

CLEMENTE STEFANO FOLCHI VICI D'ARCEVIA (*), BERNARDINO GENTILI (**),
LUCIA LUZI (***) , GILBERTO PAMBIANCHI (**) & FRANCESCO VIGLIONE (****)

DEEP-SEATED GRAVITATIONAL SLOPE DEFORMATION IN THE CENTRAL-SOUTHERN UMBRO-MARCHEAN APENNINES: MORPHOMETRIC AND MACROSTRUCTURAL ANALYSES

ABSTRACT: FOLCHI VICI D'ARCEVIA C.S., GENTILI B., LUZI L., PAMBIANCHI G. & VIGLIONE F., *Deep-seated gravitational slope deformation in the central-southern umbro-marchean Apennines: morphometric and macrostructural analyses* (IT ISSN 0391-9838, 1996).

In the present paper the results of a statistical analysis are shown, performed on deep-seated gravitational slope deformation phenomena, mapped in the central Apennines, located in 9 1:100,000 scale map sheets (Nos 116 Gubbio, 117 Jesi, 123 Assisi, 124 Macerata, 131 Foligno, 132 Norcia, 133 Ascoli Piceno-Giulianova, 138 Terni, 139 L'Aquila), to characterize the parameters which determine their distribution or their activation. The proposed method is based on a preliminary interpretation of aerial photographs at medium scale (1:33,000) and on a subsequent detailed geological-geomorphological field survey (1:25,000, 1:10,000 scale) aimed at collecting lithostratigraphical and tectonic data of the bedrock, to identify the different movement types. The field data are collected through a hard copy checklist and subsequently codified and inserted into a data base management system to perform the statistical analysis. The results obtained show how these phenomena are determined by particular combinations of lithological, tectonic, structural and morphological factors.

KEY WORDS: Deep-seated gravitational slope deformation, Morphometric analyses Macrostructural analyses, Central Apennines, Italy.

RIASSUNTO: FOLCHI VICI D'ARCEVIA C.S., GENTILI B., LUZI L., PAMBIANCHI G. & VIGLIONE F., *Analisi morfometrica e macrostrutturale delle deformazioni gravitative profonde di versante del tratto centro-meridionale dell'Appennino umbro-marchigiano* (IT ISSN 0391-9838, 1996).

Vengono illustrati i risultati di un'indagine statistica, relativa agli elementi geomorfologici caratteristici delle deformazioni gravitative profonde di versante, rilevate in un ampio tratto dell'Italia centrale, contraddistinto dal tipico assetto geologico dell'Appennino umbro-marchigiano. L'indagine, finalizzata all'individuazione e allo studio di detti fenomeni gravitativi, si è basata sulla preliminare interpretazione di fotografie aeree a media scala (1:33.000) e sul successivo rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio (scale 1:10.000 e 1:25.000).

Sono stati così individuati i fenomeni gravitativi, definendone le caratteristiche litostutturali e tettoniche dei corpi rocciosi, i rapporti con eventuali depositi continentali ed i principali meccanismi deformativi. I dati di campagna, riportati su scheda e successivamente codificati ed elaborati statisticamente, hanno permesso di stabilire delle correlazioni, talora piuttosto strette, tra i fenomeni deformativi ed i fondamentali parametri morfometrici dei versanti, oltre che con le condizioni litostutturali e tettonico-strutturali del substrato roccioso.

I 49 casi di deformazione gravitativa profonda di versante studiati, hanno permesso di evidenziare i diversi fattori di controllo di tali complessi fenomeni, all'interno delle formazioni calcaree ed arenacee dell'Appennino umbro-marchigiano.

I fenomeni di *lateral spreads* (distinti in *deep-seated block slide* e *lateral spreads* s.s.) prevalgono nettamente nelle rocce lapidee intercalate o sovrapposte a termini pelitici o caratterizzate da livelli intensamente tettonizzati o carsificati; talora risultano guidati da piani di sovrascorrimento. I fenomeni di *sackungs* sono per lo più presenti negli ammassi rocciosi fratturati, di maggior spessore, che costituiscono versanti con più elevati valori dell'energia di rilievo e dell'acclività. Tra i parametri geologico-strutturali risulta di fondamentale importanza la presenza di discontinuità tettoniche (fratture, faglie, sovrascorrimenti e retroscorrimenti), come è testimoniato sia dalla buona corrispondenza tra le direzioni di faglie e/o fratture e trincee, che dalla presenza di lineazioni tettoniche in più del 60% dei fenomeni rilevati. L'attività tettonica, in combinazione con cause climatiche, ha inoltre generato l'energia di rilievo necessaria all'innescio delle deformazioni. Importante risulta essere infine l'assetto giaciturale dei corpi rocciosi stratificati; nel 75% dei casi studiati, ricorrono infatti disposizioni degli strati a franapoggio, con inclinazione minore del pendio.

Per quanto riguarda i parametri morfometrici e morfologici del versante si evidenzia un valore minimo di 200 m dell'energia di rilievo necessario per l'innescio dei fenomeni deformativi, che può raggiungere i 900 metri, nei litotipi a più elevata competenza. La lunghezza del versante non risulta essere un fattore di controllo determinante, presentando comunque un intervallo maggiormente ricorrente tra i 900 ed i 1900 metri.

L'angolo di inclinazione del versante ha un valore medio pari a 22° che aumenta in assenza di faglie e/o fratture e diminuisce, al contrario, in presenza di esse e/o di sequenze litologiche costituite da calcari e calcari marnosi su marne e marne calcaree. La forma del versante in più del 70% dei casi risulta essere convessa e la profondità media stimata di tali deformazioni si attesta intorno ai 100 metri.

I fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante studiati, ricorrono con maggiore frequenza lungo i fronti di sovrascorrimento e/o di retroscorrimento e, soprattutto, nell'area meridionale, dove più rapido

(*) Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra, Università di Ancona.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino.

(***) Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico, CNR, Milano.

(****) Istituto di Ingegneria Ambientale, Università di Perugia.

Work supported by Murst 40% fund.

ed intenso è stato il sollevamento neotettonico. Inoltre la presenza di tali fenomeni deformativi in aree caratterizzate da minori energie di rilievo, ma interessate da più intensa attività sismica, permette di ipotizzare un loro stretto collegamento con eventi sismici di notevole intensità.

TERMINI CHIAVE: Deformazioni gravitative profonde di versante, Analisi morfometrica, Analisi macrostrutturale, Appennino Centrale.

INTRODUCTION

The present work reports the results of a statistical analysis of deep-seated gravitational slope deformation phenomena mapped in the central Apennines (Map sheet Nos 116 Gubbio, 117 Jesi, 123 Assisi, 124 Macerata, 131 Foligno, 132 Norcia, 133 Ascoli Piceno-Giulianova, 138 Terni, 139 L'Aquila). The aim is to afford a preliminary characterization of the parameters regulating their distribution or which are determinant in triggering them. A further aim is to study the connections between gravitational movements and neotectonic activity, as reported by other Authors (CARRARO & *alii*, 1979; GUERRICCHIO & MELIDORO, 1981; SAVAGE & SWOLFS, 1986; BLUMETTI & *alii*, 1990; DRAMIS & SORRISO VALVO, 1994; DRAMIS & *alii*, 1995).

This study is part of a systematic mapping project at scales of 1:10,000 and 1:25,000 of the deep-seated gravitational slope deformation phenomena and large landslides started many years ago; so far many works have been published (COPPOLA & *alii*, 1978; DRAMIS & *alii*, 1987 and 1988; GENTILI & *alii*, 1992; FOLCHI VICI & *alii*, 1993; GENTILI & PAMBIANCHI, 1993 and 1994; FARABOLLINI & *alii*, 1995). The purpose of the project is to give an investigatory methodology for surveying and systematically classifying large-scale earth movements in the Central Apennines and to create thematic maps for studying the hazard arising from gravitational phenomena. The method proposed is based on a preliminary interpretation of medium-scale (1:33,000) aerial photographs and subsequent detailed geological-geomorphological surveys (at scales of 1:25,000 and 1:10,000). Particular care has been taken in collecting the data regarding the lithostructural and tectonic setting of the bedrock, with a view to interpreting the various types of movement. The geological-structural parameters and geomorphological characteristics of the mapped phenomena have been collected and classified on appropriate check-lists for setting up a data bank. The last phase consists in a statistical elaboration of the information collected. The present paper reports the results obtained for deep-seated gravitational slope deformation phenomena (fig. 1).

THE MAIN STRUCTURES

In the Umbro-Marchean Apennine area studied here, terrains of the Umbro-Marchean stratigraphic series crop out, formed of a sedimentary sequence with levels of differing stiffness (CENTAMORE & DEIANA, 1986). This sedimentary cover is made up of:

1) a carbonatic platform limestone unit approx. 800 m thick (Calcere Massiccio, Upper Trias-Lower Lias);

2) a well-stratified pelagic and hemipelagic succession (Middle Lias-Miocene p.p.) made up of limestone, silicious limestone, marly limestone, and marls of varying thickness in the northern and central zones between 1400 and 900 m a.s.l., related with the presence of the complete, compounded or condensed succession. In the southern portion of the area, the presence of considerable quantities of limestone deriving from the disintegration of the Latium-Abruzzi platform makes it extremely difficult to determine the thickness of the facies;

3) turbiditic silico-clastic deposits of the Umbrian, inner Marchean, outer Marchean, and «della Laga» Basins (Lower Miocene-Pleistocene).

The area of study is that part of the Apennines bordered to the west by the Umbrian Basin and to the east by the outer Marchean Basin. It is formed by the Umbro-Marchean anticline ridges to the west and the Marchean one to the east which are separated by the inner Marchean Basin syncline; to the south of the internal syncline these ridges join together, giving rise to the massif of the Sibillini Mts.

The Umbro-Marchean ridge is made up of a series of periclinal and of more complex anticline structures superimposed on each other with eastern vergence and thrust onto the silicoclastic sediments of the inner Marchean Basin; the Marchean ridge is mainly formed of an anticline which is superimposed on the Tertiary terrains of the outer Marchean Basin along a thrust plane which to the north of the River Chienti valley is not visible in outcrops.

The structure of the Sibillini Mts is also made up by a set of thrusts and is tectonically superimposed on the «della Laga» Basin terrains, along a complex thrust structure.

In addition, the survey area covers the eastern part of Laga Mountains, including the Montagna dei Fiori ridge structure, tectonically superimposed on the Tertiary turbiditic deposits of the «Laga» Formation (fig. 1).

The above-mentioned compressional structures, originated in Upper Miocene-Lower Middle Pliocene, were subsequently dislocated, starting in Upper Pliocene, by a series of direct faults trending prevalently between NNW-SSE and WNW-ESE; these are grouped in belts and have given rise to tectonic depressions of varying sizes (e.g., those of Montelago, Norcia, and Castelluccio) and to slopes with high relief.

ELEMENTS CONSIDERED

For the statistical survey of the observed deep-seated gravitational slope deformation phenomena, some factors considered significant were encoded and incorporated into a data bank. The lithotypes were first encoded as individual formations, and then regrouped as sequences, in particular as alternations of limestone lithotypes (C), limestone and marly limestone formations stratigraphically underlying marly formations (CM), marly formations underlying limestone ones (MC), or as alternations of arena-