

GIOVANNI CROSTA (\*) & CARLO ALBERTO GARZONIO (\*\*)

## SUBSIDENCE AND SLOPE DEFORMATION PHENOMENA IN THE GAVORRANO MINING AREA (Tuscany, Italy)

**ABSTRACT:** CROSTA G. & GARZONIO C.A., *Subsidence and slope deformation phenomena in the Gavorrano mining area (Tuscany, Italy)* (IT ISSN 0391-9838, 1996).

Subsidence phenomena, especially in mining districts with high extraction ratio and more surficial working, can play a major role in activating slope instability processes. In fact, subsidence can improve the action of gravity increasing the state of stress within an overlying hillslope. In the literature very few papers have been published about this problem. In this work it is presented a case history from Gavorrano, an old pyrite mine within the Metalliferous Hills Mining District (Tuscany, Italy). A huge subsidence phenomenon, interesting a hillslope, has been able to trigger an important slope instability process mainly by accentuating some possible natural instabilities. Field work, both at the surface and within the mine tunnels, allowed the geological and the rock mass characterization. The collected data have been successively employed to perform some simplified numerical simulations (by the distinct element method) to help in a better understanding of the phenomenon and in deciding about possible deep seatedness of the induced slope instability and the role of the mining protracted for almost a century.

**KEY-WORDS:** Subsidence, Slope deformation, Pyrite, Mining, Numerical modelling, Tuscany (Italy).

**RIASSUNTO:** CROSTA G. & GARZONIO C.A., *Subsidenza e deformazioni di versante nell'area mineraria di Gavorrano (Toscana)* (IT ISSN 0391-9838, 1996).

I fenomeni di subsidenza possono costituire una notevole conseguenza dell'estrazione di grandi quantità di minerale specie in zone ove l'estrazione avviene a media o piccola profondità. La subsidenza può infatti causare la variazione dello stato di sforzo nel versante sovrastante,

inducendo aree di prevalente trazione e altre di compressione. Inoltre, la variazione topografica conseguente alla subsidenza può spesso facilitare l'azione della gravità sui pendii coinvolti. Nella letteratura tecnica riguardante i fenomeni di subsidenza si trovano relativamente pochi riferimenti agli effetti sulla stabilità di versanti. Il caso presentato in questo lavoro è quello della miniera di pirite di Gavorrano (Colline Metallifere, Toscana) ove l'estrazione durata circa cento anni ha indotto la rimobilizzazione di un settore di versante a seguito di un fenomeno di subsidenza. La raccolta di dati geologici e geomeccanici, in superficie come in sotterraneo, ha permesso di caratterizzare l'area in esame offrendo lo spunto per l'esecuzione di alcune modellazioni numeriche col metodo degli elementi distinti. Tali modellazioni hanno avuto come scopo sia la comprensione del fenomeno che la stima del coinvolgimento del versante. Quest'ultimo motivo è infatti importante qualora si desideri arrivare ad una classificazione del fenomeno di instabilità e in particolare per valutarne le dimensioni. Ne è risultato, sia per motivi geometrici che per la relativa lentezza di realizzazione, che tale instabilità può essere classificabile come una deformazione gravitativa di versante, in cui una perturbazione di origine antropica e della durata complessiva nota di circa un secolo, ha favorito l'azione della forza di gravità.

**TERMINI CHIAVE:** Subsidenza, Instabilità di versante, Miniera di Pirite, Modellazione numerica, Toscana.

### INTRODUCTION

Gravity is the driving factor in a deep seated slope gravitational deformation. Nevertheless, the action of gravity being always present, it becomes more effective when some external factor increases the degrees of freedom of the involved system. Subsidence phenomena are a clear example of such preparing factors allowing the development of very large deformations. The interaction of slope stability with mining induced subsidence is a more specific example of such a process, common in nature but rarely described in the technical literature both treating slope instabilities and mining consequences. At the same time, pre-existing slope instabilities interacting with subsidence pheno-

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, via Mangiagalli 34 - 20133 Milano.

(\*\*) Dipartimento di Urbanistica e Pianificazione del Territorio, via Micheli 2 - 50121 Firenze.

The authors are indebted to the Nuova Solmine & Nuova Campiano staff for the continuous support provided during the work both inside and outside of the mine.