

Utilizzo di fioretto meccanico e carotiere microstratigrafico inguainante per la valutazione degli spessori e della stratigrafia delle coltri vulcanoclastiche soggette a fenomeni di colata rapida di fango (*)

The Sounding rod and AF shallow core system in the assessment of thickness and stratigraphy of volcanoclastic covers affected by debris flow-forming detachments

AMBROSIO M.¹, DELLOMONACO G.¹, FAGIOLI M.T.¹, GIANNINI F.², PARESCHI M.T.², PIGNATELLI L.¹, ROSI M.³, SANTACROCE R.³, Sulpizio R.³, ZANCHETTA G.³

¹ AF Geoscience and Technology Consulting. Via Toniolo, 222 - 56010 Campo, Pisa - e-mail: afconsulting@afgtc.com

² Centro per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino. Via S. Maria, 53 - 56126 Pisa

³ Dipartimento di Scienze della Terra. Via S. Maria, 53 - 56126 Pisa

(*) Lavoro finanziato con i fondi stanziati all'Osservatorio Vesuviano nell'ambito della zonazione della pericolosità e della valutazione del rischio idrogeologico nelle aree della Campania potenzialmente interessate dallo scorrimento di colate di fango (Ordinanza 2787 del 21 Maggio 1998, art. 4, comma 3). Responsabile M.T. Pareschi.

RIASSUNTO

Nei rilievi campani, ricorrentemente interessati dalla formazione e scorrimento di colate rapide di fango legate al distacco della copertura vulcanoclastica, la valutazione degli spessori delle coperture stesse risulta essere un parametro di notevole importanza per valutare i volumi di materiale potenzialmente rimobilizzabile. A tal fine sono state effettuate una serie di campagne di indagine utilizzando un fioretto meccanico, a cui sono state associate carotature con carotiere microstratigrafico inguainante. Tale metodologia permette di definire le esatte caratteristiche dei materiali attraversati e le relazioni con i tempi di avanzamento del fioretto meccanico. In questo lavoro vengono discusse le caratteristiche tecniche del fioretto meccanico e i risultati ottenuti. L'uso integrato di fioretatura e carotaggio inguainante ha consentito: i) una rapida misura puntuale dello spessore delle coperture piroclastiche; ii) l'esecuzione di rilievi in aree di accessibilità problematica; iii) una verifica, in tempo reale, della stratigrafia dei depositi attraversati dalla fioretatura fino a 10 m di profondità; iv) una valutazione speditiva delle caratteristiche meccaniche degli stessi fino a profondità di circa 20 m.

ABSTRACT

Campanian hillslopes are recurrently affected by flowage and emplacement of debris flows, as tragically shown by the events of May 5-6, 1998. More than 150 people died and several thousands lost their houses in the area between the Collina di Cancelli-Monti di Avella and the Sorrento Peninsula. The Sarno-Quindici-Siano-Bracigliano area was the most damaged by the runout of debris flows. The source material of these debris flows is the volcanoclastic cover of the carbonate reliefs. Such a volcanoclastic material derives from the explosive volcanic activity of Somma-Vesuvius and Phlegrean Fields volcanoes, located westerly to the examined area. The thickness assessment of this cover is a crucial point in the evaluation of volumes that may be involved in debris flow runout. We coupled a sounding rod and AF shallow core system to study the thickness and stratigraphy of the volcanoclastic cover. The methodology was tested in the flat area around the town of Visciano and then applied in other sites. In particular, we investigate an area characterised by steep slopes and thick volcanoclastic cover located near the town of Baiano, very close to the A16 motorway. The collected data show the alternance of pumice fallout layers and thick paleosols. The fallout layers are mainly correlable to the Mercato (8000 yrBP) and Avellino (3800 yrBP) eruption of Somma-Vesuvius, even if the Agnano P.P. (10000 yr BP) eruption from Phlegrean Fields sometimes occurs at the base of the succession. The instrumental characteristics of the sounding rod are also discussed. Moreover, we obtain qualitative data on both time of sounding speed and mechanic characteristics of the material encountered. Such a methodology allowed rapid, punctual, informations on thickness, stratigraphic succession (up to 10 m in deepness) and mechanic characteristics of the material (up to 20 m in deepness). Moreover, is possible to collect data in very steep and difficult-to-reach areas.

1. Introduzione

Gli eventi calamitosi occorsi il 5 Maggio 1998 nell'area circumvesuviana hanno riproposto con drammaticità il problema della pericolosità legata al distacco delle coperture vulcanoclastiche e la loro trasformazione in colate rapide di fango in collegamento con intensi eventi meteorici [GUIDA e VALLARIO, 1998]. Più di 140 eventi franosi si sono verificati, in un intervallo temporale compreso tra il pomeriggio del 5 e le prime ore del 6 Maggio 1998, nelle aree dei comuni pedemontani a est degli apparati vulcanici del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei. I comuni più colpiti sono risultati quelli di Sarno, Siano, Bracigliano e Quindici, ma fenomeni di dissesto sono stati segnalati in tutta l'area che va dalla Penisola Sorrentina fino alla Collina di Cancelli. Più di 150 persone hanno perso la

vita e molte altre hanno perso la casa o subito ingenti danni a causa dello scorrimento di tali flussi fangosi.

Fenomeni simili sono avvenuti nel passato in questa area geografica [MIGALE e MILONE, 1998] anche se non sempre, fortunatamente, con la stessa drammatica estensione e simultaneità. Tale ricorrenza illustra bene come il rischio legato a queste fenomenologie sia da considerarsi permanente e pone la sua mitigazione tra gli interventi prioritari di protezione civile nella zona.

Uno dei passaggi essenziali per il raggiungimento di tale obiettivo risulta essere la stima, la più accurata possibile, degli spessori delle coperture vulcanoclastiche che ricoprono i rilievi dell'area circumvesuviana, in quanto da questi dipendono i volumi di materiale potenzialmente rimobilizzabile come colata di fango. Inoltre, gli studi in corso stanno mettendo in evidenza come lo spessore dei

depositi giochi un ruolo rilevante nei meccanismi di destabilizzazione. In questa nota verranno trattati i risultati ottenuti nel bacino idrografico dei torrenti Clanio e Acqualonga (Fig. 1), interessato anch'esso dallo scorrimento di flussi fangosi il 5 e 6 Maggio 1998. Tali dati fanno parte delle indagini condotte all'interno del finanziamento del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia (GNV), finalizzato alla mitigazione del rischio idrogeologico nelle aree della Campania potenzialmente interessate dallo scorrimento di colate rapide di fango dalla Unità Operativa Valle del Clanio (responsabili M.T. Pareschi e R. Santacroce). Le caratteristiche logistiche e geomorfologiche delle aree da indagare, nonché il ridotto budget disponibile per il lavoro, hanno sin qui precluso, pressoché totalmente, l'impiego delle metodologie geofisiche che in prima approssimazione sarebbero risultate adatte allo scopo. Si è scelto quindi di utilizzare una sonda meccanica (fioretto) per stimare le coperture vulcanoclastiche di aree potenzialmente a rischio. All'operazione di fioretatura è stato accoppiato l'utilizzo di un carotiere microstratigrafico autoinguainante AF [PRINCIPE et al., 1997] con lo scopo di mettere in relazione la velocità di avanzamento del «fioretto» con le litologie attraversate. I risultati ottenuti sono illustrati di seguito.

