in corrispondenza della classe di maggiore pendenza, dove quasi il 50% della superficie è interessata da scorrimenti rotazionali; questa ultima osservazione sembrereb-

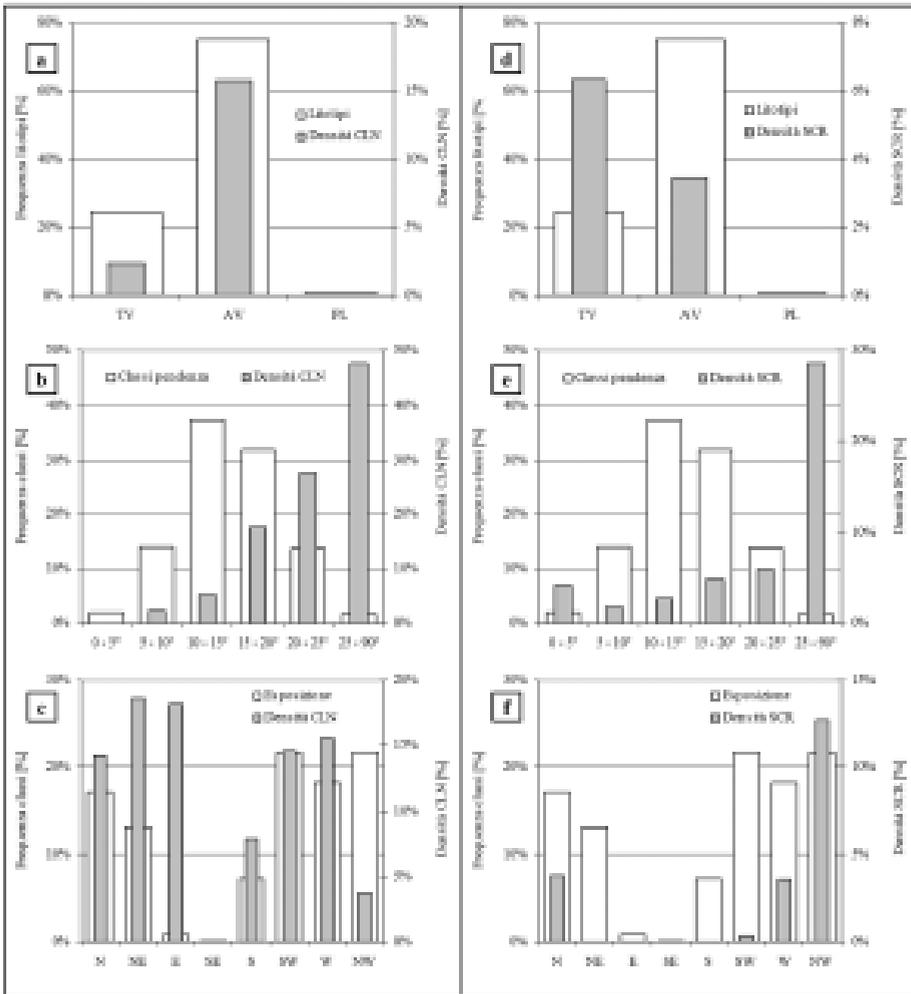


Fig. 8 — Densità delle aree soggette ad erosione calanchiva e fenomeni di scorrimento rotazionale, calcolata nelle classi degli attributi territoriali e distribuzione di frequenza di queste.

be suggerire la presenza di una soglia di pendenza oltre la quale, a parità delle altre condizioni, è altamente probabile l'innesco di tali fenomeni. I versanti esposti a NW mostrano di essere predisposti all'attivazione di frane per scorrimento rotazionale in misura chiaramente maggiore rispetto agli altri (Fig. 8f), testimoniando l'influenza del parametro esposizione sulla distribuzione di tali forme.

Per ciò che concerne le colate di terra, queste forme risultano molto diffuse in corrispondenza degli affioramenti delle Argille varicolori, mostrando

