

## SUOLI DELLE NICCHIE DI DISTACCO DELLE FRANE D'ISCHIA

### SOILS OF THE DETACHMENT CROWNS OF ISCHIA LANDSLIDES (ITALY)

SIMONA VINGIANI(\*) & FABIO TERRIBILE(\*)

(\*) Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta, dell'Ambiente e delle Produzioni Animali - Facoltà di Agraria - Università degli Studi di Napoli "Federico II"

#### RIASSUNTO

Questo articolo rappresenta un contributo di carattere pedologico alla conoscenza dei suoli delle nicchie di distacco delle frane avvenute ad Ischia il 30 Aprile 2006 sul Monte di Vezzi. Tale contributo assume particolare rilevanza considerato che il materiale mobilizzato dalle frane è costituito prevalentemente da suoli con diverso grado di pedogenesi e pochi frammenti rocciosi.

Lo studio è stato condotto su due profili di suolo campionati in due nicchie di distacco rappresentative dei fenomeni franosi avvenuti. I principali risultati delle analisi chimiche, fisiche e mineralogiche evidenziano: (i) la presenza di rilevanti discontinuità verticali di tipo morfologico, chimico e fisico nei profili pedologici, (ii) assenza di minerali argillosi cristallini e ridotto contenuto di minerali a basso ordine cristallino (allofane, imogolite e ferridrite), (iii) elevato contenuto di vetro primario. I suoli studiati sono alquanto diversi dai tipici Andosuoli rilevati nelle nicchie di distacco di altre frane catastrofiche campane (Sarno, Quindici, ecc.) e la loro classificazione, secondo WRB, varia dai Vitric Andosols ai Cambic Regosols. In ogni caso, le frane d'Ischia, analogamente alle altre frane campane, presentano nella copertura pedologica discontinuità di tipo naturale (in senso verticale) e antropiche/naturali (in senso orizzontale) che si ritiene abbiano contribuito nel meccanismo d'innescio di queste frane. I principali risultati di questo lavoro hanno messo in evidenza sia la necessità di ulteriori studi su genesi (geologica e pedologica) e funzione delle discontinuità osservate che l'opportunità di una gestione degli ecosistemi, che tenga conto di ogni discontinuità naturale ed antropica della copertura pedologica.

**TERMINI CHIAVE:** *Andosuoli, frane campane, proprietà tixotropiche, variabilità granulometrica, indice delle proprietà andiche (IAP)*

#### INTRODUZIONE

In questo articolo vengono presentati i risultati preliminari di uno studio pedologico riguardante le frane verificatesi il 30 Aprile 2006, sulla sommità del versante settentrionale del Monte di Vezzi, nell'isola d'Ischia. La tipologia con cui gli eventi franosi si sono sviluppati, *debris slides – debris flows* con una fase intermedia di *debris-avalanches* (DE VITA *et alii*, in questo volume), è apparsa immediatamente simile a quella dei fenomeni che da anni interessano i versanti dei rilie-

#### ABSTRACT

This paper represents a pedological contribution on the understanding of the soils of the detachment crowns of the landslides occurred in Ischia on April 30<sup>th</sup> 2006 at Monte di Vezzi. Such contribution is relevant considering that the material mobilised by the landslides is mainly composed of soils with various degree of pedogenesis and very few rock fragments. The study has been conducted on two soil profiles sampled on two representative detachment crowns. The main outcome of the chemical, physical and mineralogical analysis is: (i) presence of relevant morphological, chemical and physical vertical discontinuities in the soil profiles, (ii) absence of crystalline clay minerals and low content of poorly ordered clay minerals, like allophane, imogolite and ferrihydrite, (iii) high content in primary glass. The studied soils are somehow different from the typical Andosols reported in the detachment crowns of other Campania catastrophic landslides (Sarno, Quindici, etc.) and their classification, according to WRB, ranges from Vitric Andosols to Cambic Regosols. Anyway, Ischia landslides, as well as the other Campania landslides, present both natural vertical discontinuities and anthropic/natural horizontal discontinuities of the soil cover that surely contributed to the initiation mechanisms of these landslides. The main findings of this work emphasise both (i) the need for further works on genesis (geological/pedological) and function of the observed discontinuities and (ii) the need for an ecosystem management caring for any natural and anthropic discontinuities of the soil cover.

**KEYWORDS:** Andosols, Campania landslides, thixotropic properties, grain size variability, index of andic properties (IAP)

#### INTRODUCTION

In this paper are presented preliminary results of a pedological study regarding landslides occurred on April 30<sup>th</sup> 2006, on the top of the northern slope of Monte di Vezzi, in the Ischia island. The type of mechanism occurred during these landslide events, classified complex debris slide - debris flow with an intermediate phase of debris avalanche (DE VITA *et alii*, in this issue), immediately appeared very similar to phenomena affecting slopes of Campania

vi calcarei del territorio campano. Infatti, la casistica di eventi franosi in Campania è tristemente ampia. Già il Progetto AVI del CNR GNDCI (AVI PROJECT, 1998) evidenziava che, tra il 1918 ed il 1994, la Campania era in cima alla lista delle regioni italiane per numero di frane e piene, con 3152 località colpite da eventi franosi. Dati aggiornati, che prendono in esame anche fonti storiche, indicano che tra il 1580 ed il 2002 le frane che hanno prodotto danni a persone sono state 453, portando alla morte oltre 1300 persone (SICI, 2007). Eppure, nonostante la rilevanza sociale di questi eventi ed, in molti casi, l'evidenza del ruolo cruciale che i suoli hanno nel controllo di questi fenomeni, gli studi pedologici nelle aree di frana risultano tradizionalmente poco sviluppati in Italia, soprattutto in Campania. Nel 1998, successivamente agli eventi franosi che colpirono il Pizzo d'Alvano nel maggio di quello stesso anno, hanno avuto inizio i primi lavori a carattere pedologico in aree di frana campane, seguendo un approccio di tipo multidisciplinare (idrologia e pedologia). Sono state determinate le proprietà chimiche e chimico-fisiche dei suoli delle nicchie di distacco delle frane di Sarno e Quindici (TERRIBILE *et alii*, 2000), che hanno portato all'identificazione di suoli della tipologia degli Andosuoli. Uno studio successivo (BASILE *et alii*, 2003) ha consentito di acquisire conoscenze di carattere idrologico sugli stessi suoli. Sulla base dei dati misurati è stato simulato il comportamento dei flussi idrici, applicando un modello idropedologico bidimensionale, il cui dominio di simulazione ha un inizio fissato a 4 mesi dall'innesco delle frane. Andosuoli sono stati descritti ed analizzati anche in 19 nicchie di distacco di altre frane campane (S. Felice a Cancellò, Cervinara, ecc.), considerate tra le più catastrofiche, in termini economici e di vite umane, registrate in questa regione nell'ultimo secolo (TERRIBILE *et alii*, 2007).

Presenza di vetro primario nella frazione sabbiosa e di minerali argillosi a basso ordine cristallino (allofane, imogolite e ferriidrite) nelle frazioni fini, densità apparente generalmente bassa ed elevato contenuto di carbonio organico sono tra le proprietà chimico-fisiche che rendono unici gli Andosuoli e gli consentono di sostenere ecosistemi forestali di elevato pregio. Ma alcune delle proprietà fisiche degli Andosuoli possono essere considerate fattori predisponenti nelle dinamiche d'innesco dei fenomeni franosi, conferendo notevole sensibilità e fragilità a questi ecosistemi. Gli Andosuoli sono infatti caratterizzati da: i) bassa capacità di adesione ai substrati (YAMANAKA, 1964), ii) bassa coesione interna (MAEDA *et alii*, 1977), iii) alta suscettibilità alla liquefazione (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 2004), iv) alta ritenzione idrica ed alta conducibilità idraulica (TERRIBILE *et alii*, 2000; BASILE *et alii*, 2003). A causa di questa loro "fragilità" intrinseca, l'individuazione nel territorio di questa particolare tipologia di suoli sarebbe di aiuto nella definizione delle aree a rischio, consentendo di migliorare il monitoraggio dei fenomeni franosi.

