

## La “dimensione oscura”: viaggio dentro Piansano (VT)

*The dark side of Piansano (VT, central Italy): journey into the underground city*

PAPACCHINI L. (\*), PALLADINO D.M. (\*\*),  
DI FRANCESCO B. (\*\*\*), SIMEI S. (\*\*), SONNO M. (\*)

**RIASSUNTO** - Il sottosuolo di Piansano (VT) è un incredibile intreccio di cavità, alcune recenti altre forse antiche di millenni, che interessano l'intero odierno edificato e si spingono anche oltre i limiti delle costruzioni.

In tempi recenti, è stato avviato uno studio di dettaglio, strutturato in formato gis-oriented, finalizzato alla conoscenza di tutti gli ipogei (attualmente sono stati mappati oltre 200), sia in termini di estensione e dimensione, che in relazione alla definizione di tutte le caratteristiche litologiche delle formazioni a spese delle quali sono state realizzate le cavità, senza peraltro trascurare gli aspetti relativi alle loro condizioni statiche ed agli interventi da mettere in atto per la loro messa in sicurezza.

Tutto ciò è stato reso necessario per contrastare gli effetti sugli ipogei stessi dovuti al traffico veicolare, sempre più marcato, alla presenza di impianti tecnologici (fognature, linee idriche, ecc), ma anche a seguito di una maggiore sensibilità nei confronti di quelle problematiche che, nei casi più gravi, possono creare dissesti a danno delle abitazioni, delle strade, dei monumenti e delle strutture di superficie, con conseguente rischio per l'incolumità delle persone e costi aggiuntivi per la collettività.

**PAROLE CHIAVE:** cavità, roccia vulcanica, rischio geologico, Monti Vulsini, sistema informativo geografico

**ABSTRACT** - Underground Piansano (VT) is an amazing tangle of caves, either recent or, possibly, thousands of years old, extended within the present-day settlement and even beyond its limits. Recently, a detailed gis-oriented study has been carried out aiming at defining all the underground sites (up to now more than 200 of them have been mapped) in terms of their location and extension, as also related to the lithological characteristics of the hosting formations. Moreover, the aspects concerning their conditions of stability have been also addressed, as well as the related interventions to be put in place as safety measures. This is in order not only to prevent the effects on the underground sites of the increasing traffic and of the presence of technological systems (e.g., sewers, water lines, etc.), but also in light of a greater sensitivity to hazard issues. In fact, the most severe cases of underground instabilities may result into damages to homes, roads, monuments and other surface structures, with conse-

quent risk to the safety of people and additional costs for the community.

**KEY WORDS:** caves, volcanic rocks, geologic hazards, Vulsini Mountains, geographic information systems

### 1. - INTRODUZIONE:

Lo studio delle cavità antropogeniche e dei relativi dissesti in atto o potenziali nei centri urbani sta ricevendo una crescente attenzione (CIOTOLI *et alii*, 2013; NISIO, 2003, 2012, 2014). Il presente lavoro si focalizza sulla complessa rete di cavità che interessa il centro storico di Piansano (VT). Per avere un quadro esauriente e motivazionale di questa estesa presenza di ipogei è necessario partire dall'analisi delle caratteristiche geologiche del territorio.

Il territorio di Piansano è situato all'interno di una vasta area vulcanica, nota come Distretto Vulcanico Vulsino, che rappresenta la manifestazione più settentrionale del magmatismo alcalino-potassico quaternario della Provincia Romana. Durante il Pleistocene Medio e Superiore (a partire da circa 800.000 anni fino a 36.000 anni fa per le manifestazioni più recenti) sono stati infatti attivi lungo una fascia peritirrenica una serie di vulcani, che da NW verso SE costituiscono i Monti Vulsini, Vicani e Sabatini, i Colli Albani e alcuni modesti rilievi della Media Valle Latina. Secondo le ricostruzioni stratigrafiche e i dati geocronologici disponibili, l'attività vulcanica nel Distretto Vulsino si è protratta fra circa 550.000 e 120.000 anni fa ed è riconducibile a cinque complessi vulcanici denominati Paleovulsino, Campi Vulsini, Bolsena-Orvieto, Montefiascone e Latera (PALLADINO *et alii*, 2010).

