

5. – LA PIANA DI FORINO

5.1. – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

La piana di Forino è interessata periodicamente da improvvisi sprofondamenti che coinvolgono alcune migliaia di m³ di terreni con voragini dell'ordine di 10-20 m di larghezza e 10-20 m di profondità.

La conca di Forino costituisce un bacino endoreico bordato da rilievi calcarei di età cretacea e da successioni terrigene mioceniche (fig. 68). I flysch sono presenti anche in profondità nella piana e ricoperti da uno spesso strato di depositi alluvionali e piroclastici (fig. 69). Le acque di ruscellamento superficiale creano frequentemente fenomeni di alluvionamento in quanto vengono smaltite in profondità solo attraverso l'inghiottitoio di Celzi (fig. 68).

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, SANTO *et alii*, (1998), attraverso il censimento dei pozzi presenti nella piana, hanno rilevato la presenza di una falda contenuta nei depositi alluvionali sabbioso-limosi avente drenaggio preferenziale rivolto da ONO verso ENE (fig. 70).

5.2. - I SINKHOLES DELLA PIANA

Nell'area sono stati censiti 8 fenomeni di sprofondamento, due dei quali si sono verificati recentemente (marzo 2005 e giugno 2005).

Le fenomenologie riportate con il codice For003, For004 e For005 di figura 71 sono ancora ben visibili in campagna ma risultano in gran parte interrato. Le attuali profondità sono dell'ordine di 3-4 m, mentre il diametro è compreso tra 20 e 30 m. In particolare, nel *sinkhole* For005 (fig. 72) è stata osservata una recente riattivazione evi-