## MATERIALI E METODI

Questo studio pedologico preliminare ha riguardato i suoli delle nicchie di distacco delle frane 2 e 3 (per l'ubicazione delle frane, si è scelto di fare riferimento al lavoro di IOVINO *et alii*, in questo volume).

calcareous relieves since many years. In fact, the Campania region has a sad and long history of landslide events. The AVI project of CNR GNDCI (AVI PROJECT, 1998) evidenced that between 1918 and 1994 the Campania region was the first Italian region for number of landslides and flood events, with 3152 sites hit by landslides. Recent data, considering historical sources too and regarding years between 1580 and 2002, indicate 453 landslides producing damages to people, leading more than 1300 persons to death (SICI, 2007). Although the social relevance of these events and, for many cases, the large evidence of the crucial rule of the pedological control in these phenomena, soil studies in landslide areas are not so common in Italy, in particular in the Campania region. In the 1998, after the occurrence of the Pizzo d'Alvano landslides on May of the same year, the first pedological studies started in a Campania landslide area, with a multidisciplinary approach (hydrology and pedology). Chemical and physical properties were measured on the soils of the detachment crowns of Sarno and Quindici landslides (TERRIBILE *et alii*, 2000). Soils were classified as Andosols. In a following study (BASILE *et alii*, 2003), the water behaviour inside the same soils was investigated by means of an hydropedological two dimensional model, in a simulation domain beginning 4 months before landslides triggering. Andosols have been described and analysed in other 19 detachment crowns (S. Felice a Cancellò, Cervinara, ecc.) of Campania landslides, chosen between the more catastrophic landslides, in terms of human life and damages to infrastructures, occurred in the last century in this region (TERRIBILE *et alii*, 2007). Presence of primary glass in the sand fraction and poorly crystallized clay minerals (allophane, imogolite and ferrihydrite) in the fine fraction, the very low bulk density and the high organic carbon content make the unicity of Andosols, abling them to sustain forest ecosystems of great value. There are some physical properties of Andosols which can be considered predisposing factors to landslides and inducing remarkable fragility to ecosystems: i) low adhesion to substrates (YAMANAKA, 1964), ii) materials with low inner cohesion (MAEDA *et alii*, 1977), iii) high susceptibility to liquefaction (SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 2004), iv) high water retention and high idraulic conductivity (TERRIBILE *et alii*, 2000; BASILE *et alii*, 2003). Due to their "fragility", the clear positioning of this particular kind of soils in the environment could help to define risk areas and be very useful in landslides monitoring.

## MATERIALS AND METHODS

This preliminary study has been carried out on the detachment crowns of the n° 2 and 3 landslides (the right position of landslides is given in the contribution of IOVINO *et alii*, this issue). Two soil pro-

Due profili di suolo (sezioni bidimensionali, in cui è possibile osservare il suolo dalla superficie fino in profondità), profondi circa 100 cm e ritenuti rappresentativi dal punto di vista morfologico (pendenza del versante, suolo integro non disturbato, etc.) dell'ambiente in esame, sono stati selezionati all'interno delle nicchie di distacco. Il P1 è stato descritto nella frana 2 ed il P2 nella frana 3 (vedi Annex 1a e 1b). La nicchia di distacco della frana 3 è posta a monte di una parete rocciosa verticale alta tra i 15 e i 20 m. I profili pedologici sono stati descritti secondo la metodologia FAO (1990) e campionati per le analisi di laboratorio. Tra le analisi di campo, è stata effettuata anche la stima delle proprietà tissotropiche utilizzando un test di sensibilità (WELLS & FURKERT, 1972).

Le proprietà tissotropiche fanno riferimento alla tissotropia, trasformazione reversibile gel-soluzione-gel che si verifica in alcuni materiali quando sono sottoposti ad una pressione meccanica seguita da una fase di riposo (JUMIKIS, 1967). Essendo gli Andosuoli dotati di spiccate proprietà tissotropiche (SHOJI *et alii*, 1993), questo test può fornire buone indicazioni per l'identificazione degli Andosuoli direttamente in campo.

I campioni di suolo sono stati essiccati all'aria e setacciati a 2 mm, sono state determinate (in %) le quantità di scheletro ( $\phi > 2$  mm) e di terra fine ( $\phi < 2$  mm). Le analisi chimiche e chimico-fisiche sono state condotte sulla terra fine, secondo i Metodi Ufficiali di Analisi Chimica del Suolo (MIPAF, 2000). Il pH è stato determinato per via potenziometrica su sospensioni suolo-H<sub>2</sub>O (rapporto 1:2.5), suolo-soluzione KCl 1M e NaF (in rapporto 1:2.5 e 1:50 rispettivamente). Il carbonio organico è stato determinato con il metodo Walkley e Black, mediante ossidazione della componente organica con potassio bicromato in presenza di acido solforico. La determinazione della distribuzione granulometrica è stata effettuata dopo dispersione del campione con sodio esametafosfato. Le frazioni comprese tra 2 e 0.2 mm sono state determinate mediante setacciatura ad umido, quelle inferiori a 0.2 mm per sedimentazione (metodo della pipetta), utilizzando la legge di Stokes. La ritenzione fosfatica è stata determinata su campione trattato con una quantità definita di soluzione di potassio diidrogeno fosfato a pH 4.6 (BLACKEMORE *et alii*, 1987). Le estrazioni selettive di Fe, Al e Si con ossalato d'ammonio acido (pH 3) (Feox, Alox, Siox) e pirofosfato di sodio (Fep, Alp, Sip) sono state effettuate secondo i metodi di SCHWERTMANN (1964) e BASCOMB (1968), rispettivamente, ed i contenuti di Fe, Al e Si determinati mediante Spettrofotometria ad Emissione Atomica, utilizzando un ICP-AES modello Liberty 150, Varian. Tutti i suoli sono stati classificati usando il WRB (2006), il sistema di classificazione, correlazione e comunicazione attualmente utilizzato in Europa per i suoli. L'analisi mineralogica per diffrazione a raggi-X (XRD) è stata effettuata su campioni di sabbia, limo ed argilla. I campioni sono stati dispersi e separati in diverse frazioni granulometriche, mediante setacciatura, per la frazione sabbiosa, e centrifuga, per la frazione argillosa. La frazione argillosa è stata saturata con CaCl<sub>2</sub> e lavata con acqua ed acetone fino alla scomparsa dei cloruri. L'acquisizione degli spettri è stata effettuata con diffrattome-

files (bidimensional sections, in which it is possible to observe a soil from the top to the bottom), approximately 100 cm deep and considered (according to slope gradient, undisturbed soils, etc.) representative of this specific environment, have been selected in the detachment crowns. The P1 has been described in the landslide n° 2 and P2 in the n° 3 (see Annex 1a and 1b). The crown of the n° 3 landslide is located at the top of a vertical rock wall, 15-20 m high. Soil profiles have been described using FAO methodology (1990) and sampled for analyses. As field analyses, thixotropic properties have been estimated using a sensitivity test (WELLS & FURKERT, 1972).

Thixotropic properties are referred to thixotropy, a reversible gel-sol-gel transformation in certain materials brought about by a mechanical disturbance followed by a period of rest (JUMIKIS, 1967). Being Andosols characterised by very high thixotropic properties (SHOJI *et alii*, 1993), this test gives good indications for the Andosols identification directly in field.

Soil samples have been air dried and sieved at 2 mm, percentage of coarse fragments ( $\Phi > 2$  mm) and fine earth fraction ( $\Phi < 2$  mm) have been calculated. Chemical and physical analysis have been carried out on the fine earth fraction, using the Italian Official Methods of Soil Chemical Analysis (MIPAF, 2000). The soil pH has been determined potenziometrically in suspensions soil-H<sub>2</sub>O (ratio 1:2.5), soil solution KCl 1M and NaF (ratio 1:2.5 and 1:50, respectively). The organic carbon content has been determined with the Walkley and Black method, by means of organic matter oxidation with potassium bichromate, in sulfuric acid presence. The determination of the particle size distribution has been carried out on the fine earth, after soil dispersion by Na-hexametaphosphate. Fractions between 2 and 0.2 mm have been determined by means of sieving humid sample, those less than 0.2 mm by sedimentation (pipette method), using the Stokes law. The phosphate retention has been determined on samples treated with a definite quantity of potassium phosphate monobasic at pH 4.6 (BLACKEMORE *et alii*, 1987). Selective extractions of Fe, Al and Si with acid (pH 3) ammonium oxalate (Feox, Alox, Siox) and Na pyrophosphate (Fep, Alp, Sip) have been carried out according to SCHWERTMANN (1964) and BASCOMB (1968), respectively and contents of Fe, Al and Si determined by means of Atomic Emission Spectrometry, using an ICP-AES Varian Liberty model 150. All soils have been classified using the WRB (World Reference Based for Soil Resources) the framework for international classification, correlation and communication about soils actually used in Europe (WRB, 2006). Mineralogical analysis, by means of X-ray diffractometry (XRD), have been carried out on sand, silt and clay fractions. Samples have been dispersed and separated in different sizes by means of sieving, for sand fraction, and centrifuge, for clay fractions. The clay fraction has been saturated using CaCl<sub>2</sub> and washed with water and acetone, till removal of chlorides. Mineralogical analysis spectra have been acquired with a Rigaku Geigerflex D/Max IIIC, with CuK $\alpha$  radiation, Ni filtered, at 40 kW and 25 mA. Powder samples of sand