2. Inquadramento geologico-vulcanologico dell'area

Le aree indagate si collocano nella zona dei Monti di Sarno e di Avella, facenti parte dei rilievi che bordano la parte sud orientale della Piana Campana (Fig. 1). Tali rilievi sono costituiti principalmente da depositi carbonatici Mesozoici appartenenti al dominio paleogeografico della piattaforma Campano-Lucana [PESCATORE e OR-

TOLANI, 1973], che formano le unità interne della catena appenninica meridionale. Le aree in studio sono posizionate sottovento rispetto agli apparati vulcanici di Ischia, dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio. In particolare i Campi Flegrei e il Somma-Vesuvio sono stati caratterizzati da frequente attività esplosiva negli ultimi 50 ka [ROSI e SBRANA, 1987; CIVETTA et al., 1998; ANDRONICO et al., 1995; 1996], che ha ricoperto le zone circostanti con spesse coltri piroclastiche. L'evento di più alta magnitudo risulta quello dell'Ignimbrite Campana [BARBERI et al., 1978; ROSI e SBRANA, 1987; ORSI et al., 1996], caratterizzata dall'emissione di circa 150 km³ di materiale piroclastico [FISHER et al., 1993]. Successivamente a tale evento altri, di magnitudo inferiore, si sono verificati, come riassunto nella figura 2. Basandoci sulla diversa dispersione areale subita dai prodotti piroclastici in funzione dei venti dominanti, le coperture vulcanoclastiche di questa parte dei rilievi appenninici possono essere grossolanamente suddivise in tre settori principali: zona Cancellone-Castellano, zona Avella-Baiano e zona Visciano (Fig. 1). Le due zone più a nord sono caratterizzate dalla presenza dei depositi distali delle eruzioni flegree di Agnano Pomice Principali e Agnano M. Spina, presenti in maniera discontinua e con spessori di pochi cm. La zona di Avella Baiano mostra, intercalati a questi due depositi, i prodotti dell'eruzione vesuviana di Mercato, con spessori di poche decine di cm a causa della posizione laterale rispetto alla direzione di dispersione principale. In queste due zone gli unici depositi ampiamente presenti risultano quindi essere quelli dell'eruzione vesuviana di Avellino, specialmente quelli riguardanti i depositi di caduta grigi che mostrano un asse di dispersione in direzione nord est rispetto al Somma-Vesuvio [CIONI et al., 1999].

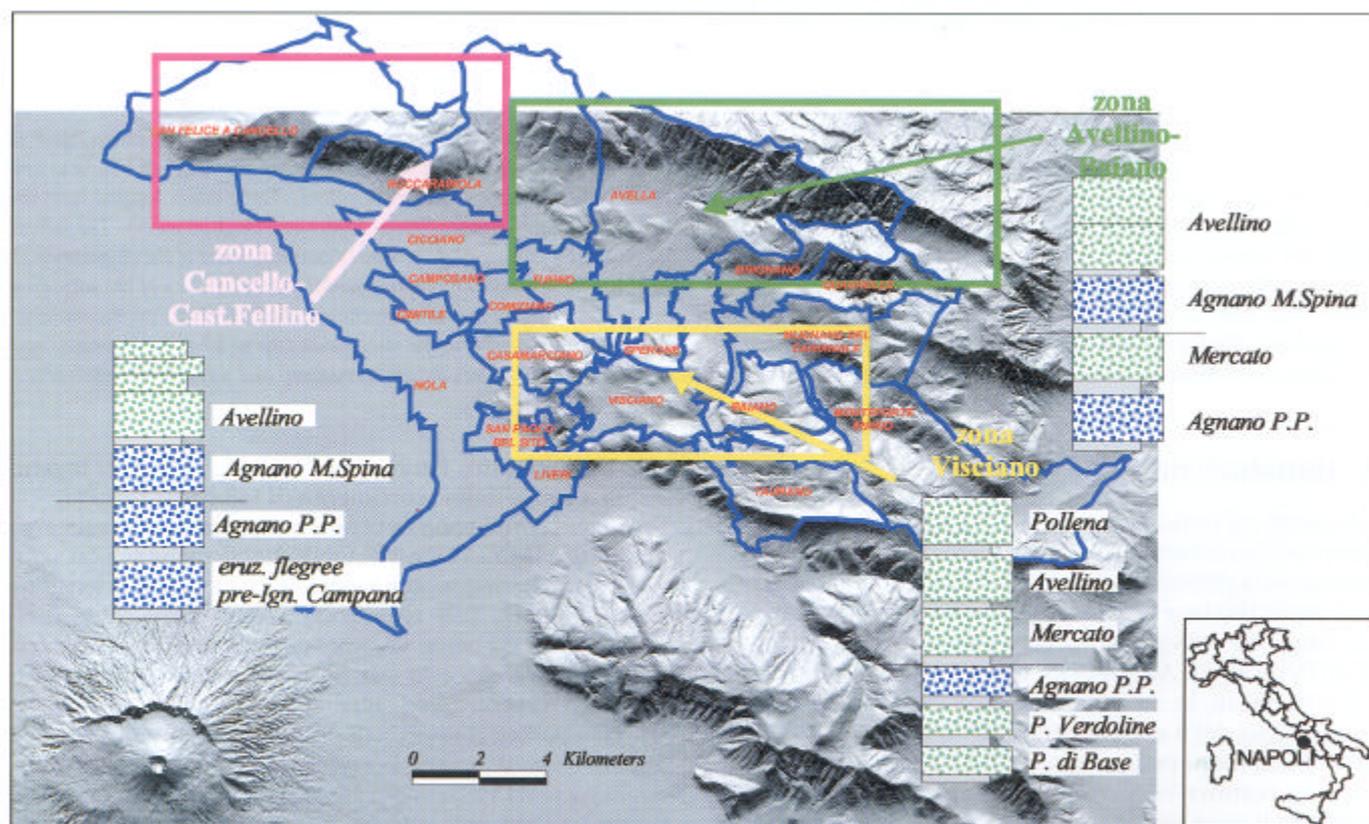


Fig. 1 - DEM dell'area di studio [da PARESCHI et al., 1998] con localizzazione delle tre zone caratterizzate dalla presenza di diverse coperture vulcanoclastiche.

DEM of the study area with sketch map of the three zones characterised by a different volcaniclastic cover.

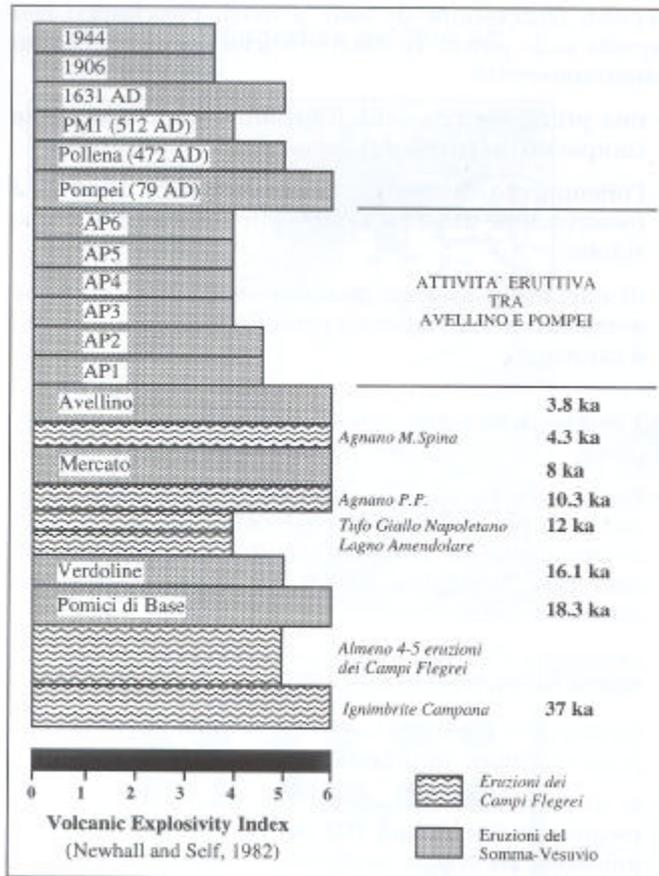


Fig. 2 - Schema cronostratigrafico delle eruzioni principali del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei successive alla deposizione della Ignimbrite Campana [da ANDRONICO et al., 1995; 1996; mod.].
Chronostratigraphic scheme of the main eruptions of Somma-Vesuvius and Phlegrean Fields after the deposition of the Campanian Ignimbrite [ANDRONICO et al., 1995; 1996; modified].