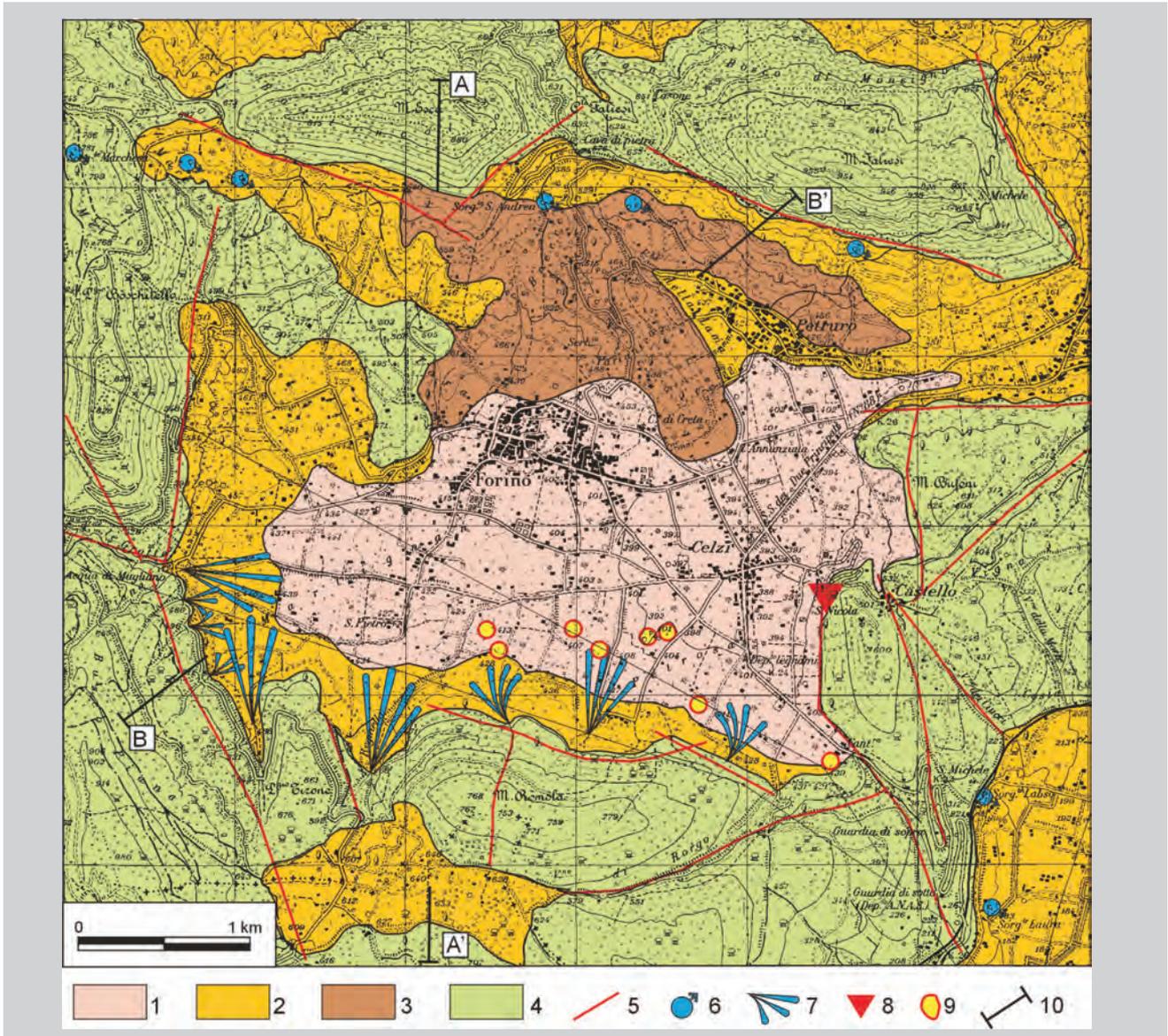


Fig. 68 - Schema geologico della piana di Forino. Legenda: 1) depositi piroclastici rimaneggiati e depositi alluvionali (Pleistocene sup.-Olocene); 2) depositi detritico-piroclastici (Pleistocene sup.-Olocene); 3) depositi in facies di flysch; 4) calcari mesozoici; 5) faglia; 6) sorgente; 7) conoide alluvionale; 8) inghiottitoio; 9) sinkholes.

- Geological map of Forino plain. Legend: 1) pyroclastic and alluvial deposits (upper Pleistocene-Holocene); 2) slope deposits (upper Pleistocene-Holocene); 3) miocene flysch; 4) Mesozoic limestones; 5) fault; 6) spring; 7) fan; 8) ponors; 9) sinkholes.

denziata chiaramente dalla presenza di radici tranciate dalla ripresa dei movimenti di subsidenza (fig. 73).

Il *sinkhole* For003, risalente a oltre 50 anni fa, è particolarmente significativo per le testimonianze storiche riprese dai locali che affermano di ricordare la presenza di un piccolo lago dove si recavano a fare il bagno.

Lo sprofondamento indicato con il codice For006, invece, risale al marzo 2005, si presenta come una forma "abortita" avente un diametro di circa 15 m ed una profondità di circa 3 m (figg. 74, 75).

Il sinkhole del 12 giugno 2005

Lo sprofondamento più recente si è verificato alle ore 18.30 circa del 12 giugno, quando improvvisamente si è aperta una voragine in contrada Petrosa (località Celzi) a pochi metri da una strada comunale e da alcune abitazioni.

Lo sprofondamento presentava un diametro iniziale di circa 12 m e profondità di circa 25 m; il fondo non era visibile per la presenza di alcuni alberi di nocciolo caduti nella voragine. Esso ha interessato terreni di natura prevalentemente limoso-sabbiosa. Il volume della voragine è stato stimato approssimativamente in 2500-3000 m³.