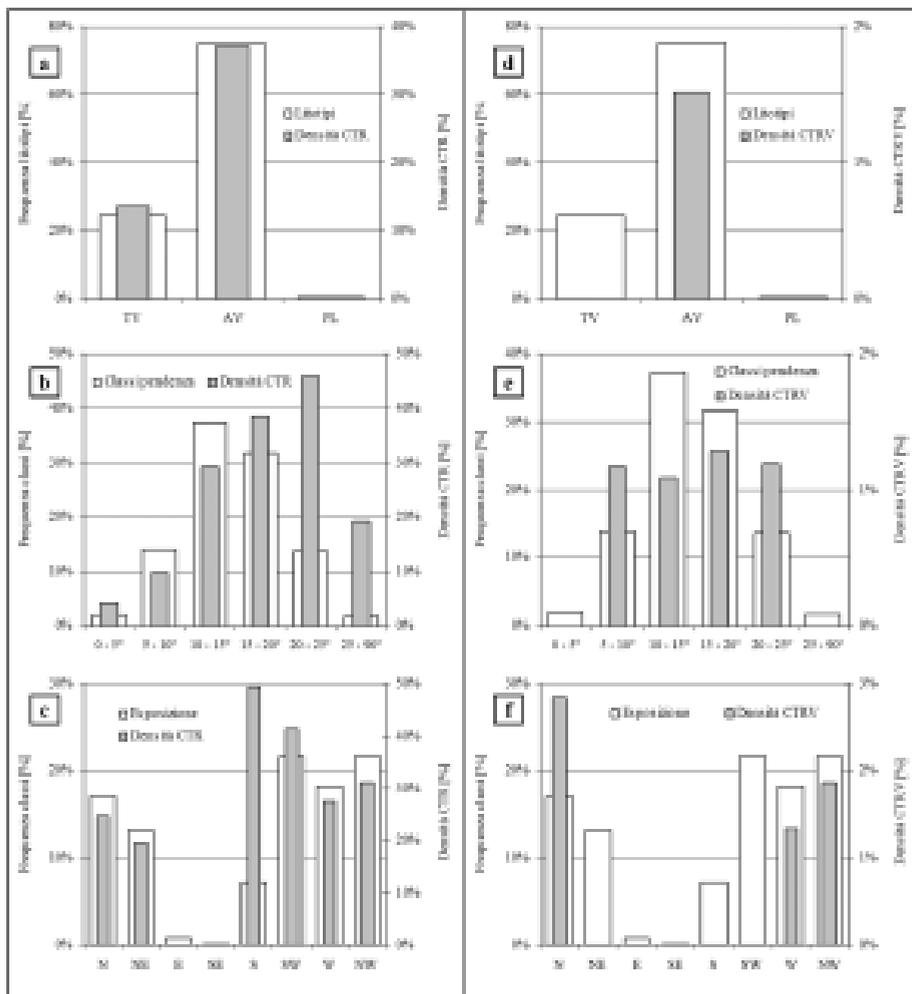


Fig. 9 — Densità delle aree interessate da colate di terra e colate veloci di terra, calcolata nelle classi degli attributi territoriali e distribuzione di frequenza di queste.

una discreta diffusione anche laddove affiorano i terreni della Fm. Terravecchia (Fig. 9a). Il grafico che descrive la distribuzione delle densità di colate di terra nelle classi di pendenza (Fig. 9b) evidenzia, per valori inferiori ai 20°, una proporzionalità diretta tra la densità delle forme e l'inclinazione dei versanti; la scarsa presenza di colate nei versanti fortemente inclinati (> 20°), dove al contrario abbondano scorrimenti rotazionali e forme calanchive, è in accordo con i modelli geomorfologici della dinamica dei versanti. L'innescò delle colate di terra inoltre non sembra essere fortemente influenzato dalle

condizioni di esposizione dei versanti, sebbene quelli esposti a Sud mostrano un valore di densità di colate chiaramente superiore agli altri, nonostante la loro limitata estensione areale (Fig. 9c).

La diffusione delle colate veloci di terra all'interno del bacino appare legata al fattore litologico, essendo queste forme presenti soltanto dove affiorano le argille varicolori (Fig. 9d); lo scarso controllo riscontrato per i due parametri topografici (Figg. 9e-f) suggerisce che l'insacco di questo tipo di fenomeni sia, piuttosto, influenzato da altri fattori, tra i quali certamente quello climatico, come testimoniato dalle attivazioni successive ad eventi piovosi intensi e prolungati.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio geomorfologico condotto nel bacino idrografico del Rio Spinasanta è stato finalizzato all'individuazione delle forme del rilievo presenti nell'area, della loro distribuzione in relazione alle caratteristiche litologiche del substrato e agli attributi fisiografici, nonché alla definizione dei processi in atto sui versanti e della loro intensità.

Le forme cartografate costituiscono il risultato dell'azione dei processi gravitativi e dei processi di dilavamento che interessano il bacino. Le forme derivanti dall'azione di questi processi sono state distinte in due gruppi principali distinguendo le forme dovute all'azione delle acque correnti superficiali e le forme dovute principalmente all'azione della gravità; all'interno di questi due gruppi è stata effettuata una ulteriore distinzione in base alla tipologia.

Lo sviluppo e le dimensioni di queste forme, risultano intimamente legati alla natura litologica dei terreni affioranti ed alla pendenza dei versanti, nonché alla intensità delle precipitazioni che si verificano stagionalmente in questo settore della catena siciliana.

I terreni che affiorano nell'area sono prevalentemente di natura argillosa e sabbiosa, mentre l'affioramento delle calcilutiti della Fm. Polizzi è piuttosto esiguo e non presenta fenomeni di grande rilievo, se non alcune zone di distacco di materiale, non cartografabili alla scala utilizzata per il rilievo.

I versanti che presentano esposizione a S e SW e l'affioramento di terreni più erodibili, si caratterizzano per l'ampia diffusione di aree a calanchi, dove colate superficiali che si sviluppano all'interno delle vallecicole conferiscono al paesaggio un assetto assai articolato.