La zona di Visciano risulta invece caratterizzata dalla presenza di un maggior numero di depositi di caduta, a causa della sua posizione più vicina agli assi di dispersione principali. Sono presenti infatti i depositi delle eruzioni vesuviane delle Pomici di Base, delle Verdoline, di Mercato, di Avellino e di Pollena, oltre a quelli dell'eruzione flegrea di Agnano P.P. La deposizione dei prodotti di tali eruzioni, combinata con la morfologia abbastanza piatta della zona, ha permesso la conservazione di spesse coltri piroclastiche, al contrario di quanto osservato nelle altre due zone descritte.



Fig. 3 - Fioretto, energizzatore sperimentale, estrattore ed accessori.
Sounding rods, motor driven home-made hammer, recovery jack and tools.

3. Metodologia

La metodologia applicata per la determinazione dello spessore e valutazione delle caratteristiche dei depositi piroclastici si è avvalsa di due tipi di attrezzature: Fioretto e Carotiere microstratigrafico inguainante AF. Entrambe le attrezzature sono zainabili e trasportabili in aree non raggiungibili con automezzi.

Il fioretto (Fig. 3), costituito da una punta che avanza nel terreno spinta tramite una serie di aste da un maglio motorizzato a frequenza costante, consente di determinare gli spessori del piroclastico poco resistente sovrastante un substrato resistente. La velocità di avanzamento, in un materiale prevalentemente granulare (come nel caso in oggetto), è controllata dalle caratteristiche geotecniche (principalmente dal carico limite di rottura) dei terreni attraversati e fornisce quindi una prima indicazione qualitativa della stratigrafia.

Il carotiere microstratigrafico inguainante AF consente di ottenere carote di piccolo diametro (38 mm) a ridotto grado di disturbo, per lettura stratigrafica di dettaglio [PRINCIPE et al., 1997].

3.1. Fiorettatura

La fiorettatura è stata eseguita secondo i seguenti criteri.

- In tutte le fiorettature eseguite con energizzatore motorizzato è stato rilevato il cronogramma a tempi discreti dell'infissione, ovvero il tempo necessario per l'infissione di ogni semiasta (35 cm) di fioretto.
- Ad ogni aggiunta di asta è stata accertata l'assenza di bloccaggio della batteria di perforazione per attrito laterale verificando la possibilità di ruotare senza eccessivo sforzo l'intera batteria. Tale verifica veniva eseguita anche in seguito al rifiuto per poter accertare che questo non fosse dovuto ad attrito laterale.
- L'infissione è stata considerata terminata quando si verificava:
 - arresto brusco del fioretto con sensibile rimbalzo elastico dell'intera batteria di perforazione.
 - Avanzamento del fioretto più lento di 2 cm/minuto.

Nei test di calibrazione della metodologia ed in tutti i casi in cui si riteneva possibile che l'arresto dell'infissione fosse dovuta a singoli blocchi lapidei la fiorettatura è stata ripetuta a circa 2 metri di distanza dalla prima. Per ogni punto di prova le coordinate UTM sono state rilevate mediante radiolocalizzatore satellitare GPS.

Il FIORETTO è costituito da: Aste piene, Punta, Energizzatore, Estrattore.

SPECIFICHE TECNICHE

- ASTE PIENE** Barre trafilate cilindriche, $\Phi = 16$ mm, in 38NCd4 temperato; giunti con filettatura cilindrica M12 ricavata dal pieno. Lunghezza di ciascuna asta 70 cm. Massima profondità operativa 20 m.
- PUNTE** Scalpelli conici autocentranti $\Phi_{ext} = 20$ mm.
- ESTRATTORE** Estrattore a corsa lunga (120 cm), composto da:
- Binda meccanica speciale con trazione assiale di 3000 kg;
- Piastra di appoggio;
- Anello di sollevamento batteria aste.
- ENERGIZZATORE** Martello demolitore automotorizzato con energia di 14,5 J/colpo e frequenza 30 Hz.

3.2. Carotaggi

I carotaggi sono stati eseguiti al fine di:

- calibrare, con l'osservazione diretta dei depositi, il dato stratigrafico desumibile dalla velocità di infissione del fioretto;
- verificare l'operatività della tecnologia di inguainamento della carota in materiali granulari, con scarsa o nulla matrice coesiva e con contenuto elevato di frammenti vetrosi taglienti.

Il posizionamento dei punti di carotaggio è stato effettuato alla stessa maniera dei punti di fiorettatura.

Le misure ed i test eseguiti hanno permesso di rilevare che i tempi tecnici necessari per l'esecuzione di fiorettature alla massima profondità operativa dell'apparato (circa 20 m; incluso il recupero dell'utensile) sono compresi, in funzione della differente perforabilità dei materiali, tra i 45 ed i 60 minuti, mentre per i carotaggi si è potuto rilevare un tempo di esecuzione, comprensivo di recupero in superficie e condizionamento carota di 1h e 45' per profondità di carotaggio di 6 m; la percentuale di recupero delle carote è sempre stata pari al 100%.

4. Scelta dei siti e calibrazione del metodo

4.1. Scelta dei siti

I principali obiettivi di questa fase sono stati quelli legati alla necessaria taratura del sistema per la ricostruzione dello spessore delle coperture nei vari contesti morfologici individuati durante i rilevamenti di campagna.

La taratura del sistema è stata effettuata in una zona pianeggiante vicino al paese di Visciano (Fig. 1) in corrispondenza di una sezione stratigrafica parzialmente esposta. Per estendere la verifica ai livelli stratigrafici non affioranti è stata inoltre effettuato un carotaggio.

Una volta tarato il metodo la scelta dei siti di indagine è caduta su alcune aree della Valle del Clanio-Acqualonga caratterizzate da situazioni morfologiche simili a quelle che nell'area di Sarno-Bracigliano-Quindici hanno dato origine a dissesti. Tale operazione è stata supportata, oltre che da indagini di campagna, anche da analisi morfometriche effettuate con l'ausilio di un Modello Digitale del Terreno (DEM), [PARESCHI et al., 1998a; 1998b; PARESCHI et al., 1999a; 1999b]. Alcune di queste aree mostrano coperture moderatamente contenute (0-2 m). In tali zone l'utilizzo del fioretto meccanico è stato reputato superfluo e sostituito da fiorettature ad infissione manuale.

La fiorettatura meccanica è stata quindi utilizzata nell'area del Bosco di Arciano (Fig. 1), caratterizzata da pendenze elevate (>26°) e coperture vulcanoclastiche spesse (>2 m). Un'ulteriore serie di fiorettature meccaniche sono state inoltre eseguite nell'area intorno al paese di Visciano, al fine di verificare lo spessore degli accumuli di materiale vulcanoclastico stimati tramite il rilevamento geologico di campagna.