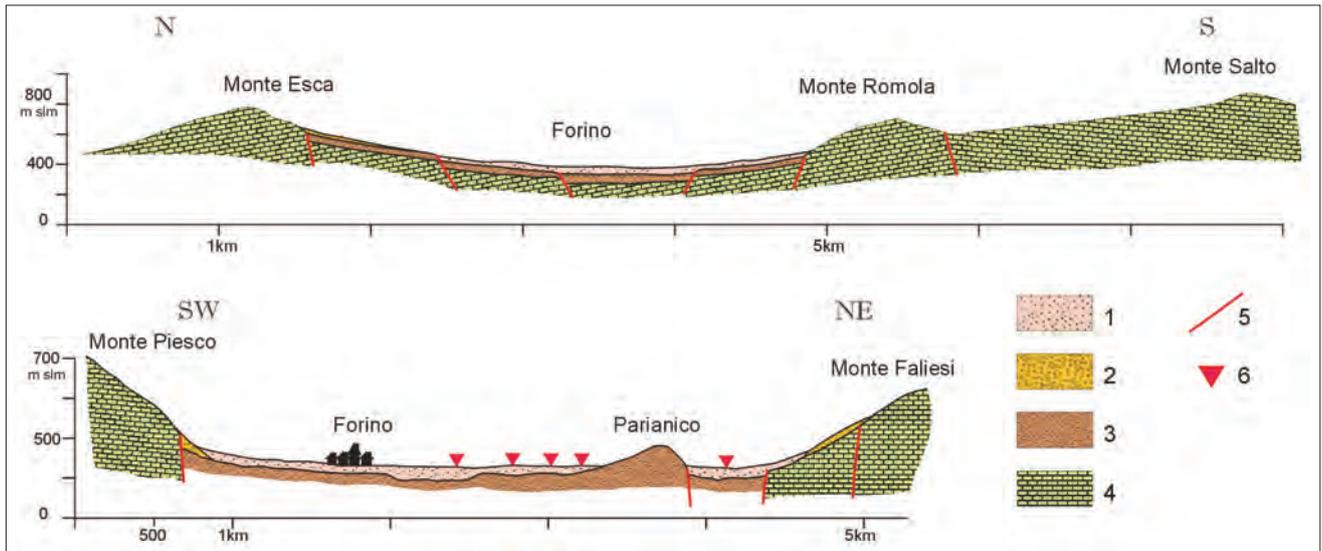


Fig. 69 - Sezioni geologiche del bacino di Forino. 1) depositi piroclastici rimaneggiati e depositi alluvionali (Pleistocene sup.-Olocene); 2) depositi detritico-piroclastici (Pleistocene sup.-Olocene); 3) depositi in facies di flysch; 4) calcari mesozoici; 5) faglia; 6) sondaggi (da SANTO et alii, 1998, mod.).
 - Cross section of Forino plain. Legend: 1) pyroclastic and alluvial deposits (upper Pleistocene-Holocene); 2) slope deposits (upper Pleistocene-Holocene); 3) miocenic flysch; 4) Mesozoic limestones; 5) fault; 6) borehole (from SANTO et alii, 1998, mod.).



Fig. 70 - Isopiezometriche della falda della piana di Forino (da SANTO et alii, 1998, mod.). Legenda: 1) curva isopiezometrica e relativa quota s.l.m.; 2) sinkhole; 3) inghiottitoio; 4) sorgente; 5) linea di deflusso sotterraneo.
 - Isopiezometric curve of Forino plain (from SANTO et alii, 1998, mod.). Legend: 1) isopiezometric curve and altitude above sea-level; 2) sinkhole; 3) ponors; 4) spring; 5) underground flow direction.

La zona è stata tempestivamente recintata, ma nei mesi successivi la voragine si è ampliata a causa di franamenti periodici lungo il suo bordo che hanno coinvolto anche altri alberi circostanti; il diametro ha raggiunto i 25 m nel marzo del 2007.

A seguito di alcuni sopralluoghi e di riunioni tenutesi presso il Comune di Forino e presso l'Ufficio

Difesa Suolo della Regione Campania è stato eseguito un primo sondaggio a carotaggio continuo nei pressi del sinkhole per cercare di caratterizzare la stratigrafia del sito (SANTO & DEL PRETE, 2007).

Le prime analisi sono state mirate alla comprensione del modello stratigrafico del sottosuolo ed alla caratterizzazione geotecnica dei vari orizzonti.