Sui versanti a più debole pendenza, in particolare nelle aree poste in sinistra idrografica, risulta molto spinta l'erosione da ruscellamento areale e concentrato, soprattutto nelle porzioni medio-basse del bacino.

Le forme predominanti sono quelle dovute all'azione dei processi gravi-

tativi; sono presenti per lo più colate di terra, scorrimenti rotazionali e forme complesse, costituite da scorrimenti rotazionali evolventi a colate.

A seguito di precipitazioni intense si sono verificate nei primi mesi del 2005 imponenti colate veloci di terra che hanno apportato notevoli modifiche all'assetto geomorfologico dell'area.

L'analisi spaziale ha permesso di valutare la distribuzione delle forme del rilievo in relazione alle caratteristiche litologiche e fisiografiche, nella fattispecie litotipi affioranti, esposizione e pendenza dei versanti. La litologia esercita una notevole influenza sulla distribuzione delle forme, così come l'acclività dei versanti, che costituisce un fattore discriminante relativamente alla diffusione delle colate di terra e degli scorrimenti rotazionali, che si concentrano in differenti intervalli di pendenza. Le frane di tipo scorrimento rotazionale, a differenza delle altre forme riconosciute, sembrano maggiormente influenzate dal fattore esposizione del versante, che, a sua volta, risulta fortemente condizionato dall'assetto morfologico generale e dallo sviluppo della rete idrografica. Nell'insacco delle colate veloci di terra, di contro, risulta essere prevalente il controllo esercitato dal fattore litologico e dalla entità delle precipitazioni che si susseguono nell'arco di un periodo di tempo limitato e che determinano il raggiungimento ed il superamento delle soglie pluviometriche caratteristiche per ogni terreno.

Ringraziamenti — Ricerca effettuata nell'ambito del Progetto “Valutazione dell'entità dell'erosione del suolo in aree significative della Sicilia”, responsabile V. Agnesi, cofinanziato con fondi PRIN 2002 nell'ambito del Progetto nazionale EROMED coordinato da G. Rodolfi, Università di Firenze. Stampa finanziata con fondi del Progetto “Analisi e valutazione dei processi di erosione idrica in aree significative della Sicilia e loro comparazione con aree circummediterranee”, responsabile V. Agnesi, cofinanziato con fondi PRIN 2004, nell'ambito del Progetto nazionale EROMED coordinato da G. Rodolfi, Università di Firenze.

BIBLIOGRAFIA

- A.R.T.A. SICILIA, 1994 — *Sezione n. 621040. — Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia.*
- ABATE B., RENDA P. & TRAMUTOLI M., 1988a — Note illustrative della carta geologica dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali (Sicilia centro-settentrionale). — *Mem. Soc. geol. ital.*, 41: 475-505.
- ABATE B., PESCATORE T., RENDA P. & TRAMUTOLI M., 1988b — Schema geologico dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali (Sicilia centro-settentrionale). — *Mem. Soc. geol. ital.*, 41: 464-474.
- AGNESI V., DEL MONTE M., FREDI P., MACALUSO T. & MESSANA V., 1996 — Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'erosione del suolo nel bacino del fiume Imera Settentrionale (Sicilia centro-settentrionale). — Atti della Giornata di Studio “POP Sicilia – Cartografia Tematica, Morfologia delle Coste, Erosione del Suolo e Gestione dei Sedimenti”, *Space Applications Institute*, EUR 17262 IT: 101-115.

- CICCACCI S., FREDI P., LUPIA PALMIERI E. & PUGLIESE F., 1981 — Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali. — *Boll. Soc. geol. ital.*, 99 (1980): 455-516.
- ESRI, 1999 — ArcView 3.2 User Manuals. — *Environmental System Research Institute*, 380 New York Street, Redlands, CA, 92373 USA.
- FERRO V., 2006 — La sistemazione dei bacini idrografici. — *McGraw-Hill*.
- GRUPPO DI LAVORO PER LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGIA. SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, GRUPPO NAZIONALE DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA, 1994 — Carta Geomorfologia d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento. — *Serv. geol. naz., Quaderni*, s. III, 4, Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- HORTON R.E., 1932 — Drainage basin characteristics. — *American geophysical Union Trans*, 14: 446-460.
- HORTON R.E., 1945 — Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. — *Bull. geol. Soc. Am.*, 56: 275-370.
- LUPIA PALMIERI E., 1983 — Il problema della valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali. — *Atti 23° Congr. Geogr. ital.*, 2 (1): 143-176.
- RODOLFI G. & RASCATI F., 1979 — Area rappresentativa dell'Alta Caldera. Memorie illustrative della carta geomorfologia. — *Annali*, X.
- THIESSEN A.H., 1911 — Precipitation averages for large areas. — *Monthly Weather Rev.*, 39 (7): 1082-1084.

Indirizzo degli Autori — V. AGNESI, C. CAPPADONIA, C. CONOSCENTI, Dipartimento di Geologia e Geodesia, Via Archirafi 22 - 90123 Palermo (I), agnesi@unipa.it, conoscenti@unipa.it, cappadonia@unipa.it