4.2. Calibrazione

Per la calibrazione della metodologia è stato selezionato il Sito A0 (Fig. 4), ubicato nell'area Visciano, in uno scasso per fondazione a pianta rettangolare di circa 25 m x 15 m, profondo da 3 a 4 m e con stratificazione orizzontale dei

depositi (successione di suoli e livelli piroclastici) ben esposta sulle pareti. Le caratteristiche del sito prescelto hanno consentito:

- una prima verifica della fiorettatura mediante esame comparato, in parete dei depositi
- l'ottenimento di una sezione stratigrafica combinata (osservazione diretta e carote) più estesa in un tempo ridotto;
- di operare in assenza di suolo vegetale e radici che avrebbero potuto falsare o ostacolare la fiorettatura ed il carotaggio.

All'interno dello scasso sono state eseguite poi le seguenti prove:

- fiorettature F1 ed F2 a distanza di circa 10 m l'una dall'altra per verificare la confrontabilità dei tempi di avanzamento ed accertare che il rifiuto all'infissione non fosse imputabile ad un accidente tipo trovante calcareo o radici;
- carotaggio C00 per individuare il tipo di guaina più adatta per i terreni in oggetto;
- carotaggio C0 eseguito a circa 1 m dalla F1 per ottenere un campione stratigrafico;
- al di fuori dello scasso, sul lato nord è stata inoltre eseguita la fiorettatura F02 per paragonare i tempi di infissione sia con la stratigrafia visibile in parete che con il carotaggio.

I risultati delle fiorettature e l'esame litostratigrafico di alcuni carotaggi sono mostrati nelle figure 5 e 6.

In particolare l'esame comparato dei risultati ha permesso di rilevare che:

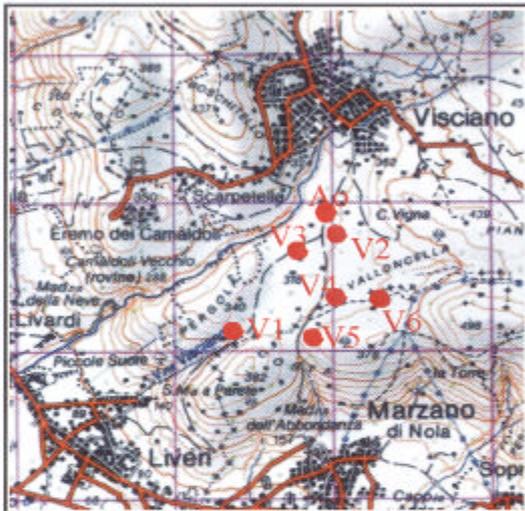
1. i terreni attraversati sono quasi tutti a comportamento granulare con grado di addensamento variabile da nullo (materiali pressoché sciolti quali ceneri e paleosuoli friabili) a ben addensato (livelli pomice);
2. i depositi da colata rapida di fango risultano mediamente cementati ed oppongono una elevata resistenza all'infissione;
3. i banchi di pomice mostrano una elevata resistenza all'infissione;
4. il substrato resistente è costituito da tufo ben cementato; il grado di litificazione del tetto del tufo è maggiore nelle fiorettature F2 ed F1 e minore nella F02 indicando marcate variazioni laterali delle caratteristiche geomeccaniche all'interno dello stesso deposito.

I dati ricavati sul sito A0 indicano quindi inequivocabilmente che il substrato resistente può essere rappresentato, oltre che da calcari, anche da placche di tufo (Ignimbrite Campana) a grado di litificazione da elevato a molto elevato.

Nel caso di substrato carbonatico, questo è ben riconoscibile dal brusco arresto dell'infissione del fioretto accompagnato da evidenza di rimbalzo elastico della batteria di perforazione. Il raggiungimento del tufo invece, viene segnalato da una brusca caduta della velocità di avanzamento e/o da una infissione lentissima prima del rifiuto che comunque non è mai accompagnato da rimbalzo elastico.

Ubicazione topografica del Sito A0

Scala 1:50.000

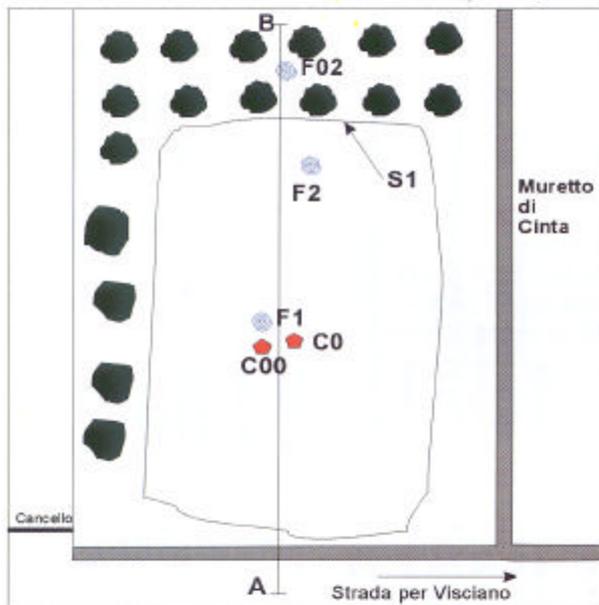


Coordinate UTM del Sito A0

33 464 995 E

45 29 984 N

Schema del Sito A0 ed ubicazione delle prove



Sigla	Tipo di Prova	Eseguita per	Prof m
C00	Carotaggio	Collaudo guaina PEHD	4.5
C0	Carotaggio	Verifica Stratigrafia	5.32
F1	Fiorettatura	Misura prof. substrato	5.32
F2	Fiorettatura	Misura prof. substrato	4.90
F02	Fiorettatura	Misura prof. substrato	10.30

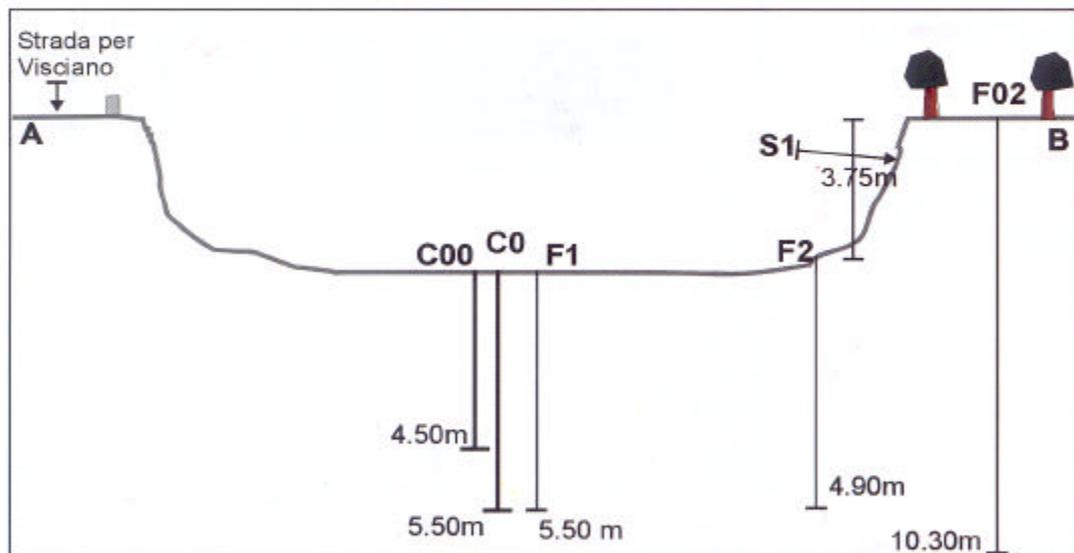


Fig. 4 - Ubicazione dei siti e delle prove effettuate nell'area di Visciano.

Sounding spot location maps of the Visciano area.