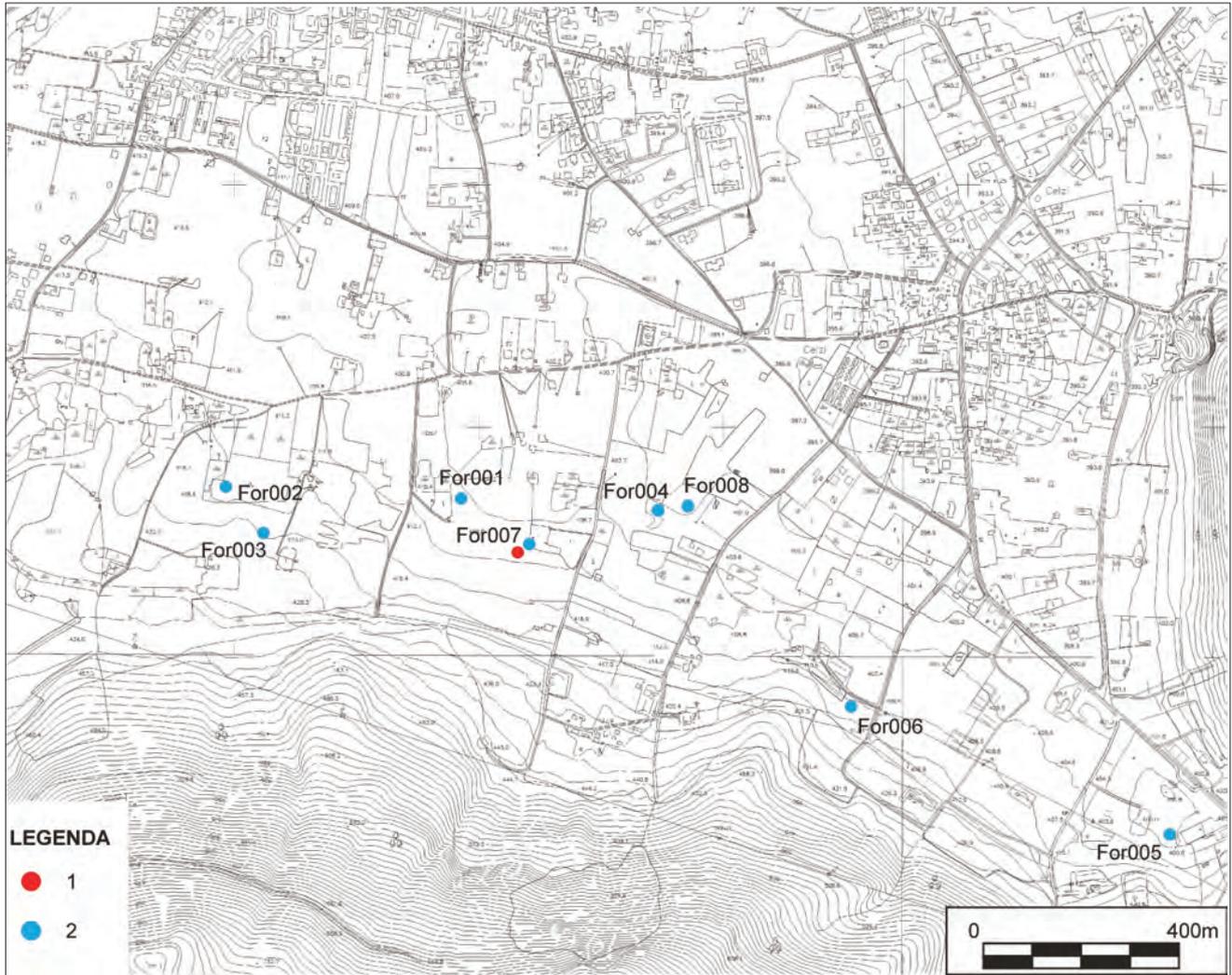


Fig. 71 - Ubicazione dei *sinkholes* (1) censiti nel settore meridionale della piana di Forino e del sondaggio geognostico (2) effettuato. Il *sinkhole* riportato con il codice For007 corrisponde a quello generatosi il 12 giugno 2005, mentre quello con il codice For006 a *sinkhole* del marzo 2005.
 - Location of southern Forino plain *sinkholes* (1) and borehole (2). the *sinkhole* For007 was occurred 2005 June 12; while the *sinkhole* For006 was occurred in 2005 March.



Fig. 72 - Il *sinkhole* For005 (foto in alto) ubicato sullo stralcio di figura 70 e risalente a circa 80 anni fa. Sono ben evidenti più ordini di superfici di collasso.
 - View of *sinkhole* For005 (cfr. fig. 70) that probably occurred 80 years ago. It is evident the presence of more order of collapse surface.

zonti clastici e piroclastici.