(\*) Giseco Studio Tecnico Associato, via Maternum, 163 – 01010 Piansano (VT)

(\*\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma, Ple A. Moro, 5 - 00185 Roma

(\*\*\*) Geocad s.r.l., Via Roma, 52 – 01010 Piansano (VT)

In particolare, la successione vulcanica esposta nel territorio di Piansano comprende diverse colate di lava, attribuite all'attività effusiva areale dei Campi Vulsini (affioranti sul fondo dei fossi più incisi ad es. nelle località di S. Antonio, Fosso di Piansano, La Fonte), con età più antiche di 300.000 anni, sulle quali poggiano depositi piroclastici relativi alle maggiori eruzioni esplosive del Complesso di Latera (formazioni di Canino, Farnese, Sovana, Sorano e Grotte di Castro, in ordine stratigrafico), con età comprese fra circa 280.000 e 180.000 anni. Per quanto riguarda questi ultimi depositi, nei dintorni dell'abitato si rinvengono orizzonti di pomice grigio chiaro-biancastre da caduta pliniana (affioranti presso il campo sportivo) e depositi da colata piroclastica, sia in facies cineritico-pomiche poco coerenti, di colore grigio chiaro-biancastro (ben esposte ad es. lungo le strade per Capodimonte e Arlena di Castro), che in facies litoidi per zeolitizzazione, di colore da avana a rossastro (da cui si ricavano i classici tuffi da blocchetti), che fra l'altro costituiscono in prevalenza la rupe del centro storico.

La successione locale si chiude a tetto con le lave del centro eruttivo di M. di Cellere, parte dell'attività post-calderica finale del Complesso di Latera (circa 150.000 anni), costituenti un vasto espandimento ad ovest dell'abitato (località S. Anna). Da un punto di vista composizionale, le vulcaniti affioranti mostrano chimismi ampiamente variabili dai trachibasalti, shoshoniti, tefriti fonolitiche e fonoliti tefritiche, caratteristici dei litotipi lavici, a trachiti e fonoliti, tipici delle piroclastiti. Sanidino e leucite (frequentemente analcimizzata), fra i sialici, clinopirosseno e mica bruna fra i femici, rappresentano i cristalli più evidenti all'osservazione macroscopica.

La cartografia geologica (mod. PALLADINO *et alii*, 1994), illustra i prodotti affioranti nell'abitato di Piansano e nei suoi dintorni (fig. 1).

## 2. - LE CAVITÀ: CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO

La geologia ha chiaramente condizionato lo sviluppo geomorfologico del territorio. Evidenza di questo è l'impostazione dell'abitato storico di Piansano che si trova sopra una rupe tufacea, della quale segue quasi pedissequamente il profilo.

In definitiva, il paese si trova ad essere situato in posizione isolata, come si conveniva ai tempi passati per ragioni di difesa, e rialzata di qualche decina di metri rispetto alle due valli contigue, che sono solcate rispettivamente dal Fosso di Valleforma ad est e dal Fosso delle Streghe (o Fosso di Piansano) ad ovest e che decorrono quasi paralle-

lamente all'abitato, con l'esclusione del tratto finale, dove si congiungono per una curvatura del Fosso delle Streghe.

Lungo il loro alveo affiorano prodotti lavici che a causa della maggiore resistenza all'erosione rispetto agli altri termini vulcanici provocano la formazione di caratteristici salti d'acqua.

La rupe è costituita prevalentemente da formazioni piroclastiche da flusso, che in affioramento mostrano per lo più consistenza litoide, colore marrone chiaro-avana ed aspetto compatto, essendo le fratture localizzate e non eccessivamente numerose. In loco, quasi completamente obliterate dalle costruzioni e dalle pavimentazioni stradali, sono presenti anche le altre facies piroclastiche non spiccatamente litoidi che si sono rilevate negli ipogei. I depositi da colata piroclastica possono presentarsi nel loro aspetto originale, integro, oppure mostrare, a luoghi, un avanzato grado di fratturazione, spesso incrementato dall'intervento umano nel recente passato.