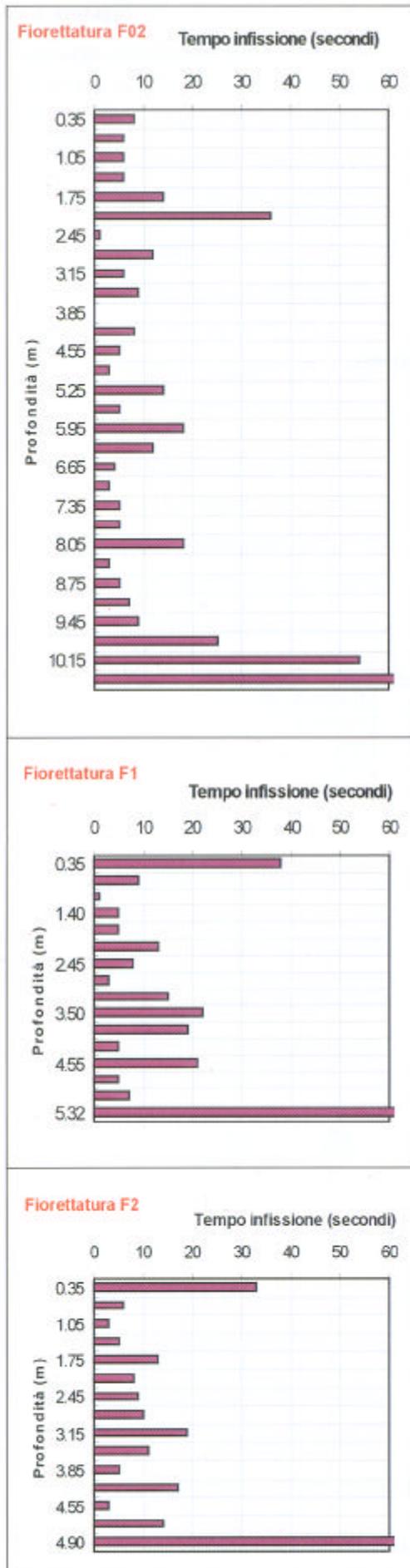


Fig. 5 - Sito A0: Risultati delle fioretture. A0 Site: sounding logs.

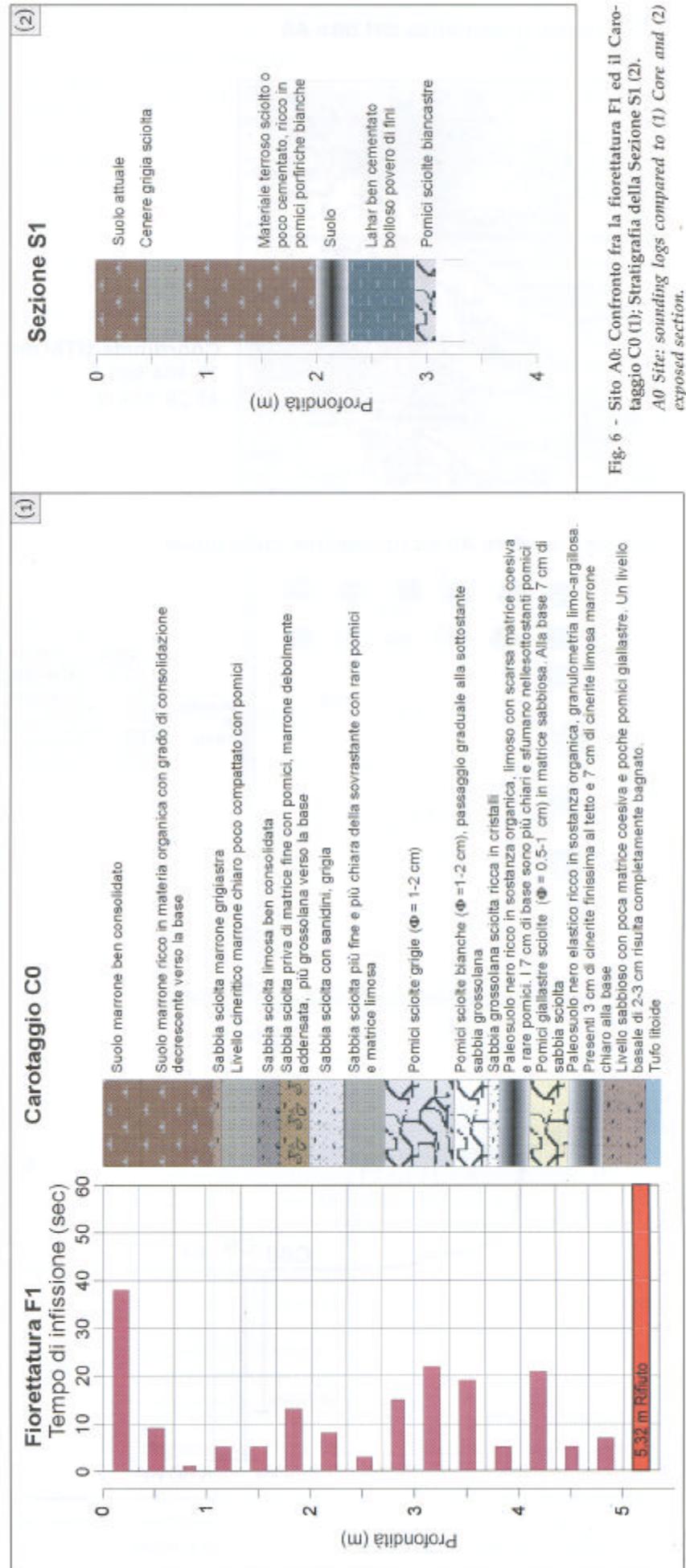


Fig. 6 - Sito A0: Confronto fra la fioretatura F1 ed il Carotaggio C0 (1); Stratigrafia della Sezione S1 (2). A0 Site: sounding logs compared to (1) Core and (2) exposed section.

5. Applicazione del metodo

5.1. Area mugnano del cardinale

Nell'area di Mugnano del Cardinale sono state eseguite 17 fiorettature meccaniche e 3 carotaggi (Fig. 7). L'area indagata è ubicata sul versante sinistro della valle del Lagno di Acqualonga, in località Bosco di Arciano, con quote comprese tra i 350 e i 500 m s.l.m.

Sono state individuate tre zone che per la loro distribuzione areale, per la presenza di sezioni naturali esposte e di riferimenti morfologici e topografici, sono risultate particolarmente adatte per la definizione degli spessori del materiale vulcanico di copertura. La parte più alta della zona è piuttosto acclive ed è coltivata a castagneto ceduo e presenta un fitto sottobosco. Scendendo di quota si entra nei nocciolati con la caratteristica sistemazione del versante a gradini con «microvasche» per la raccolta del frutto. Le coltivazioni si interrompono in corrispondenza dei thalweg dei valloni che solcano il versante, che sono occupati da roveti. A valle delle aree boscate si estende una zona in dolce declivio, solcata dal Lagno di Acqualonga ed attraversata da un tratto dell'autostrada A16.

Fiorettature

La zona A (Fig. 7) è compresa tra due vallecole che delimitano un settore del versante a morfologia regolare. Qui sono state eseguite 10 fiorettature (da Mugn 1a Mugn 7ter).

Le fiorettature Mugn 5, 4, 1, 2, 3 e 3bis (in ordine di quota crescente) sono disposte lungo un allineamento ortogonale alle isoipse. Le fiorettature Mugn 6, 7, 7bis e 7ter sono disposte parallelamente alle isoipse lungo un allineamento che interseca la traccia longitudinale in Mugn 1. È stato così possibile valutare l'andamento degli spessori delle coperture piroclastiche da monte a valle del versante e la loro variazione laterale in un'area morfologicamente omogenea.