Il confronto tra le figure 76 e 77, relative al periodo giugno 2005 e marzo 2007, mostrano chiaramente come la naturale evoluzione morfologica del *sinkhole* sta portando a un graduale colmamento della voragine che nel tempo può giungere ad una quasi completa obliterazione della morfologia iniziale.

È da segnalare che, per il caso specifico, al momento dello sprofondamento non si sono manifestate risalite di acqua, e quindi la falda doveva essere più profonda. Tuttavia, alcuni testimoni locali, hanno dichiarato di aver sentito passaggio di acqua in profondità.

Assetto stratigrafico di dettaglio

Per poter comprendere l'assetto geologico stratigrafico di dettaglio dei terreni nel quale si è generato lo sprofondamento, sono state eseguite alcune perforazioni a carotaggio continuo i cui risultati sono tuttora in fase di elaborazione; la prima, per motivi di sicurezza, è stata effettuata circa 22 m a NE dal *sinkhole* e comunque lungo l'allineamento tra i *sinkholes* For001 e 004 di figura 71.



Fig. 73 - Evidenze di riattivazione sul fondo del *sinkhole* For005.
- Reactivation evidence of For005 *sinkhole* phenomena.



Fig. 74 - Il *sinkhole* del marzo 2005 fotografato nel novembre 2006.
- View of 2005 March *sinkhole* in 2006 November.



Fig. 75 - Panoramica del *sinkhole* del marzo 2005 come si presentava a marzo 2007.
- View of 2005 March *sinkhole* two years later.



Fig. 76 - Il *sinkhole* di Contrada Petrosa pochi giorni dopo la sua formazione (25 giugno 2005; diametro circa 12 m e profondità di circa 25 m).
- The Contrada Petrosa *sinkhole* few days later its formation (2005, June 25; diameter 12 m about and deeping 25 m about).

Nel corso della prima perforazione che ha raggiunto i 38 m di profondità (figura 78 cui si rimanda per il dettaglio stratigrafico) è stato attraversato, a partire dal piano campagna, uno spessore di circa 10 m di depositi piroclastici da caduta ascrivibili ad eruzioni del Somma Vesuvio e flegree (eruzioni di Mercato risalente a 8.000 anni fa, e di prob. Agnano risalente a 10.550 anni fa). Seguono circa 12 m di alternanze di piroclastiti rimaneggiate in ambiente alluvionale e di *fall* pomiceo-cineritici ascrivibili, probabilmente, alle eruzioni di Sarno (17.000 anni fa) e di Codola (25.000 anni fa). Nella parte bassa di questo intervallo è presente un intervallo (tra i 19 e 22 m) di sabbie fini molto erodibili.

Un paleosuolo divide nettamente i depositi alluvionali dal Tufo Grigio Campano che ha uno spessore di circa 10 m e si presenta in facies lapidea giallastra. Il tufo, infine, poggia su arenarie del substrato miocenico in facies di flysch.