tro Rigaku Geigerflex D/Max IIIC, con radiazione  $\text{CuK}\alpha$ , Ni filtrata, a 40 kW e 25 mA. Sono stati analizzati campioni non orientati di poveri della frazione sabbiosa (2 mm-20  $\mu\text{m}$ ), limosa (20-2  $\mu\text{m}$ ) ed argillosa (< 2  $\mu\text{m}$ ) per la determinazione dei minerali primari, e campioni orientati della frazione argillosa per l'identificazione dei minerali secondari. Sono state condotte osservazioni al microscopio ottico in luce riflessa sulla frazione sabbiosa grossolana (2-0.2 mm) per il riconoscimento e la quantificazione del vetro vulcanico.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

I due suoli esaminati presentano un orizzonte di superficie organo-minerale (A e AB), di colore bruno molto scuro, poco umido, avente uno spessore di 5 e 30 cm (in P1 e P2, rispettivamente), e caratterizzata da abbondante (circa 40%) e piccolo (2-5 mm) scheletro di pomici chiare. Al di sotto, sono presenti orizzonti minerali (B1, B2 e BC in P1 e BC in P2) di colore bruno giallastro, con umidità crescente in profondità, con spessori di circa 60 cm complessivi, e abbondante (50-30%) scheletro pomiceo di dimensioni medie (5-20 mm). Gli orizzonti B e BC ricoprono un orizzonte di ceneri sciolte (2C), di colore bruno oliva chiaro, che si presenta bagnato, con acqua libera, e con spessori superiori ai 30 cm, con scheletro scarso (inferiore al 4%). Non è stato possibile proseguire lo scavo oltre i 100 cm a causa dell'elevato contenuto in acqua dei materiali alla data del campionamento (12 maggio c.a.). Nessun orizzonte ha mostrato reazione di effervescenza all'HCl (soluzione al 10%), indicando l'assenza di carbonati nel suolo, e il test delle proprietà tissotropiche è risultato negativo. Essendo gli Andosuoli dotati di spiccate proprietà tissotropiche, dovute alle elevate quantità di materiali allofanici, come descritto per alcuni Andosuoli delle Hawaii (SHOJI *et alii*, 1993), il risultato negativo di questo test indica ridotte proprietà andiche e, probabilmente, suoli non appartenenti alla categoria degli Andosuoli.

L'analisi morfologica di campo dei due profili non evidenzia, entro la profondità di 100 cm, la presenza di sequenze di suoli sovrapposti, appartenenti a cicli pedogenetici diversi. La presenza di suoli sepolti antichi al di sotto di suoli più recenti è frequente e tipica degli ambienti vulcanici, caratterizzati dall'alternanza di fasi di stasi con fasi di attività eruttiva. Suoli sepolti sono stati riconosciuti nei profili pedologici di altre frane campane studiate (TERRIBILE *et alii*, 2000). Quindi, complessivamente, i due suoli di Ischia sono morfologicamente molto simili, tranne per lo spessore dell'orizzonte A superficiale.

I risultati dell'analisi granulometrica sono riportati in tabella 1. Come evidenziato nei grafici riportati nelle figure 1a e 1b, è presente una marcata discontinuità granulometrica alla profondità di 70-80 cm circa, in ambedue i profili pedologici. In particolare, in P1 la quantità di scheletro passa dal 36.2% in BC al 4% nel sottostante orizzonte 2C e nel P2 addirittura dal 48.1% in BC al 4% in 2C (Fig. 1).

Tali differenze si osservano, tra gli stessi orizzonti, anche per quanto riguarda le frazioni più fini (Tab. 1). Si preferisce discutere i dati relativi alle frazioni fini (limo fine e argilla) come dato unico, ottenuto dalla somma dei valori misurati, poiché gli Andosuoli pre-

(2 mm-20  $\mu\text{m}$ ), silt (20-2  $\mu\text{m}$ ) and clay (< 2  $\mu\text{m}$ ) fractions have been analyzed randomly, in order to define primary minerals components, and oriented clay samples have been analysed to identify secondary minerals. Optical microscopy observations in reflex light have been carried out on the coarse sand fraction (2-0.2 mm) in order to recognize and measure volcanic glass percentage.

## RESULTS AND DISCUSSION

Both soils are characterised by a very dark brown organo-mineral topsoil (A and AB horizons), not very moist in field condition, having a thickness between 5 and 30 cm (in P1 and P2 respectively) and characterised by abundant (approximately 40%) small (2-5 mm) coarse fragments constituted by white pumices. Below, there are mineral yellowish brown subsoils (B1, B2 and BC in P1 and BC in P2), increasingly moist along the soil depth; they are 50 to 70 cm thick and have abundant (50-30%) pumiceous fragments of medium size (5-20 mm). The B and BC horizons are overlapped on some clear olive, not massive and water saturated ash layers (2C horizons). These layers have a thickness higher than 30 cm and are poor of coarse fragments (less than 4%). It has not been possible to dig beyond 100 cm depth because of the high water content of the materials at the date of the sampling (12 May current year). No horizon shows reaction to 10% HCl (hydrochloric acid), indicating absence of carbonates in soils and the test of thixotropic properties was negative. Being Andosols characterised by marked thixotropic properties, due to the high amount of allophanic materials, as described for some Andosols from Hawaii (SHOJI *et alii*, 1993), the negative result of this test indicates low andic properties and, probably, soils do not belonging at the Andosols group.

Within 100 cm depth, the morphological analysis of the two soil profiles did not show the presence of buried soil sequences, belonging to different pedogenetic cycles. Their presence is very common and typical of volcanic environments, indicating periods of stasis in the volcanic activity. Buried soils have been recognised in profiles of other Campania landslides (TERRIBILE *et alii*, 2000). Thus, morphological analysis evidence a marked similarity of the two soil profiles of Ischia, except for thickness of the A horizon.

The results of the particle size distribution analysis are reported in table 1. As evidenced in the figure 1a and 1b, a marked lithological discontinuity is present at approximately 70-80 cm depth, in both profiles.

In particular, in P1 the amount of coarse fragments between BC and 2C ranges from 36.2 to 4% and in P2 from 48.1 to 4% between BC and 2C (Fig. 1).

Similar differences have been found, for the same horizons, also for finer fractions (< 20  $\mu\text{m}$ ) (Tab. 1). It has been preferred to discuss data on fine fractions (fine silt and clay) as one only result, obtained by summing measured data, because of the well docu-

Profile	Horizon code	Depth (cm)	Rock fragments (> 2 mm) % total	SG (2 mm-200 µm)	SF (200 µm-20 µm)	L (20 µm-2 µm)	A (< 2 µm)	L + A (> 20 µm)
P1	A	0-5	43.8	44.5	29.8	16.3	9.4	25.7
	B1	5-18	54.6	35.6	37.4	17.4	9.6	27.0
	B2	18-55	31.4	34.8	30.6	21.4	13.2	34.6
	BC	55-70	36.2	21.6	34.4	28.8	15.2	44.0
	2C	70-100	4.0	10.2	38.5	36.2	15.1	51.3
P2	AB	0-30	44.1	46.9	35.2	10.6	7.3	17.9
	BC	30-80	48.1	71.2	11.5	9.7	7.6	17.3
	2C	80-110	4.0	19.6	40.9	25.6	13.9	39.5

Tab. 1 - Risultati di alcune analisi fisiche: granulometria. Legenda: SG = sabbia grossa; SF = sabbia fine; L = limo; A = argilla (le classi granulometriche seguono il sistema ISSS)  
 - Results of some physical analysis: particle size distribution. Legend: SG = coarse sand; SF= fine sand; L = silt; A = clay (particle size classes following ISSS system)