Le fiorettature situate a quota maggiore (Mugn.3 e Mugn.3bis) hanno rilevato uno spessore di materiale con scarsa resistenza all'infissione di circa 2,5 metri al di sotto del quale si incontra un livello di circa 2 metri a resistenza maggiore che, dal confronto con una locale sezione esposta, corrisponde a calcare intensamente fratturato e alterato.

Gli spessori ricavati con Mugn 2 sono analoghi a quelli di Mugn 1, con lo spessore del piroclastico che risulta di circa 5 m. Al di sotto si incontra il calcare.

Le fiorettature Mugn 4 e 5 sono state effettuate in due gradoni del nocciolato sottostante la strada. In questo caso il rimodellamento artificiale può aver interessato spessori di terreno superiori al metro alterando quindi in parte i risultati.

I tempi di infissione hanno indicato uno strato di piroclastiti tra i 4 e i 5 metri seguito da un sottile livello di materiale più resistente (probabilmente calcare alterato) seguito da calcare non alterato.

Il quadro stratigrafico, che risulta dalle fiorettature della zona A, vede uno spessore di piroclastico che aumenta da monte a valle e dalla cresta ai lati del versante con il minimo nella parte alta della cresta e massimo in prossimità delle vallecole (Fig. 8).

Nella zona B sono state effettuate 3 fiorettature: Mugn 9, posta nel castagneto a una quota di circa 360 metri e le rimanenti, Mugn 8 e 10, a quota minore nel nocciolato.

Alla quota più elevata lo spessore del piroclastico sciolto risulta di circa 3 metri e aumenta al diminuire della stessa. Con la fiorettatura Mugn 10, la profondità raggiunta prima del rifiuto all'infissione è di circa 12 metri. In questo caso, al di sotto dei materiali meno resistenti è presente uno strato di materiale a resistenza medio-alta (presumibilmente Ignimbrite Campana; Fig. 7).

La zona C è posta all'interno di un nocciolato che occupa tutto il versante. La scelta della zona ha mirato a valutare gli eventuali effetti della antropizzazione di un versante sulla sua evoluzione morfologica. Sono state operate 3 fiorettature, due delle quali, Mugn 11 e 12, ad una stessa quota di 330 metri e distanti tra loro circa 40 metri mentre Mugn 13 è stata effettuata circa 50 metri più in alto. La profondità raggiunta, 1,5-2,9 metri, con bassi tempi di infissione indica limitati spessori di materiale piroclastico sciolto. Risalendo il versante di circa 30 metri al di sopra di Mugn 13 la copertura si lamina totalmente ed affiora il calcare.

Carotaggi

In ciascuna delle tre zone A, B e C è stato operato un carotaggio in prossimità di una fiorettatura per comparare i tempi di infissione con la stratigrafia.

Nella zona A il carotaggio (profondità di 5,6 metri), Mugn C1, è stato operato in corrispondenza della fiorettatura Mugn 5. È sempre stato raggiunto il calcare.

Nella zona B il carotaggio Mugn C3 è stato ubicato in corrispondenza della fiorettatura Mugn 10. La profondità raggiunta è di 5 metri.

Nella zona C il carotaggio, Mugn C2, è stato eseguito in prossimità del sito della fiorettatura Mugn 13. La profondità raggiunta è di 2 metri.

Tutti i carotaggi hanno mostrato una alternanza di paleosuoli e livelli pomice sciolti principalmente delle eruzioni di Avellino e Mercato.

5.2. Area di Visciano

Al fine di verificare la presenza, ipotizzata tramite il rilevamento geologico, di spessi depositi piroclastici nell'area intorno al paese di Visciano, si è proceduto alla fiorettatura in alcuni siti della zona (Fig 5). L'area attorno a Visciano è completamente coltivata a noccioli e tutte le fiorettature sono state eseguite all'interno di nocciolati, con suolo privo di copertura erbacea.

La serie di fiorettature è stata controllata ulteriormente sul terreno:

- con un carotaggio eseguito nel sito V4 per verificare che la successione stratigrafica dei depositi piroclastici non fosse variata;
- ripetendo in alcuni siti la fiorettatura per verificare che il rifiuto all'infissione non fosse dovuto ad accidenti locali.

Dalla serie di fiorettature eseguita si è potuto dedurre che:

- gli spessori delle piroclastiti alternate a suoli risultano variabili da 3 fino ad almeno 15 m;
- il substrato resistente è in alcuni casi costituito da calcare, ma il più delle volte da tufo resistente.

Le fiorettature eseguite nei siti V1 e V5 sono quelle in cui si sono rilevati i minori tempi di infissione (caratteristiche meccaniche dei depositi molto scadenti) e gli spessori più ridotti di piroclastico (3-4m)