In virtù di quanto esposto, è possibile suddividere l'area d'interesse nelle seguenti facies:

- zone corrispondenti al nucleo, non alterato e privo di fratturazione significativa, dei depositi da flusso piroclastico;

- zone periferiche dei depositi (di limitata estensione) caratterizzate da accentuati fenomeni di fratturazione, anche con distacchi, e potenzialmente instabili;

- versanti adiacenti alle formazioni da flusso piroclastico, nei quali si sono verificati movimenti gravitativi sia pur di modesta consistenza e limitata estensione; causa di questi fenomeni è stato l'abbandono di piccoli orti terrazzati, un tempo coltivati e limitati da muretti a secco;

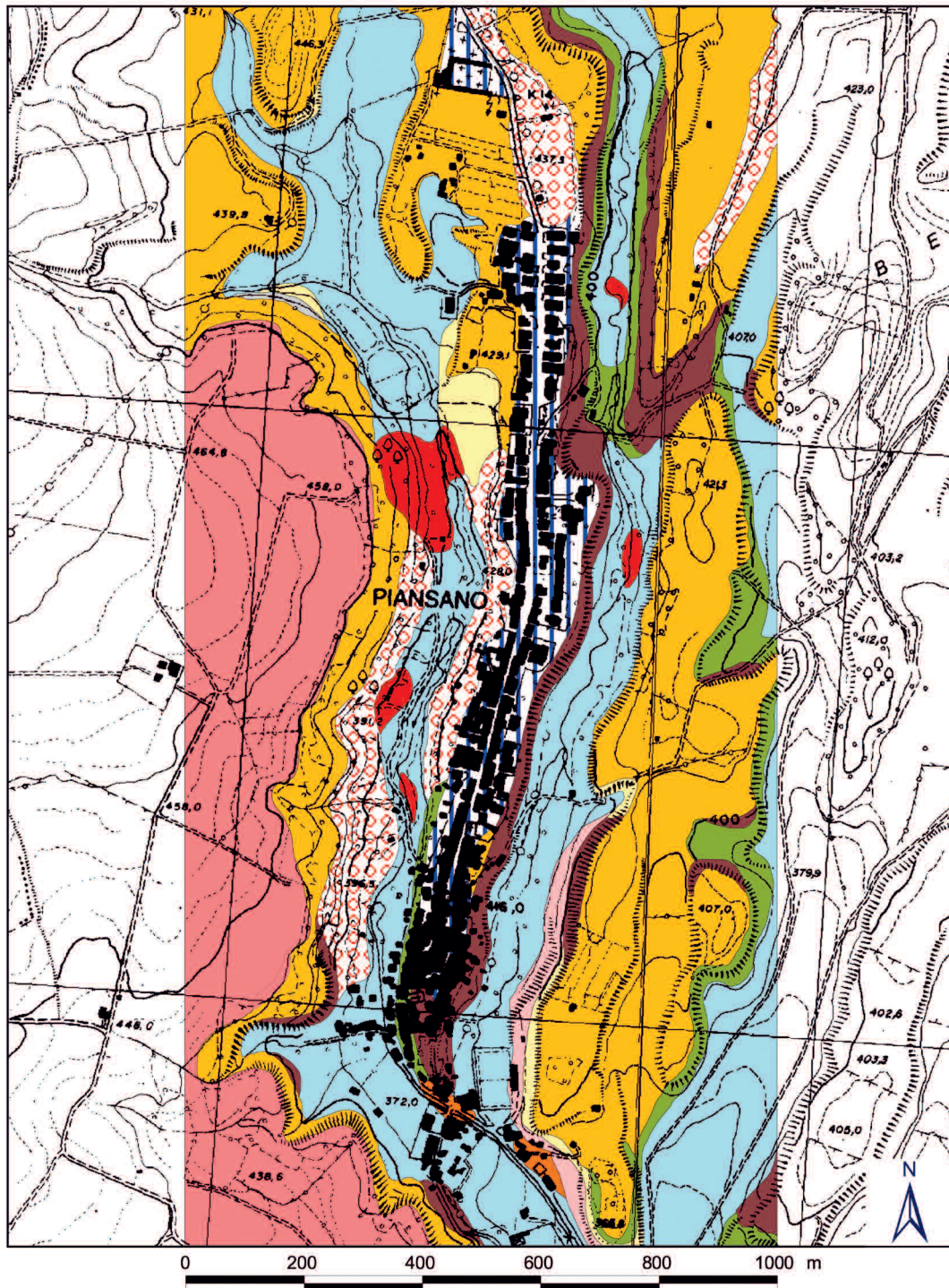
- zone attualmente stabili, ma esposte a rischio di erosione accelerata, per essere costituite da materiali piroclastici e detritici sciolti;