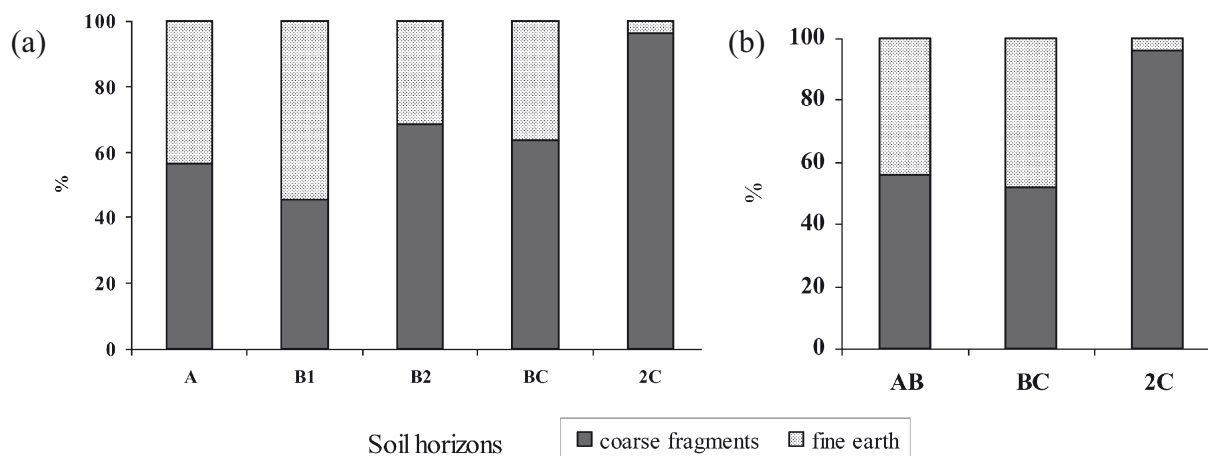


Fig. 1 - Distribuzione (%) di scheletro ( $d > 2\text{mm}$ ) e di terra fine ( $< 2\text{mm}$ ) negli orizzonti di P1 (a) e P2 (b)  
 - Distribution (%) of coarse fragments ( $> 2\text{mm}$ ) and fine earth fraction ( $< 2\text{mm}$ ) in the P1 (a) and P2 (b) horizons

sentano documentati problemi di dispersione (NANZYO *et alii*, 1993; MIZOTA & VAN REEUWIJK, 1993) ai normali reattivi utilizzati nelle metodiche ufficiali per l'analisi granulometrica, che funzionano bene per gli altri tipi di suoli (il Na-esametafosfato è l'agente disperdente raccomandato, che segue gli standard internazionali ISO per l'analisi granulometrica). Negli Andosuoli, l'uso di questo disperdente porta ad una sottostima della frazione argillosa. In P1 si osserva una progressivo aumento delle frazioni fini con la profondità (da 26 a 51%), con una differenza tra BC e 2C evidente (da 44 a 51%) ma non netta, mentre in P2 tale variazione risulta più marcata (da 17 a 40%). Tale discontinuità assume una grande rilevanza in questi suoli, ai fini della valutazione del rischio a franare, poiché si ritiene che giochi un ruolo chiave nel movimento dei flussi idrici dalla superficie verso la profondità e orizzontalmente.

Anche i risultati delle analisi chimiche (Tab. 2) evidenziano ampie similitudini tra i due profili di suolo, fatta eccezione per il contenuto di C organico degli orizzonti superficiali, che risulta molto più elevato in P1 (46.10 e 12.34 g/kg in A - P1 e AB - P2, rispettivamente) che in P2.

Ciò potrebbe indicare che l'area del P2, in cui è avvenuta la frana n° 3, è soggetta nel tempo ad una più intensa, lenta e progressiva ero-

mented problems of Andosols (NANZYO *et alii*, 1993; MIZOTA & VAN REEUWIJK, 1993) to be completely dispersed when submitted to dispersion agents reported in the official methods for soil analysis, but successfully utilized with other soils (e. g., sodium hexametaphosphate which is the recommended dispersant agent following the ISO international standards of soil particle-size analysis). In Andosols, the use of this dispersant agent leads to an underestimation of clay fraction. In P1 it has been observed a regular increase of the fine fraction with depth (from 26 to 51%), with a clear but not abrupt change between BC and 2C (44-51%), while in P2 the change is strongly marked (17-40%). Such discontinuity assumes high relevance in the evaluation of the risk to landslides of these soils, because discontinuities play key rules in the movement of water fluxes from the surface to depth and horizontally.

Also results of chemical and physical analysis (Tab. 2) show that the two soil profiles are very similar in properties, except for organic C content in surface horizons, which is higher in P1 (46.10 and 12.34 g/kg in A-P1 and AB-P2, respectively) than in P2.

Profile	Horizon code	Depth (cm)	pH			Organic carbon g/kg	Alox + 0.5 Feox (IAP) %	Phosphate retention %
			H <sub>2</sub> O	KCl	NaF			
P1	A	0-5	6.93	5.84	9.50	46.10	0.52	25.34
	B1	5-18	6.82	5.41	10.27	12.34	0.77	34.39
	B2	18-55	6.96	4.91	9.44	4.06	0.37	19.25
	BC	55-70	7.44	5.23	9.21	3.08	0.28	15.47
	2C	70-100	7.61	5.09	8.82	0.81	0.10	2.20
P2	AB	0-30	7.2	5.63	10.37	12.99	1.87	2.26
	BC	30-80	7.55	5.27	8.85	1.30	0.19	5.43
	2C	80-110	7.68	4.97	8.44	0.32	0.13	25.34

Tab. 2 - Risultati delle analisi chimiche: pH, carbonio organico, indice delle proprietà andiche (IAP), ritenzione fosfatica  
- Results of chemical analysis: pH, organic carbon, index of andic properties (IAP), phosphate retention

sione rispetto a quella del P1, che non consentirebbe l'accumulo e l'umificazione di materiale organico proveniente dalla vegetazione (foglie, rami, radici). Siccome la presenza di sostanza organica nei suoli da un lato favorisce la formazione di aggregati e lo sviluppo di una struttura stabile, più resistente ai fenomeni di erosione, e dall'altra opera un'azione protettiva degli orizzonti più profondi e fragili in termini di stabilità, si può ritenere che il suolo P2 si trovi in condizioni di maggiore instabilità rispetto a quello P1. La distribuzione del contenuto di carbonio organico con la profondità mostra un decremento continuo (Tab. 2), che conferma l'assenza di suoli sepolti entro la profondità di 100 cm, già ipotizzata con l'analisi di campo.

La reazione del suolo (pH) misurata in H<sub>2</sub>O è neutra in superficie e debolmente alcalina in profondità, sia in P1 che in P2. I valori più elevati vengono misurati in corrispondenza degli orizzonti 2C (7.61-7.68). Il pH misurato in KCl è più basso di 1 fino a 2.5 unità rispetto a quello misurato in H<sub>2</sub>O, con le differenze maggiori riguardanti gli orizzonti 2C. Ciò fa ipotizzare la presenza di una più elevata acidità potenziale, ossia una maggiore concentrazione di ioni H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> sui siti di scambio degli orizzonti 2C profondi. Questi dati sono coerenti con quelli del pH misurato in NaF. Infatti, una differenza evidente si osserva tra i valori di pH misurati per gli orizzonti superficiali (9.50 e 10.37 in A e B1 di P1 e 10.37 in AB di P2) e quelli profondi (8.82-8.44 negli orizzonti 2C di P1 e P2, rispettivamente). Tenendo conto che valori di pH in NaF superiori a 9.4 sono tipici di orizzonti allofanici di Andosuoli (KLEBER *et alii*, 2004) è possibile considerare che soltanto gli orizzonti B1 di P1 e BC di P2 sono allofanici. Utilizzando i dati delle estrazioni selettive, è stato calcolato, applicando la formula di PARFITT (1990), il contenuto di allofane e imogolite per ciascun orizzonte di P1 e P2 (Fig. 2). L'utilizzo di queste metodiche analitiche indirette consente di determinare la quantità di questi minerali nel suolo sulla base di un calcolo (PARFITT, 1990) che tiene conto della loro composizione chimica. Le stesse metodiche analitiche strumentali (XRD, FT-IR, ecc.) tradizionalmente impiegate per la loro identificazione, non ne consentono la quantificazione.