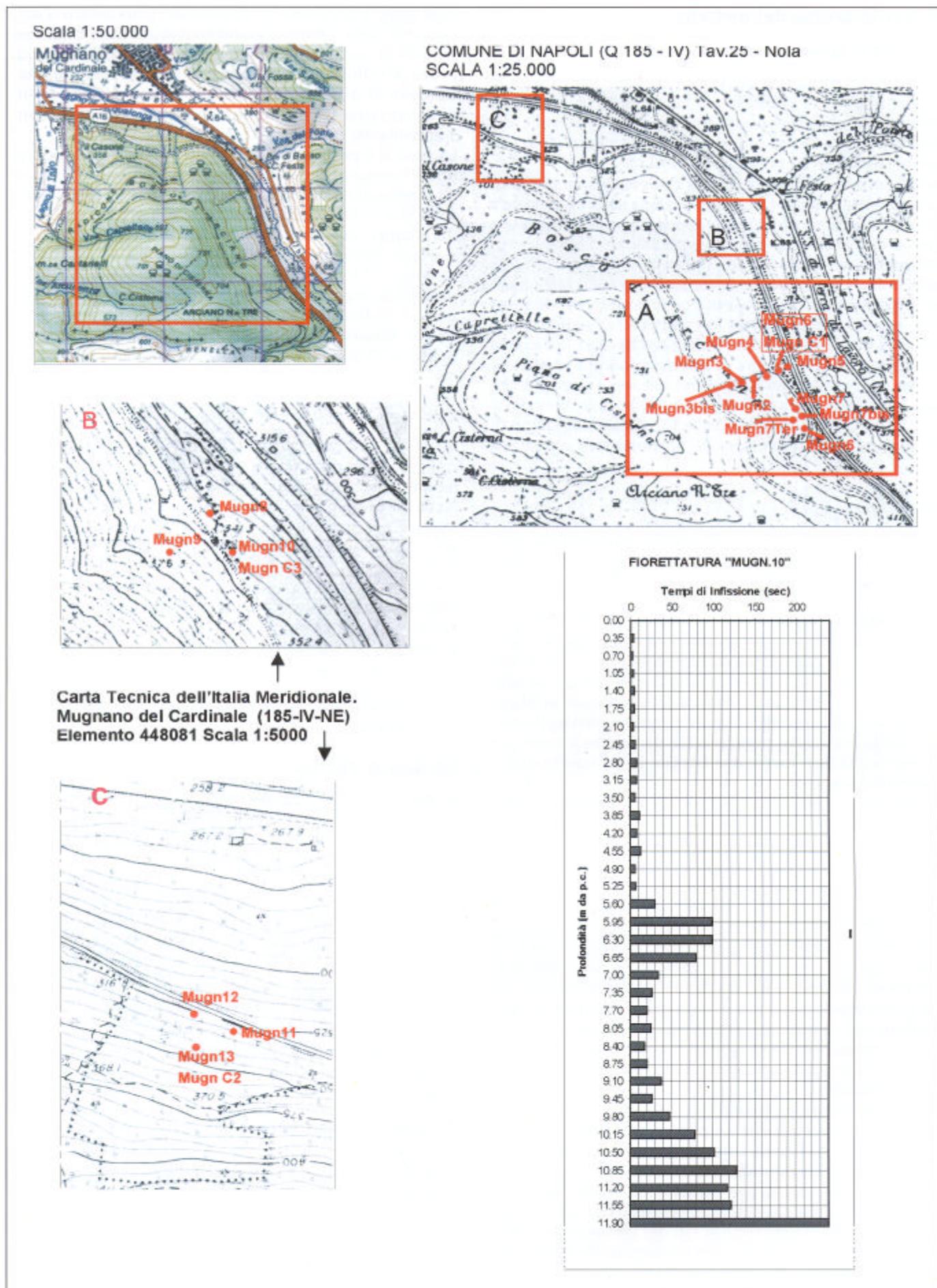


Fig. 7 - Area Mugnano del Cardinale: ubicazioni carotaggi e fioretture con istogramma delle velocità di infissione della fioretatura MUGN 10. «Mugnano del Cardinale» area: sounding spot location maps and sounding speed versus depth diagram of MUGN 10 sounding.

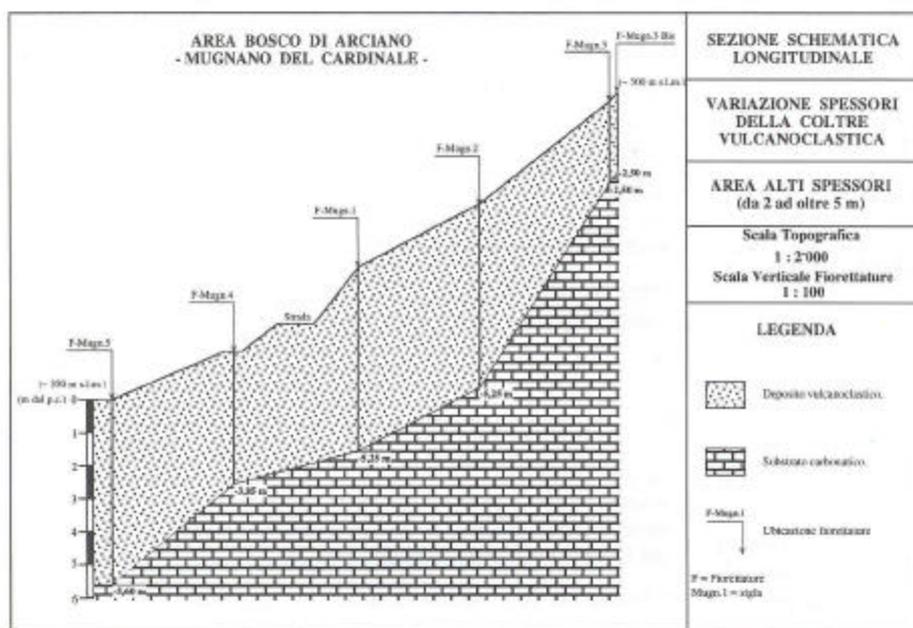
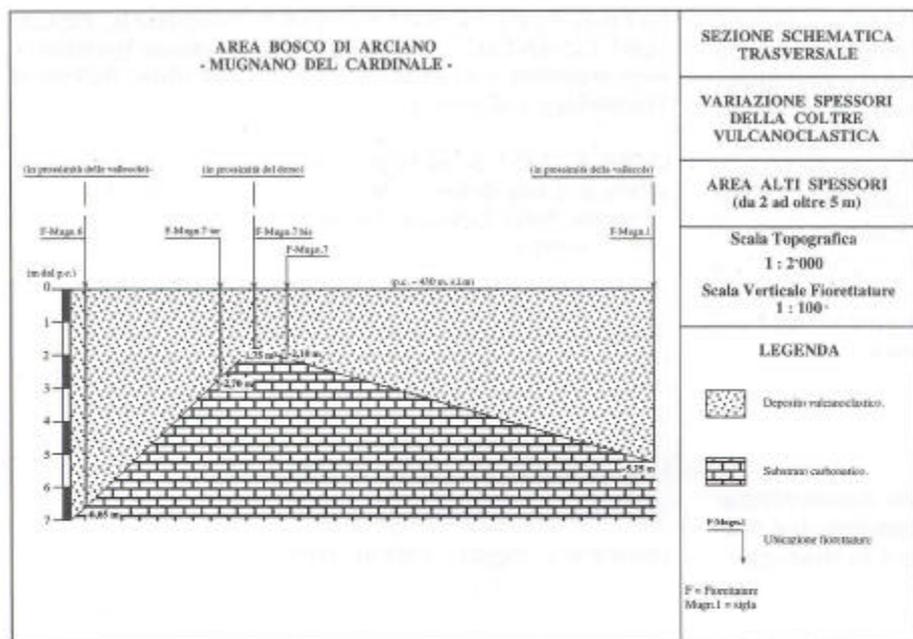


Fig. 8 - Sezioni stratigrafiche trasversale e longitudinale dell'area A di figura 7 ricostruite tramite fioretture.
Transversal and longitudinal cross sections of the A area in figure 7.

6. Discussione

Nelle aree indagate i rilievi di terreno hanno permesso di evidenziare che:

Area Mugnano del Cardinale

- gli spessori di materiale piroclastico recente poggiante su substrato calcareo sono maggiori (fino a 6-7 m) che nelle altre zone della Valle del Clanio con caratteristiche morfologiche simili;
- lo spessore del piroclastico in genere aumenta da monte a valle e dagli spartiacque verso gli assi di drenaggio;
- le sezioni affioranti, le fioretture e i carotaggi indicano che le coperture sono prevalentemente in giacitura primaria, con poche evidenze di estesi fenomeni di rimaneggiamento;

Area Visciano

- Il substrato resistente alla base dei prodotti piroclastici sciolti è costituito, prevalentemente, da tufo fortemente cementato (Ignimbrite Campana) poco permeabile e solo subordinatamente da rocce carbonatiche.
- In ambedue le aree la coltre piroclastica sovrastante il substrato resistente è costituita prevalentemente da alternanze di tefra primari (banchi di pomice e ceneri) e materiali pedogenizzati (paleosuoli), prevalentemente sciolti o debolmente cementati, a comportamento granulare con caratteristiche meccaniche da discrete a scadenti. Gli spessori della porzione piroclastica al di sopra del substrato resistente sono risultati fortemente variabili (3m - 15m), anche in punti a breve distanza, nelle aree indagate, suggerendo un andamento del substrato molto articolato.

- In considerazione delle caratteristiche meccaniche ed idrauliche descritte e delle stratigrafie rilevate, i potenziali rischi di destabilizzazione dei depositi affioranti nell'area appaiono riconducibili ad evoluzione di fenomeni erosivi ad opera di acque meteoriche ruscellanti; in particolare le coltri piroclastiche a granulometria fine affioranti in prossimità del ciglio di valloni caratterizzati da elevati gradienti topografici appaiono i punti più sensibili e meritevoli di attenzione.

6.1. Vantaggi e limiti del metodo

La tecnica di misurazione diretta, a mezzo infissione di sonda meccanica, degli spessori dei depositi incoerenti, potenzialmente instabili, su substrato resistente (tecnica peraltro già nota ed applicata sin dagli albori delle indagini geotecniche) si è dimostrata sufficientemente efficace nella ricostruzione di situazioni tipo nell'area sudorientale della conca campana.