In tutto il sondaggio non è stata rilevata la pre-

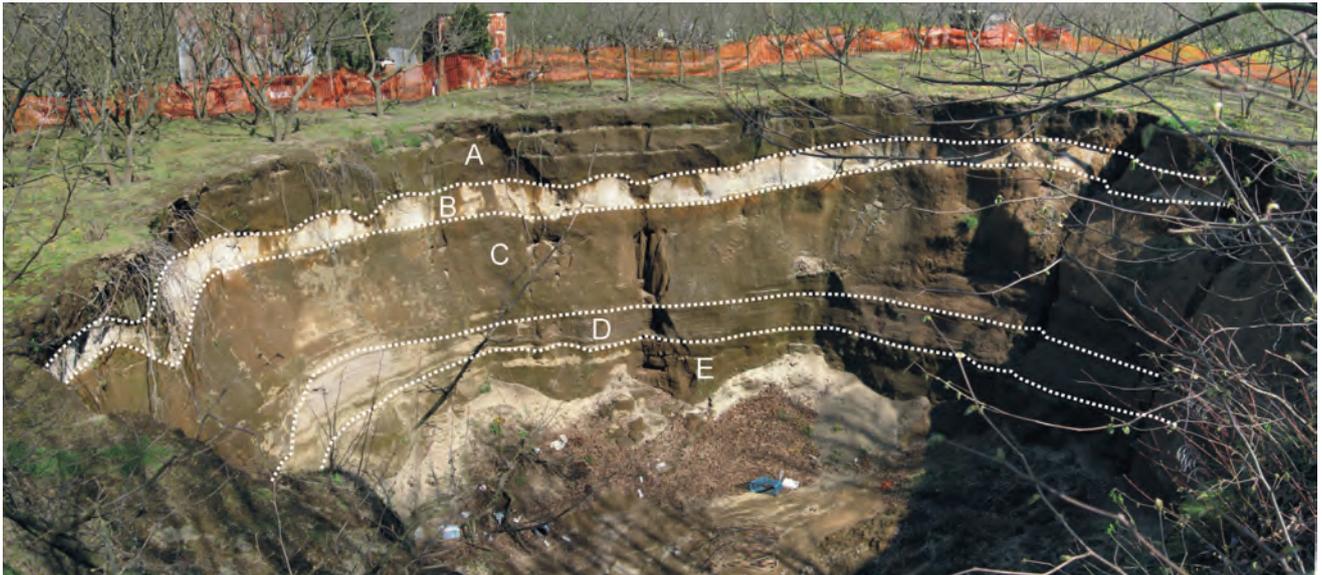


Fig. 77 - Panoramica della stratigrafia visibile lungo le pareti del *sinkhole* di Contrada Petrosa (marzo 2007). Legenda: A) suoli recenti con due livelli di eruzioni vulcaniche storiche (472 d.C. e 1631); B) pomici dell'eruzione vulcanica di Mercato/Ottaviano, 8000 anni fa; C) cineriti rimaneggiate (limi sabbiosi) con pomici e locali livelli di sabbie e paleosuoli; D) pomici grigie e scorie dell'eruzione di Sarno rimaneggiate in ambiente alluvionale; E) cineriti (limi sabbiosi) pedogenizzate con locali livelli di sabbie fini.

- View of stratigraphy along the wall of Contrada Petrosa sinkhole (2007 March). Legend: A) present soils with two level of recent tephra (472 d.C. and 1631 eruption); B) tephra of Mercato/Ottaviano eruption (8000 ybp); ash and pumice interbedded from sandy and paleosol level; D) grey pumice and scoriae of Sarno eruption reorganized in alluvial environment; E) soil ash with thin sandy level.

senza di acqua. La falda è risultata assente, anche se bisogna ricordare che la perforazione è stata eseguita in periodo di magra (12/11/2006). Per tale motivo, al fine di poter controllare le oscillazioni della falda il sondaggio è stato condizionato con un piezometro a tubo aperto.

Il programma delle indagini prevede ulteriori sondaggi, tra cui uno anche all'interno del *sinkhole* preventivamente riempito, al fine di ricostruire l'assetto geologico stratigrafico tridimensionale del sito, il monitoraggio della falda e la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