I dati mostrano che tutti gli orizzonti presentano un contenuto bassissimo di allofane e imogolite (inferiore all'1%), ad eccezione di B1-P1 e, in particolare, di AB-P2 (1.4 e 8.4%, rispettivamente), che

This could indicate that the P2 area, where the landslide occurred, is intensively interested by a low and progressive erosion, not allowing accumulation and humification of organic material coming from vegetation (leaves, branches, roots). Since the presence of organic matter i) favours soil aggregates formation and development of a more resistant stable structure to erosion and ii) carries out an important protective action on deeper and unstable horizons, it is possible to consider soil P2 in more unstable and eroded condition than P1. The organic carbon content decreases regularly with depth (see Tab. 1a), confirming the absence of buried soils within 100 cm depth, previously assumed in field.

The soil reaction (pH) measured in H<sub>2</sub>O is neutral in surface and weakly alkaline in depth for both profiles. The highest value has been measured for the 2C horizons (7.61-7.68). The KCl pH is lower of 1 to 2.5 units than H<sub>2</sub>O pH, with greater differences in 2C, indicating the presence of a higher exchangeable acidity, that means higher H<sup>+</sup> and Al<sup>3+</sup> concentration on the exchanging sites, for the deep 2C horizons. These data are coherent with those measured for NaF pH. A marked difference has been observed between the pH of the topsoils (9.50 and 10.37 for A and B1 of P1 and 10.37 in AB of P2) and the deep (8.82-8.44 for 2C of P1 and P2, respectively) horizons. Considering that NaF pH values higher than 9.4 are typical of Andosols allophanic horizons (KLEBER *et alii*, 2004) it is possible to consider only B1-P1 and BC-P2 really allophanic horizons. Applying Parfitt formula (PARFITT, 1990), data of selective extractions have been used to calculate content of allophane and imogolite of each soil horizons of P1 and P2 (Fig.2). The use of these indirect analytical methodologies enable to determine the quantity of these minerals in soils on the base of a calculation (PARFITT, 1990), which take in account their chemical composition. The instrumental analytical techniques (XRD, FT-IR, ecc.), traditionally used for their identification, do not concur to their quantification.

Data show a very low content of allophane and imogolite (less than 1%) for all horizons, except for B1-P1 and, in particular, for AB-P2 (1.4 and 8.4%, respectively), the second being the only one really allophanic horizon.

A very important measure for both identification and classifica-

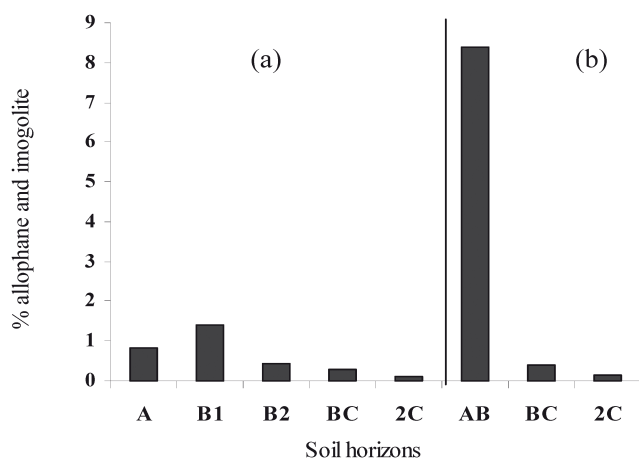


Fig. 2 - Contenuto di allofane e imogolite negli orizzonti dei suoli P1 (a) e P2 (b), calcolati con la formula di Parfitt (1990)  
- *Allophane and imogolite content (%) in soil horizons of P1 (a) and P2 (b), calculated with Parfitt formula (1990).*

risulta l'unico orizzonte realmente allofanico.

Molto importante per l'identificazione e la classificazione degli Andosuoli è la determinazione delle proprietà andiche del suolo (SOIL SURVEY STAFF, 1999). Il WRB (2006) prevede, come obbligatorie, le estrazioni selettive con ammonio ossalato acido e determinazione delle concentrazioni di Fe ed Al sugli estratti. Il valore in % ottenuto da  $\text{Al}_{\text{ox}} + 0.5 \text{Fe}_{\text{ox}}$ , definito in questo lavoro come Indice delle Proprietà Andiche (IAP), va confrontato con il quantitativo (%) di vetro vulcanico presente nella frazione sabbiosa (2-0.02 mm) del suolo (Fig. 3). Il contenuto di vetro vulcanico nella frazione sabbiosa è stato determinato mediante analisi al microscopio ottico, in luce riflessa polarizzata. I risultati mostrano che, in tutti gli orizzonti, circa il 20-25% del volume di materiale presente è costituito da vetro primario, al quale sono associati minerali primari come feldspati e miche.

In tutti i suoli analizzati i valori di IAP ottenuti sono molto bassi (0.10-0.77%), ad eccezione del dato misurato per l'orizzonte AB (1.87%) di P2. Dal grafico (Fig.3) si evince che la quantità di vetro necessaria per attribuire proprietà andiche a questo orizzonte deve essere superiore al 7%. Alla stessa profondità di AB di P2 (entro 30 cm dalla superficie), in B1 di P1 l'IAP ha valori più bassi (0.77%) e la quantità di vetro necessaria per rientrare nei suoli con proprietà andiche deve essere superiore al 24%.

I dati di IAP sono stati messi a confronto con quelli del pH in NaF, ambedue le analisi indicative della presenza di materiali allofanici. È stata osservata una buona correlazione ( $R^2 = 0.71^{**}$ ) tra i dati (Fig. 4), che ci conferma, da un lato, la buona qualità dei risultati e dall'altra che la sola analisi del pH in NaF, meno onerosa di quella dell'IAP, è un'analisi che può dare buone informazioni su presenza di allofane e proprietà andiche nei suoli.

Un altro parametro richiesto per la classificazione degli Andosuoli è la ritenzione fosfatica (WRB, 2006). I valori misurati (Tab. 2) sono sempre molto bassi, tranne per gli orizzonti B1 di P1 e

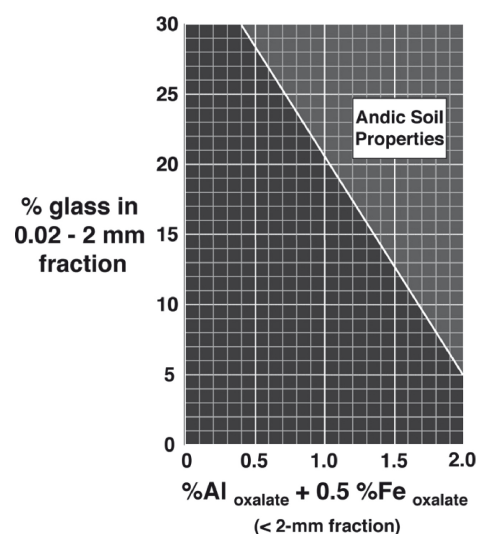


Fig. 3 - Relazione tra indice di andicità ( $\text{IAP} = \% \text{Al}_{\text{ox}} + \% 0.5 \text{Fe}_{\text{ox}}$ ) e vetro vulcanico usata per la verifica delle proprietà andiche degli Andosuoli (SOIL SURVEY STAFF, 1999)  
- *Relationship between andicity index ( $\text{IAP} = \% \text{Al}_{\text{ox}} + \% 0.5 \text{Fe}_{\text{ox}}$ ) and volcanic glass, used to verify andic properties of Andosols (SOIL SURVEY STAFF, 1999)*

tion of Andosols is that of soil andic properties (SOIL SURVEY STAFF, 1999). The WRB (2006) indicates, as fundamentals, the selective extractions with acid ammonium oxalate and measurement of Al and Fe concentrations in solution. Values (%) obtained by  $\text{Al}_{\text{ox}} + 0.5 \text{Fe}_{\text{ox}}$ , called in this paper Index of Andic Properties (IAP), has to be compared with content (%) of volcanic glass present in the soil sand fraction (2-0.02 mm) (Fig. 3). The amount of volcanic glass in the sand fraction has been determined by the use of optical microscopy analysis, in polarised reflected light. In all horizons, the results show that glass is present for about the 20-25% of the entire volume; at the glass are associated primary minerals (feldspars, mica).

In all analysed samples values of IAP are very low (0.10-0.77%), except for that measured for AB-P2 horizon (1.87%). Looking at the diagram (Fig. 3), the amount of glass necessary to the attribution of andic properties to this horizon has to be higher than 7%. At the same depth of AB-P2 (within 30 cm from the surface), in B1 - P1 the IAP has lower values (0.77%) and the amount of glass necessary to enter in soils with andic properties has to be higher than 24%.