- zone a margine dell'alveo dei fossi interessate da erosione laterale a tratti marcata;

- zone di potenziale esondazione circoscritte a piccole porzioni a ridosso dell'alveo dei due fossi.

La conformazione geologica e geomorfologica ha fortemente condizionato le disponibilità idriche. L'approvvigionamento idrico veniva parzialmente soddisfatto dalle poche e scarse risorse sorgentizie (lontane perlopiù dal paese), mentre per la gran parte venivano utilizzati pozzi poco profondi ricavati praticamente in ogni piccolo appezzamento, ma anche all'interno degli ipogei sottostanti le case (fig. 2).

Questi ultimi, più che pozzi, cisterne, raccoglievano le acque piovane dai tetti (in alcuni casi sono ancora ben visibili le tubazioni di collegamento in cotto), ma come rovescio della medaglia potevano creare problemi di tipo igienico-sanitario.



**Legenda**

- |   |   |
|---|---|
|  COPERTURE ANTROPICHE                |  FORMAZIONE DI SORANO          |
|  COPERTURE BOSCADE - ELUVIO COLLUVIO |  FORMAZIONE DI SOVANA          |
|  ALLUVIONI                           |  FORMAZIONE DI FARNESE         |
|  UNITA' DI MONTE DI CELLERE          |  FORMAZIONE DI CANINO          |
|  FORMAZIONE DI GROTTE DI CASTRO      |  LAVE DE LA FONTE              |
|  UNITA' DI FOSSO LA TOMBA            |  LAVE DI ARLENA DI CASTRO INF. |

Fig. 1 - Stralcio della cartografia geologica dell'area (da Palladino et alii, 1994; modificata).  
 - Geological sketch map of the study area (after Palladino et alii, 1994; modified).

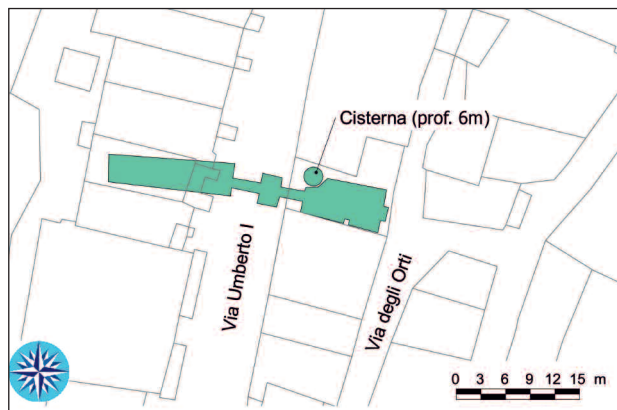


Fig. 2 - Planimetria di una cavità con all'interno pozzo/cisterna scavata per la raccolta dell'acqua.  
- Map of a cave with a well/cistern digged for water collection.

Ritornando agli ipogei questi risulterebbero in alcuni casi provenire da molto indietro nel tempo e si tratterebbe quindi del riutilizzo di antiche sepolture (etrusche), così come risulta evidente dal soffitto a doppio spiovente, dalla presenza di banchine e dallo scavo effettuato in almeno 2 distinti momenti. La gran parte degli ipogei sottostanti le abitazioni è stata però scavata quasi in contemporanea con l'edificazione delle stesse.