5.3. – ANALISI E CONSIDERAZIONI

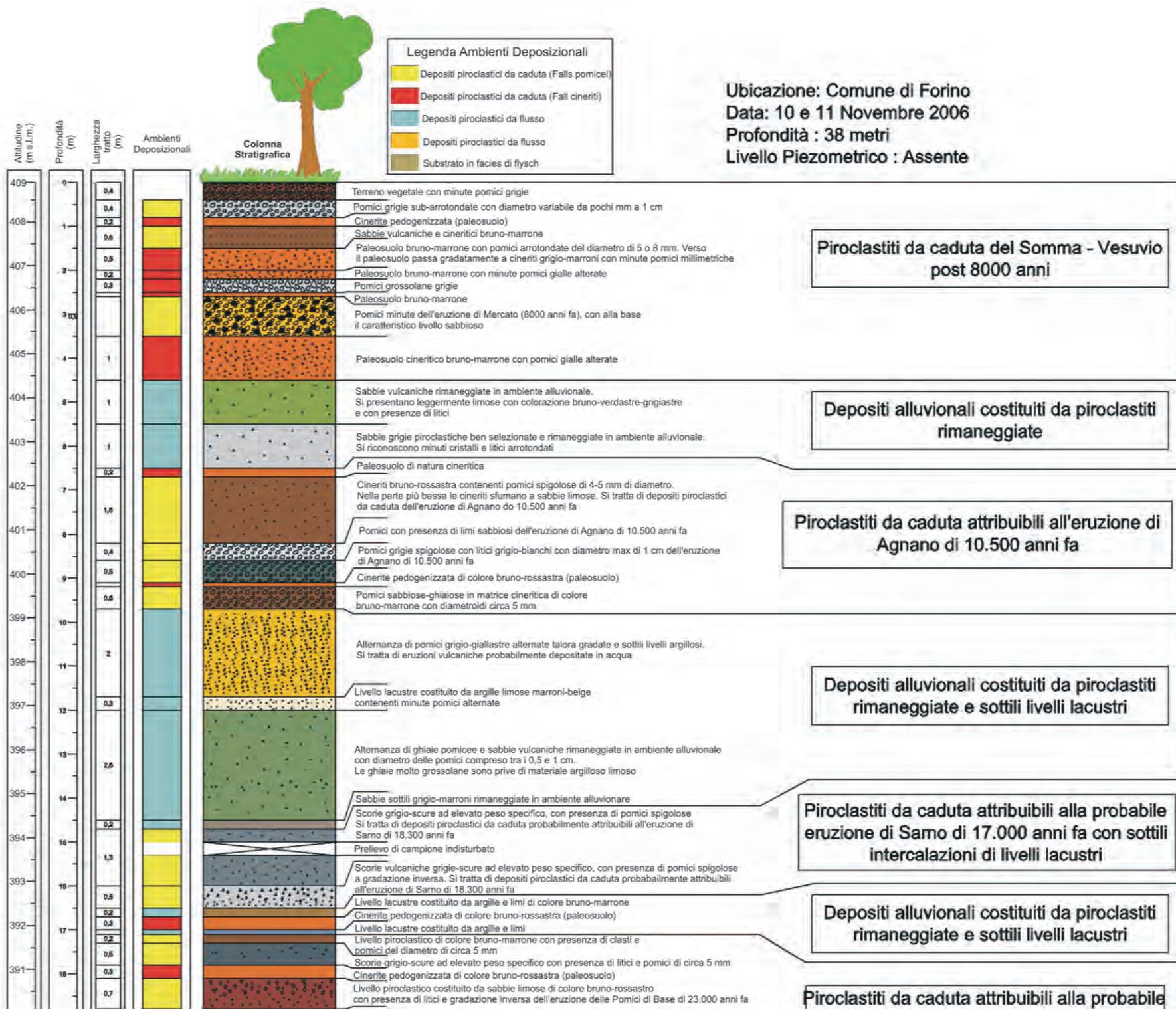
I primi dati stratigrafici hanno evidenziato la presenza di un substrato non carsificabile dall'andamento articolato e caratterizzato da paleomorfologie sepolte sotto una spessa coltre di depositi piroclastico alluvionali.

La presenza tra i 25 ed i 30 m di profondità di rocce lapidee in posto (tufo e poi substrato miocenico) rende difficile ipotizzare la formazione in quei terreni di una cavità naturale.

Sulla base di tali dati si ipotizza la formazione di un vuoto nelle sabbie poste immediatamente a tetto dell'Ignimbrite Campana, generato da un fenomeno di suffosione profonda (CASTIGLIONI, 1986). A questa altezza stratigrafica esistono, infatti, alcuni metri di sabbie molto fini ed erodibili.

La profondità originaria del *sinkhole* (circa 25 m)

coincide all'incirca con quella del tetto del tufo ed è probabile che si possa essere creata una attiva circolazione idrica immediatamente a tetto del tufo come sembrerebbe confermato da un primo censimento di pozzi della piana in cui il tetto della falda si posiziona a circa 390 m s.l.m. (SANTO *et alii*, 1998).