Data of IAP have been compared with those of NaF pH, both analysis being normally used to recognize presence of allophanic materials in soils. The good relationship ( $R^2 = 0.71^{**}$ ) existing between data (Fig. 4), represents both an internal control on the good quality of the analytical data (in usual cases they have to be correlated) and confirm us that NaF pH analysis, cheaper than IAP, is a measurement that can give good informations about presence of andic properties in soils.

An other important parameter required for classification of Andosols is the phosphate retention (WRB, 2006). Values measured (Tab. 2) are all very low, except for B1-P1 and AB-P2 horizons (34.39 e 58.95%, respectively).

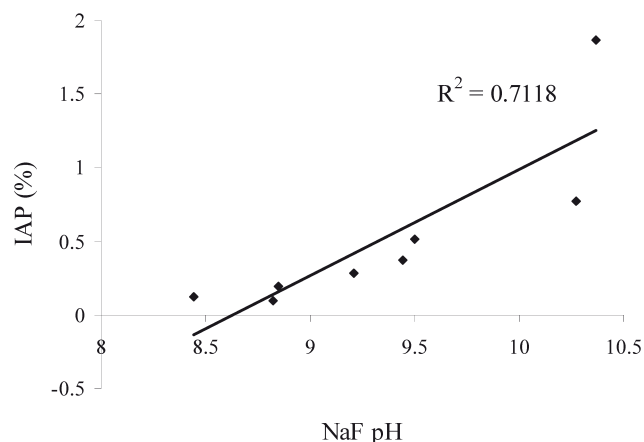


Fig. 4 - Relazione tra pH in NaF ed IAP (%)  
- Relationship between NaF pH and IAP (%)

AB di P2 (34.39 e 58.95%, rispettivamente).

Quindi, nel caso del suolo P2, l'insieme delle caratteristiche (presenza di un orizzonte con proprietà andiche, profondità di quest'orizzonte, ecc.) lo fanno classificare come Vitric Andosol, un sottogruppo di Andosuoli giovani, mentre il P1, le cui proprietà risultano al limite, ma leggermente al di sotto di quelle dei Vitric Andosols, viene classificato come Cambic Regosol. E' interessante, a questo punto, confrontare i dati di IAP misurati a Ischia con quelli di altre frane campane (TERRIBILE *et alii*, 2000 e 2007). In queste, i valori dell'IAP sono generalmente superiori ad 1.87 % (Tab. 3): a Cervinara sono compresi tra 3.78 e 5.96%, a Quindici tra 1.67 e 3.41%, a Sarno tra 2.05 e 5.68%, indicando che i suoli hanno spiccate proprietà andiche e rientrano ampiamente negli Andosuoli.

I risultati dell'analisi mineralogica condotta su sabbia e limo hanno messo in evidenza la presenza di K-feldspati, in ambedue le frazioni dei diversi orizzonti, associati a Na-feldspati nella frazione limosa; nelle sabbie sono presenti anche miche e quarzo. L'analisi della frazione argillosa non ha evidenziato presenza di minerali argillosi cristallini. In particolare, negli orizzonti A e B non si evidenziano effetti di diffrazione di minerali e si ritiene siano costituiti prevalentemente da vetro primario. Per l'orizzonte 2C, si osservano gli effetti di diffrazione dei feldspati.

## CONCLUSIONI

I risultati di questo studio preliminare condotto su due nicchie di distacco di due frane avvenute sul versante nord del M. di Vezzi hanno consentito di avere un primo importante quadro informativo sulle caratteristiche morfologiche e sulle proprietà chimiche, fisiche e mineralogiche dei suoli che il 30 Aprile 2006 si sono mobilizzati dando luogo agli ampi fenomeni di frana osservati.

Allo stato attuale delle conoscenze, l'insieme dei caratteri, come l'assenza di minerali secondari cristallini (minerali argillosi) di origine pedogenetica, associata alla presenza di abbondante vetro vulcanico, bassi valori di IAP, esito negativo della stima delle proprietà

Some campanian landslides	Horizon code	Depth (cm)	IAP
Cervinara	A	0-15	4.11
	Bw1	15-40	4.89
	Bw2	40-75	4.65
	Ab	75-85	4.81
	Bwb1	85-105	5.96
	Bwb2	105-40	4.12
	inclusion Bwb2	105-122	3.78
	Bwb3	140-170	4.50
Quindici	A	0-10	2.20
	Bw1	10-25	3.10
	Ab	25-30	nd
	Bwb1	30-80	3.08
	Bwb2	80-100	1.67
	Bwb3	100-115	nd
	Cb	115-140	3.17
	2Bwb4	140-185	3.41
	2Bwb5	185-240	2.59
	Sarno	A	0-20
Bw		20-38	2.46
BC		38-71	5.68
C		71-100	nd
2A/Bwb		100-140	2.05
2Bw/Cb		140-150	nd
2Cb		150-200	nd

Tab. 3 - Indice delle proprietà andiche ( $IAP = \%Alox + 0.5 \%Feox$ ) di alcune frane campane (TERRIBILE *et alii*, 2000 and 2007)  
- Index of andic properties ( $IAP = \%Alox + 0.5 \%Feox$ ) of some Campania landslides (by TERRIBILE *et alii*, 2000 and 2007)

Therefore, in the case of P2, all soil features (presence of an horizon with andic properties, depth of this horizon, ecc.) make it classify as Vitric Andosol, differently by the P1 whose properties are at the limit, but they do not meet requirements for Andosols; so P1 soil is classified as Cambic Regosol, on the boundary with Andosols.

It is interesting to make a comparison between IAP data measured at Ischia with those of the other Campania landslides (TERRIBILE *et alii*, 2000 and 2006). In these soils, values of IAP are generally higher than 1.87 % (Tab. 3): for Cervinara they are ranging from 3.78 to 5.96% (TERRIBILE *et alii*, 2007), for Quindici from 1.67 to 3.41%, for Sarno from 2.05 to 5.68%, indicating very well developed andic properties which lead them to be widely classified as Andosols.

Results of mineralogical analysis carried out on sand and silt fractions evidenced the presence of K-feldspars, in both fractions of all horizons, together with Na-feldspars in the silt fraction; in the sand also mica-muscovite and quartz are present. The analysis of the clay fraction did not show presence of crystalline clay minerals. In particular, the A and B horizons are characterised by no mineral diffraction effects, so probably they are mainly made by volcanic glass. For the 2C horizon, the mica-muscovite diffraction effects have been observed.



tissotropiche, fanno ritenere che i suoli del M. di Vezzi siano suoli giovani, debolmente alterati, che mostrano solo in alcuni orizzonti da incipienti a moderate proprietà andiche, e si collocano quindi al limite con il gruppo degli Andosuoli. Le proprietà rilevate in questi suoli risultano diverse da quelle dei tipici Andosuoli ad alto sviluppo pedogenetico rilevati nella maggior parte delle frane catastrofiche campane (Sarno, Quindici, Cervinara, ecc.) (TERRIBILE *et alii*, 2007). In questi casi studio, i suoli mostrano una marcata variabilità morfologica verticale e laterale, con alternanze di orizzonti allofanici, vitrici e scheletrici grossolani, suoli sepolti derivanti dalla deposizione di differenti eventi eruttivi. Tutti gli orizzonti pedogenizzati presentano spiccate proprietà tissotropiche, dovute alla presenza di minerali a basso ordine cristallino (allofane e imogolite), elevati valori di IAP (da 1.67 a 5.96 %), alta ritenzione idrica alla saturazione ( $0.5-0.7 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ ) e bassi valori di densità apparente ( $0.7-0.9 \text{ g cm}^{-3}$ ) (TERRIBILE *et alii*, 2000 e 2007; BASILE *et alii*, 2003). Per cui, sebbene la tipologia di movimento delle frane d'Ischia sia molto simile a quella di queste altre frane campane, i suoli hanno proprietà che li differenziano fortemente. Quest' "anomalia" pedologica richiede ulteriori indagini ed apre un nuovo "fronte" tecnico e scientifico nella comprensione dell' innesco e della propagazione di questi fenomeni franosi in Campania.

Dal punto di vista delle proprietà fisiche, i suoli d'Ischia sono caratterizzati da una marcata variabilità granulometrica verticale, superiore a quella laterale, dovuta alla presenza di orizzonti superficiali ricchi in pomici sovrapposti ad orizzonti di ceneri fini profondi. In coerenza con quanto già noto per molte nicchie di dissesto di frane catastrofiche campane (VALLARIO, 1992, TERRIBILE *et alii*, 2007), la presenza nelle coltri pedologiche di "discontinuità verticali" delle proprietà morfologiche, fisiche e chimiche rappresenta un fattore di forte instabilità, che ne aumenta la suscettibilità a franare.