I principali vantaggi della metodologia impiegata riguardano l'estrema economicità e la capacità di operare anche in condizioni logistiche particolarmente difficili quali pendii ripidi, scarpate in materiale cedevole ed instabile, boschi fitti.

Le caratteristiche di terreno delle aree indagate avrebbero reso pressochè proibitivo, anche economicamente, l'impiego di metodi geofisici indiretti, i quali inoltre forniscono informazioni solo sulla posizione del substrato riflettente, senza dati di dettaglio sulle coperture.

L'associazione di fioretture con misura delle velocità di avanzamento e carotaggi consente la ricostruzione abbastanza dettagliata dell'andamento dei principali livelli di

copertura e fornisce informazioni attendibili, ancorché qualitative, sulla natura del substrato. I limiti del metodo risiedono principalmente nella «puntualità» dell'informazione ottenuta, con conseguente necessità di un elevato numero di misure per poter ricostruire attendibilmente variazioni laterali della stratigrafia. Il metodo inoltre non è impiegabile ove sia ragionevole attendersi la frequente presenza di singoli clasti lapidei di dimensioni superiori a qualche centimetro o di orizzonti di ghiaie. A ciò fanno eccezione i livelli pomicei che, grazie alla fragilità dei singoli clasti ed alla loro elevata porosità totale vengono attraversati e riconosciuti agevolmente.

7. Conclusioni

La metodologia e le attrezzature impiegate si sono rivelate completamente adatte a fornire speditamente dati univocamente interpretabili circa lo spessore e la stratigrafia dei depositi vulcanici presenti sui versanti e potenzialmente rimobilizzabili in massa.

È inoltre stata verificata la possibilità di impiegare diagrammi «velocità di avanzamento/profondità» del fioretto per ricavare previa taratura con sezioni naturali o carotaggi un'indicazione qualitativa sulla natura dei prodotti attraversati e del substrato.

L'uso integrato di fioretatura e carotaggio inguainante ha consentito:

- una misura puntuale rapida dello spessore delle coperture piroclastiche;
- l'esecuzione di rilievi in aree di accessibilità problematica;
- una verifica della stratigrafia dei depositi attraversati dalla fioretatura fino a 10m di profondità;
- una valutazione speditiva delle caratteristiche meccaniche degli stessi fino a profondità di circa 20m.

L'attrezzatura e la metodologia provate possono quindi essere efficacemente impiegate per l'infittimento (in aree prive di sezioni naturalmente o artificialmente esposte) della rete di misura per la determinazione di spessori di materiali a basso grado di consolidazione poggiati su substrato resistente.

L'indipendenza del rilievo dalla presenza di una rete viaria e soprattutto la rapidità dei tempi di esecuzione permettono di rilevare con buon dettaglio la profondità di substrati morfologicamente complessi (elevato numero di prove in aree ristrette) nonché l'estensione della maglia di misura degli spessori anche ad aree con morfologia particolarmente accidentata.

BIBLIOGRAFIA

ANDRONICO D., CALDERONI G., CIONI R., SBRANA A., SULPIZIO R., SANTACROCE R. (1995): *Geological map of Somma-Vesuvius volcano*. Periodico di Mineralogia, v. 64, p. 77-78.

ANDRONICO D., CIONI R., MARIANELLI P., SANTACROCE R., SBRANA A., SULPIZIO R. (1996). *Introduction to Somma-Vesuvius*. In Vesuvius Decade Volcano Workshop Handbook, September 17-22, p. 1-13, Naples.

BARBERI F., INNOCENTI F., LIRER L., MUNNO R., PESCATORE T., SANTACROCE R. (1978): *The Campanian Ignimbrite: a major prehistoric eruption in the Neapolitan area (Italy)*. Bulletin of Volcanology, vol. 41(1), p. 1-22.

CIONI R., LEVI S., SULPIZIO R. (1999): *Apulian Bronze Age pottery as a long distance indicator of the Avellino Pumice eruption (Vesuvius, Italy)*. Geological Society of London special publication, in stampa.

CIVETTA L., AUGUSTI V., DEL GAUDIO C., de VITA S., DI VITO M., ISAIA R., MAROTTA E., ORSI G., PAPPALARDO L., PETRAZZUOLI S., PIOCHI M., RICCIARDI G., RICCO C., CARADENTE A., D'ANTONIO M., DI CESARE T., NECCO A., FISHER R.V., SOUTHON J., DEINO A., WOHLLETZ K. (1998): *Campi Flegrei*. In Orsi G., Di Vito M., Isaia R. (editori): «Volcanic Hazards and Risk in the Parthenopean Megacity Guide book». 26-78.

FISHER R.V., ORSI G., ORT M., HEIKEN G. (1993): *Mobility of a large-volume pyroclastic flow emplacement of the Campanian Ignimbrite, Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., vol. 56, 205-220.

GUIDA M., VALLARIO A. (1998): *La lezione di Sarno: riflessioni e proposte sull'evento alluvionale del 5/6 Maggio 1998*. Geol. Tecn. Amb. vol. 3, 3-13.

MIGALE L.S., MILONE A. (1998): *Colate di Fango in terreni piroclastici della Campania. Primi dati della ricerca storica*. Rassegna storica Salernitana, vol. 15(2), 235-271.

NEWHALL C.G., SELF S. (1982): *The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of the explosive magnitude for historical volcanism*. Journ. Geophys. Res., 87 (C2), 1231-1238.

ORSI G., DE VITA S., DI VITO M.A. (1996): *The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol. 74, 179-214.

PARESCHI M.T., SANTACROCE R., CAVARRA L., FAVALLI M., GIANNINI F., SULPIZIO R., ZANCHETTA G. (1998a): *Analisi dei bacini della zona di Sarno-Quindici-Bracigliano-Siano interessati da flussi di fango (lahars secondari) il 5-5-1998*. Rischio idrogeologico nelle aree della Campania, Unità Operativa Valle del Clanio Professional Paper, pp. 20.

PARESCHI M.T., SANTACROCE R., CAVARRA L., FAVALLI M., GIANNINI F., SULPIZIO R., ZANCHETTA G. (1998b): *Contributo alla zonazione della pericolosità ed alla valutazione del rischio connessi allo scorrimento di colate di fango nel bacino dei torrenti Clanio e Acqualonga*. Rischio idrogeologico nelle aree della Campania, Unità Operativa Valle del Clanio Professional Paper, pp. 31.

PARESCHI M.T., SANTACROCE R., CAVARRA L., FAVALLI M., GIANNINI F., SULPIZIO R., ZANCHETTA G. (1999a): *May 5-1998 secondary lahars at Vesuvius. Hazard evaluation*. 24th General Assembly Nonlinear Geophysics and Natural Hazard. EGS 1999, The Hague. Geophysical Research Abstracts, vol. 1(4), 880.

PARESCHI M.T., CAVARRA L., FAVALLI M., GIANNINI F. (1999b): *GIS and volcanic risk management*. Natural Hazard, in press.

PESCATORE T., ORTOLANI F. (1973): *Schema tettonico dell'Appennino campano-lucano*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 92, 453-473.

PRINCIPE C., MALFATTI A., ROSI M., AMBROSIO M., FAGIOLI M.T. (1997): *Metodologia innovativa di carotaggio microstratigrafico: esempio di applicazione alla tefrostratigrafia di prodotti vulcanici distali*. Geologia Tecnica & Ambientale, vol. 4/97, 39-50.

ROSI M., SBRANA A. (editori) (1987): *Phlegrean Fields*. CNR Quad. Ric. Sci., vol. 114, 175 pp.