La simultaneità dello scavo era finalizzata al riutilizzo dei materiali per l'edificazione delle soprastanti costruzioni. In questo modo venivano azzerati i costi dei trasporti, si sfruttavano le capacità idrauliche (malte) e quelle meccaniche (conci e pezzame da costruzione) dei prodotti di scavo. Non sempre le loro caratteristiche erano ottimali, come è possibile verificare nelle murature storiche e per questo si ricoprivano con leggeri strati di intonaco protettivo. Tale tecnica non veniva utilizzata negli edifici dei maggiori, dove veniva effettuata la sagomatura e la giustapposizione perfetta dei blocchi da costruzione, estratti prevalentemente nelle cave esterne al centro abitato o provenienti dal circondario. In questi casi venivano impiegati anche materiali più costosi quali la pietra lavica ed il c.d. Nenfro (formazione delle Ignimbriti trachitiche basali del Paleovulsino).

Oltre lo scavo degli ipogei esistevano altre fonti di approvvigionamento dei materiali edilizi; per quanto riguarda il "tufo" veniva estratto tra l'altro nella zona ora bonificata dell'ex discarica comunale, mentre la più tenace pietra da costruzione (usata prevalentemente per i gradini) era ricavata a spese delle colate laviche affioranti, come per esempio nell'antica cava ancora chiaramente osservabile in località Vitozzo.

Dall'analisi dettagliata delle numerose cantine è stato possibile il riconoscimento dei litotipi a spese dei quali sono state ricavate le cavità stesse.

In accordo con ciò che è evidenziato dai rilevamenti geologici di superficie ed in profondità, si è potuto accertare che i litotipi di gran lunga predominanti sono costituiti dai depositi di flusso piroclastico denominati formazione di Grotte di Castro e formazione di Sorano, nelle loro varie facies (fig. 3).



Fig. 3 - Interno di una cavità con in evidenza un contatto tra le formazioni piroclastiche.  
- Interior of a cave, showing the stratigraphic contact between two pyroclastic formations.

I prodotti litoidi, a luoghi, sono interessati da intensa fratturazione, che ha condizionato in modo negativo il comportamento meccanico dell'intero ammasso roccioso.

Le discontinuità presenti appartengono a tre famiglie principali, il che fa supporre che le stesse non abbiano origine solamente da tensioni legate al raffreddamento dopo la messa in posto ma anche da vicissitudini neotettoniche (orientazione appenninica prevalente); l'accentuazione di queste può anche essere dovuta alle azioni antropiche.

Riguardo a quest'ultime c'è da notare che le cavità sono state scavate a più livelli sovrapposti, fino ad un massimo di 7/8 e le une accanto alle altre.

Data l'elevata concentrazione areale di cavità, sono presenti esigui spessori delle pareti divisorie tra cantine contigue, sia in senso laterale che verticale. Talora questi spessori sono risultati dell'ordine del decimetro (fig. 4 a, b, c, d).

Essenziale per la definizione dei rapporti spaziali sia in sotterraneo che riguardo i sovrastanti edifici è stata la realizzazione di rilievi plano-altimetrici di dettaglio.

Per i rilievi è stata utilizzata una stazione totale (evoluzione del teodolite per la misura degli angoli con integrato un distanziometro per la misura delle distanze) *Geodimeter System 600*; i dati acquisiti sono