Nel contesto ambientale del M. di Vezzi, si ritiene che un ruolo molto importante sia stato sicuramente giocato dalle "discontinuità spaziali" della copertura pedologica. Come evidenziato nel lavoro di ASCIONE *et alii* (in questo volume) le zone d' innesco delle frane sono situate nelle vicinanze della sommità di Costa Ruscello (il versante nord/nord-est di Monte di Vezzi), in prossimità della cornice sommitale del rilievo, un'area ad elevata pendenza (con inclinazioni tra  $35^\circ$  e  $45^\circ$ ) caratterizzata da brusche rotture di pendenza di tipo naturale ed antropico (tagli stradali). Queste interruzioni areali della copertura pedologica risultano altamente predisponenti ai fenomeni franosi. E' stato infatti ampiamente dimostrato (BASILE *et alii*, 2003) che le interruzioni della continuità della coltre pedologica, sia antropiche (tagli stradali) che naturali (pareti rocciose che interrompono la regolarità del profilo del versante) possono essere fattori d'instabilità locale che, associati a fattori scatenanti (ad esempio eventi piovosi intensi), possono provocare l' innesco di fenomeni franosi.

L'insieme di questi risultati getta una nuova luce sulla possibi-

## CONCLUSIONS

The results of this preliminary study carried out on two detachment crowns of two landslides occurred on the northern facing slope of M. di Vezzi concurred to give some first important information on morphological, chemical, physical and mineralogical properties of the soils that on April 30<sup>th</sup> 2006 mobilized, creating the landslide phenomena occurred.

At the present state of knowledge, the properties observed, as absence of crystalline secondary pedogenetic minerals (clay minerals), presence of abundant volcanic glass, low values of IAP, negativity to the sensitivity test for thixotropic properties, bring to consider M. di Vezzi soils as young soils, lightly weathered, only few horizons having incipient to moderate andic properties; so they are close to but not properly Andosols. Properties measured for Ischia soils are different from those of the typical highly developed Andosols found in nearly all studied Campania landslides (Sarno, Quindici, Cervinara, ecc.) (TERRIBILE *et alii*, 2007). These soils exhibited a marked vertical and lateral morphological variability, with alternation of allophanic, vitric and skeletal coarse horizons, buried soils derived by the deposition of different volcanic events. All soils have marked thixotropic properties, due to the presence of poorly crystalline clay minerals (allophane and imogolite), high values of IAP (da 1.67 a 5.96 %), high water retention if saturated ( $0.5-0.7 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ ) and low values of bulk density ( $0.7-0.9 \text{ g cm}^{-3}$ ) in all weathered horizons (TERRIBILE *et alii*, 2000 and 2007; BASILE *et alii*, 2003). Thus, even movement typology of Ischia landslides is very similar to that of these other Campania landslides, their soils are very different. This pedological "anomaly" demands more investigations and opens a new technical and scientific "forehead" in the understanding of prime and propagation of these landslide phenomena in the Campania Region.

With reference to the physical properties, soils are characterised by a marked vertical variability in terms of particle size distribution, higher than horizontal (lateral), due to the presence of topsoils very rich in pumices, overlapped to fine ash horizons. Coherently with data about many Campania landslides detachment crowns (VALLARIO, 1992, TERRIBILE *et alii*, 2007), the presence of "vertical discontinuity" of the soil cover, for morphological, physical and chemical properties, represents a major factor of instability, which increases susceptibility to landslide.

In the framework of M. di Vezzi another very important role has been surely played by the "spatial variability" of the soil cover. As evidenced by Ascione *et alii* (in this issue), the source area of landslides is located close to the top of Costa Ruscello hillslope (the north, north-east slope of M.te di Vezzi), in proximity to the summit free face, an high slope area (slope angle  $35^\circ-45^\circ$ ) characterised by natural and anthropic sharp slope breaks. The presence of a non continuous pedological cover is a highly predisposing factor to landslide triggering mechanisms. It has been demonstrated (BASILE *et alii*, 2003) that interruptions in soil continuity, both anthropic (road cut) and natural (rock wall breaking the regularity of the slope profile), can represent a local

lità di un controllo pedologico nelle nicchie di distacco di questi fenomeni ed enfatizza la forte necessità di ulteriori investigazioni mirate alla comprensione delle proprietà fisiche e idro-pedologiche dei suoli, in relazione alle discontinuità verticali e laterali.

La salvaguardia di questi ecosistemi forestali, messi a serio rischio dai frequenti fenomeni franosi, è di primaria importanza e non può prescindere dalla tutela del suolo, substrato delle piante superiori e della vita umana (infrastrutture, agricoltura, ecc.), fattore fondamentale negli equilibri ambientali e nell'assetto idrogeologico. E' auspicabile un approfondimento in tempi brevi delle conoscenze scientifiche sulle proprietà di questi suoli, affinché costituiscano un valido strumento per la gestione ed il monitoraggio del territorio.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano Susi Pepe per le misure di pH del suolo e di ritenzione fosfatica, Luciana Minieri per aver eseguito le estrazioni selettive e Sebastiano Perriello Zampelli per aver campionato il profilo n° 2.

## OPERE CITATE / REFERENCES

- ASCIONE A., CINQUE A., FRANZA A. & ROMANO P. (2007) - *The geomorphic control on the initiation and propagation of the Mt. di Vezi landslides (Ischia island, Italy) occurred on 30th April 2006*. In this issue.
- AVI PROJECT (1998) - *Catalogo delle informazioni sulle località colpite da frane e da inondazioni*. CNR-GNDCI pubblicazione n. 1799. 2 volumi
- BASILE A., MELE G. & TERRIBILE F. (2003) - *Soil hydraulic behaviour of a selected benchmark soil involved in the landslide of Sarno 1998*. *Geoderma*, **117** (3-4): 331-346
- BASCOMB C.L. (1968). *Distribution of pyrophosphate extractable iron and organic carbons in soils of various groups*. *J. Soil Sci.* **19**: 251-268
- BLAKEMORE L.C., SEARLE P.L. & DALY B.K. (1987). *Methods for Chemical Analysis of Soils*. N.Z. Soil Bureau Sci. Rep. 80. Soil Bureau, Lower Hutt. New Zealand.
- DE VITA P., DI CLEMENTE E., ROLANDI M. & CELICO P. (2007) - *Engineering geological models of the initial landslides occurred on april 30 2006, at the Mount of Vezi (Ischia island, Italy)*. In this issue.
- FAO (1990) - *Guidelines for Soil Profile Description*. 3rd eds. (rev.), 70 pp. Rome.
- FAO (2006) - *WRB World Reference Base for soil resources*.
- HUNGR O., EVANS S.G., BOVIS M.J. & HUTCHINSON J.N. (2001) - *A Review of the Classification of Landslides of the Flow Type*. *Environmental & Engineering Geoscience*, **7**: 221-238.
- IOVINO M., PERRIELLO ZAMPELLI S., SAVANELLI S. (2007) - *The April 30<sup>th</sup>, 2006, M. Vezi landslides (Ischia island, Italy) in the context of volcanic soil slides-avalanches-flows in Campania*. In this issue.
- ISSS (International Society of Soil Science) - ATTERBERG A. (1905) - *Die rationelle Klassifikation der Sande und Kiese*. *Chemiker Zeitung*, **29**: 195-198. Commission One of the ISSS recommended its use at the first International Congress of Soil Science in Washington in 1927.
- JUMIKIS A.R. (1967) - *Introduction to Soil Mechanics*. D. Van Nostrand Company, Inc. Princeton, New Jersey, 49-50.
- KLEBER M., MIKUTTA C. & JAHN R. *Andosols in Germany-pedogenesis and properties*. *Catena*, **56**: 67-83.
- MAEDA T., TAKENAKA H. & WARKENTIN B.P. (1977) - *Physical properties of allophane soils*. *Adv. Agron.*, **29**, 229-264.
- MIPAF (MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI) (2000) - *Metodi di Analisi Chimica del Suolo*. Collana di metodi analitici per l'agricoltura. Franco Angeli.
- MIZOTA C. & VAN REEUWIJK L.P. (1993). *Clay mineralogy and chemistry of soils formed in volcanic material in diverse climatic regions*. *Soil Monograph*, vol. 2, ISRIC, Wageningen.
- NANZYU M., SHOJI S. & DAHLGREN R. (1993). *Physical characteristics of volcanic ash soils*. In: *Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties and Utilization* (.S. Shoji, M. Nanzyo and R. Dahlgren, Eds.), *Development in Soil Science*, vol. 17, Elsevier, Amsterdam: 189-201.
- PARFITT R.L. (1990) - *Allophane in New Zealand - a review*. *Aust. J. Soil Res.*, **28**: 343-360.
- SCHWERTMANN U. (1964) - *Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch photochemische Extraktion mit saurer Ammoniumoxalat-losung*. *Zeitschrift*

instability factor that, associated to inciting factors (for example intense rainy events), can induce landslide phenomena.