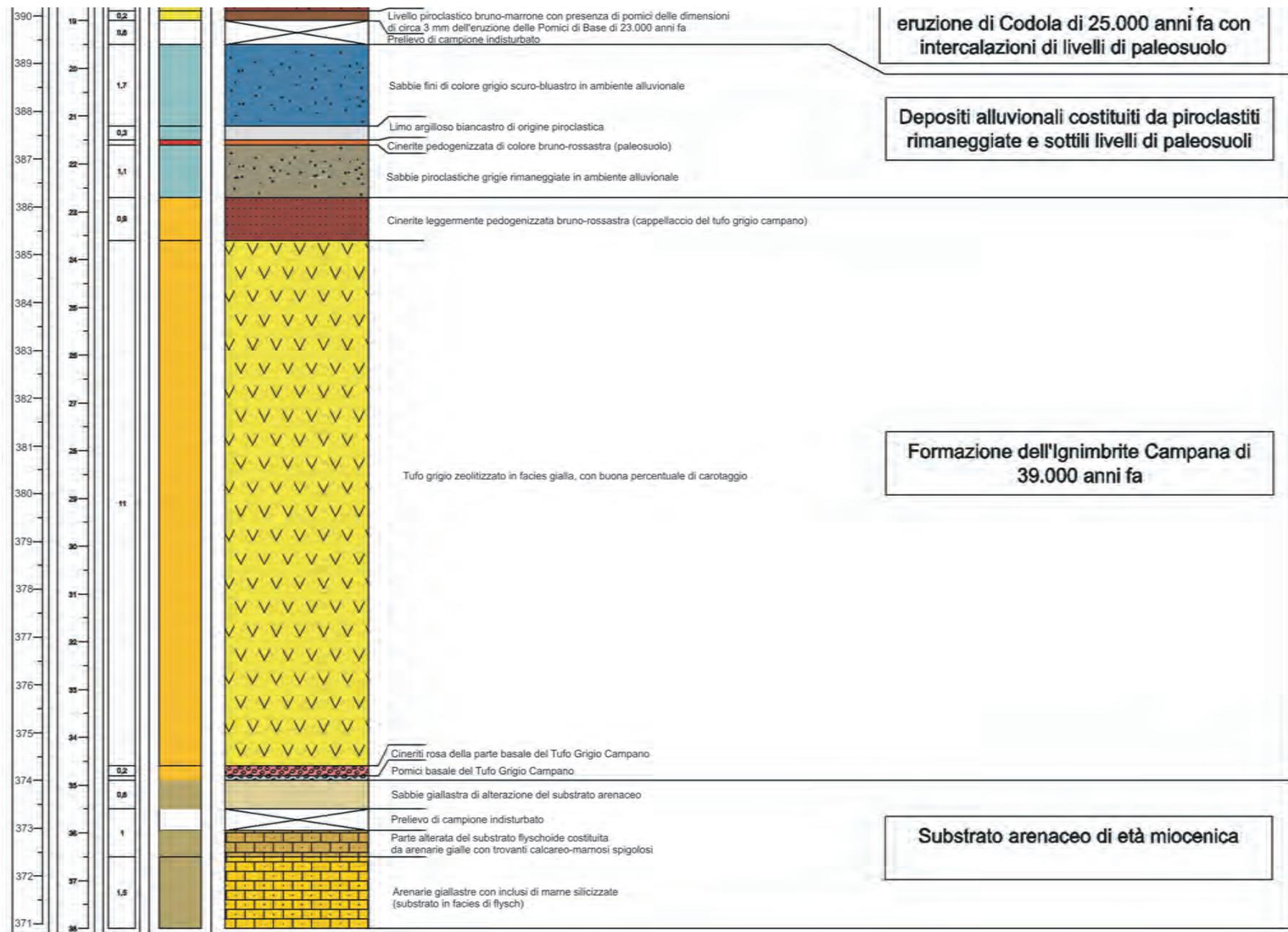


Fig. 78 - Stratigrafia ricostruita dalla perforazione a carotaggio continuo effettuata il 10-11 novembre 2006 in prossimità del *sinkhole* di Contrada Petrosabicato in figura 71.
- *Stratigraphy of borehole near the Contrada Petrosa sinkhole; for its location cfr. figure 71.*