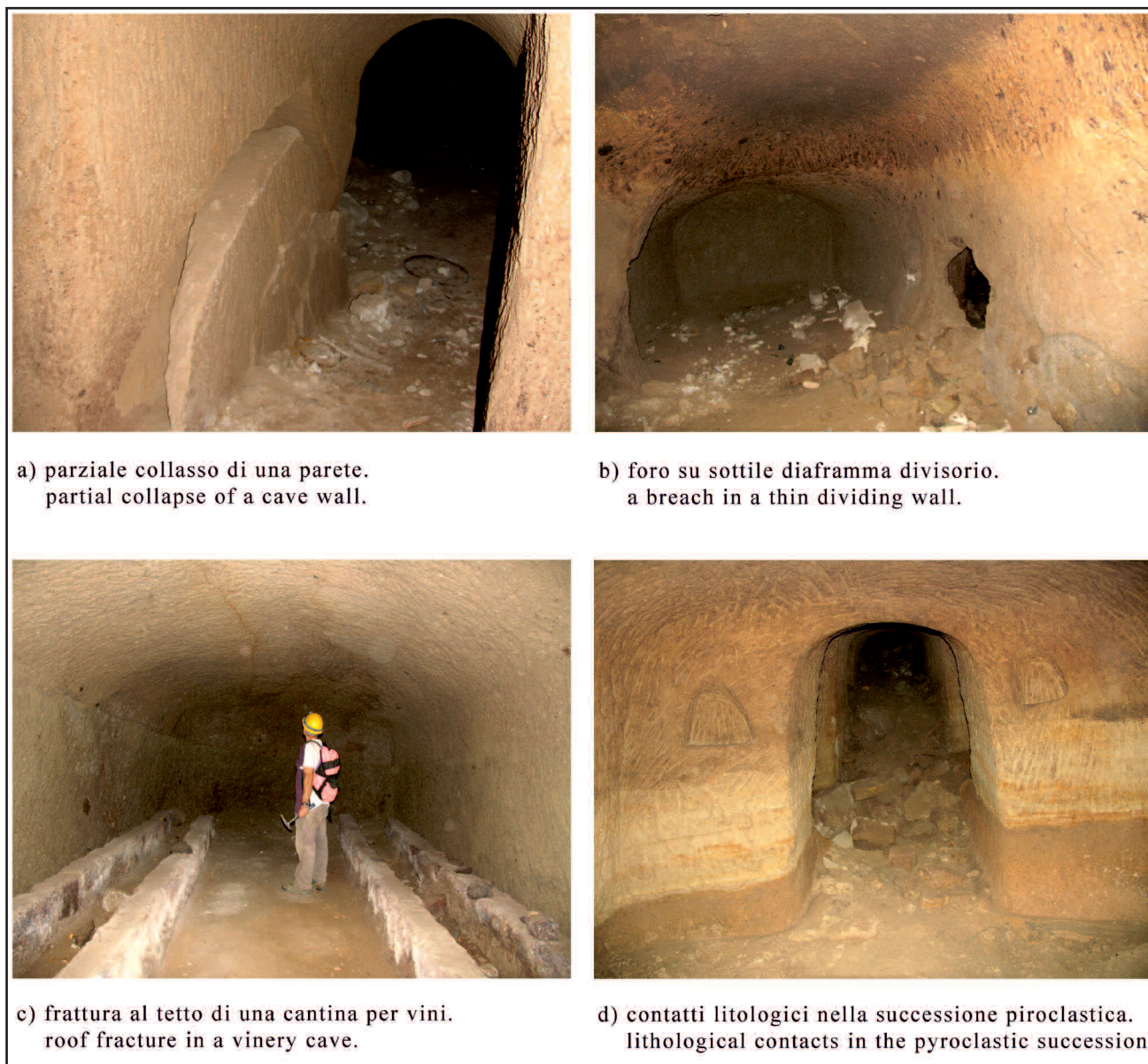


Fig. 4 - Immagini di cavità mostranti: a) parziale collasso di una parete; b): foro su sottile diaframma divisorio; c): frattura al tetto di una cantina per vini; d): contatti litologici nella successione piroclastica.

- Images of Piansano caves, showing: a) partial collapse of a cave wall; b) a breach in a thin dividing wall; c) roof fracture in a winery cave; d) lithological contacts in the pyroclastic succession.

stati poi processati con *software* dedicati. Durante le operazioni topografiche, sono stati individuati, oltre agli edifici ed alla viabilità dell'area anche altri elementi presenti sul territorio quali pozzetti, cadoie, chiusini, ecc.