These findings open a new light on the pedological control on the detachment crowns of these type of landslides, emphasising the must of further investigation in order to define soil physical and hydro-pedological properties related to vertical and lateral discontinuities.

In order to safeguard these forest ecosystems, very precious and highly vulnerable due to the frequent landslide events, soil protection is of primary importance, being the major support system for plants and human life (agriculture, buildings, ecc.), and mayor factor in the environment equilibria. We are confident in future and in short times advances of the scientific understanding about properties of these soils, in order to use this knowledge as a valid instrument for the management and monitoring of these areas.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Susi Pepe for the measurements of the soil pH and phosphate retention, Luciana Minieri for performing and analysing the selective extractions and Sebastiano Perriello Zampelli for sampling profile n° 2.

## SOILS OF THE DETACHMENT CROWNS OF ISCHIA LANDSLIDES (ITALY)

Pflanzenernahrung Dungung Bodenkunde, **105**: 194-202.

- SHOJI S., DAHLGREN R. & NANZYU M. (1993) – *Morphology of volcanic ash soils*. In: Volcanic Ash Soils, Shoji S., Nanzyo M., Dahlgren R. Elsevier, 7-35
- SICI - Sistema Informativo Catastrofi Idrogeologiche (2007). *Dati storici. Danni alle persone in Campania*.  
[http://www.db.gndci.cnr.it/php2/danni/danni\\_regione\\_a.php?lingua=it](http://www.db.gndci.cnr.it/php2/danni/danni_regione_a.php?lingua=it)
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF (2004) - *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture. 2nd eds. USDA-NRCS, Agric. Hand. N., **436**, U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- SOIL SURVEY STAFF (1999). *Soil Taxonomy - A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. USDA-NRCS. Washington, DC
- VALLARIO A (1992). *Frane e Territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*.
- TERRIBILE F., BASILE A., DE MASCELLIS R., DI GENNARO A., MELE G. & VINGIANI S. (2000) - *I suoli delle aree di crisi di Quindici e Sarno: proprietà e comportamenti in relazione ai fenomeni franosi*. Quaderni di Geologia Applicata, **7** (1):59–79.
- TERRIBILE F., BASILE A., DE MASCELLIS R., IAMARINO M., MAGLIULO P., PEPE S. & VINGIANI S. (2007) - *Landslide processes and Andosols: the case study of the Campania region, Italy*. In: Soils of Volcanic Regions in Europe: Volcanic Soils and Land Use. Eds. Arnalds, Bartoli, Buurman, Oskarsson, Stoops, Garcia-Rodeja. Springer: 545-563.
- YAMANAKA K. (1964) - *Adhesion*. In “Volcanic Ash Soils in Japan”. K. YAMANAKA et C.A. BLACK Ed., Chap. 4, Physical. Properties, 69-75.
- WELLS N. & FURKERT R.J. (1972) - *Bonding of water to allophane*. Soil Science, **113**, 2: 110-115.
- WRB (WORLD REFERENCE BASED FOR SOIL RESOURCES) (2006) - *A framework for international classification, correlation and communication*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

*Received October 2006 - Accepted February 2007*

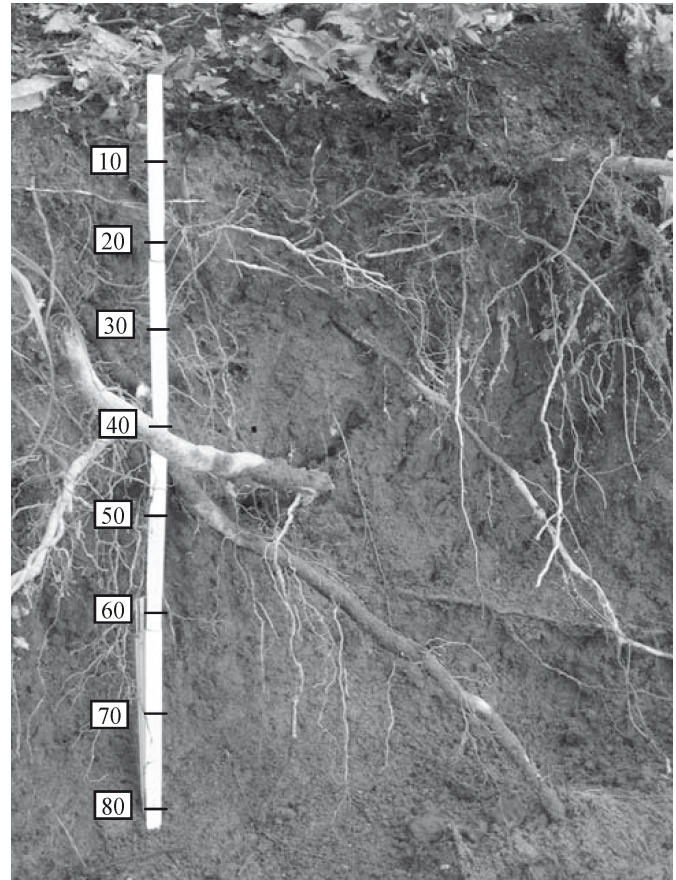
ANNEX 1A

ISCHIA - Soil of the detachment crown of the landslide n° 2 - P1



**Profile P1** M.te di Vezzi

Date of sampling: 12 May 2006  
 Location: Pilastrì, Ischia island, Campania region  
 Morphology: slope  
 Aspect: north  
 Land use: chestnut



**A 0-5 cm**

Weakly moist; brown grayish very dark color (10YR 3/2); granular structure medium size, moderate; common (10-25) very fine (< 1 mm) roots, abundant (40% about) small (2-5 mm) pumiceous coarse fragments; no carbonates; abrupt wavy boundary

**B1 5-18 cm**

Weakly moist; dark brown yellowish (10YR 4/4) color; subangular blocky structure medium size, moderate; few (1-10) fine (1-2 mm) and very fine (< 1 mm) roots; abundant (50% about) medium (5-20 mm) coarse fragments; no carbonates; clear linear boundary

**B2 18-55 cm**

Moist; olive brown (2.5Y 4/3) color; subangular blocky structure, medium size, moderate; few roots, very fine (<1mm); frequent (30% about) medium size (5-20 mm) coarse fragments; no carbonates; clear linear boundary

**BC 55-70 cm**

Wet; olive brown (2.5Y 4/3) color, massive, no roots; frequent (30% about) medium (5-20 mm) pumiceous coarse fragments, no carbonates, smooth linear boundary

**2C 70-100 cm**

Wet; pale olive brown (2.5Y 5/3) color, massive, no roots; scarce (1-2%) fine (2-5 mm) lithic coarse fragments; no carbonates; unknown boundary

ANNEX 1B

ISCHIA - Soil of the detachment crown of the landslide n° 3 - P2



**Profile P2**      **M.te di Vezzi**

Date of sampling: 12 May 2006  
 Location: Pilastrì, Ischia island, Campania region  
 Morphology: slope  
 Aspect: north  
 Land use: chestnut



**AB 0-30 cm**

Weakly moist; dark olive brown (2.5Y 3/3) color; subangular blocky structure medium size, ranging from weak to moderate; common (10-25) very fine (< 1 mm) roots, abundant (40% about) small (2-5 mm) pumiceous coarse fragments; no carbonates; abrupt wavy boundary

**BC 30-80 cm**

Moist; pale olive brown (2.5Y 5/4) color; no coherent; few (1-10) very fine (< 1 mm) roots, abundant (50% about) small (2-5 mm) and medium (5-20 mm) pumiceous coarse fragments; no carbonates; clear linear boundary

**2C 80-110 cm**

Wet; pale olive brown (2.5Y 5/3) color; massive, no roots; scarce (circa 1-5%) medium (5-20 mm) lithic coarse fragments; no carbonates; unknown boundary