Questi permettono di conoscere almeno in parte l'andamento dei sottoservizi e quindi di poter correlare eventuali infiltrazioni in cavità con le sovrastanti reti.

Lo studio e l'analisi dei dati è stato effettuato inquadrando il rilievo sulla cartografia catastale al fine di individuare le singole proprietà interessate. Ciò ha permesso di eseguire tutta una serie di verifiche anche rispetto ad elementi del

territorio ora non più esistenti, quali fabbricati demoliti, viabilità modificate o cantine non accessibili. La stessa operazione può essere fatta con altri supporti cartografici realizzati in epoche diverse.

L'insieme dei punti rilevati ha permesso di eseguire una ricostruzione plano-volumetrica dello stato di fatto, con l'esecuzione di cartografie a "strati" e l'elaborazione di sezioni significative dell'area indagata, permettendo di verificare l'interazione spaziale fra le cavità.

Nella sezione (fig. 5), che taglia in senso Est-Ovest la rupe di Piansano, si ha un esempio di questi rapporti.

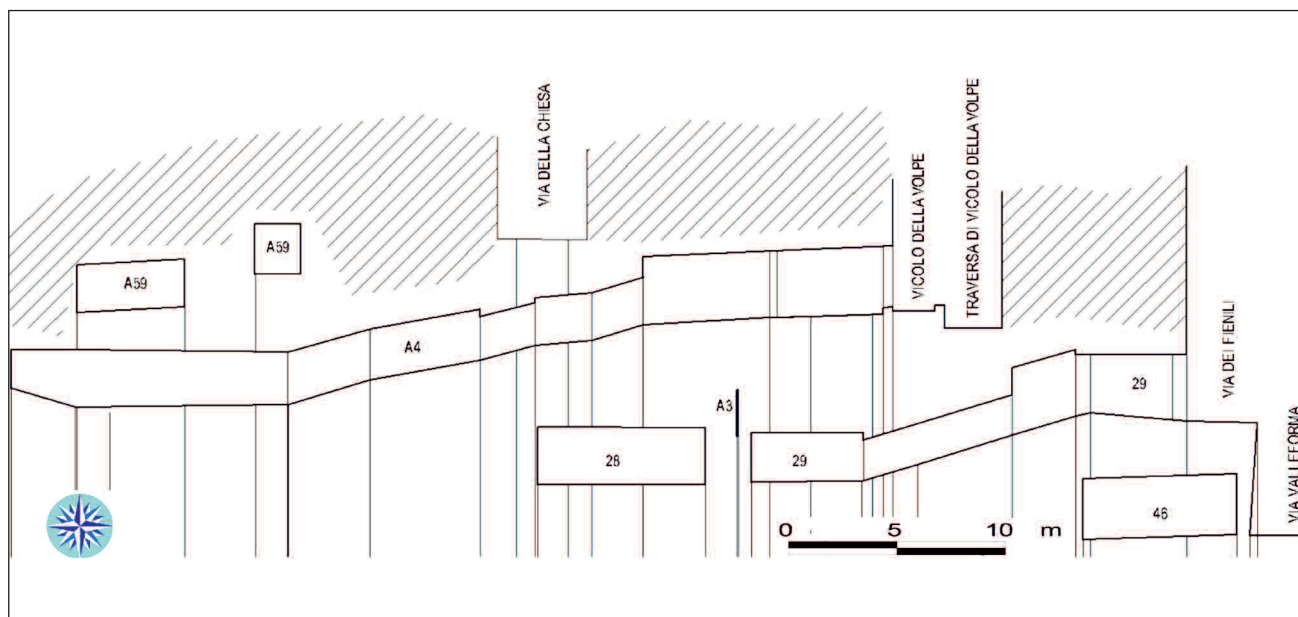


Fig. 5 - Sezione E-W della rupe di Piansano.  
- E-W section of the Piansano cliff.

### 3. - VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ DI DISSESTO

Per ogni ipogeo visitato sono stati realizzati un rilievo geolitologico e mesostrutturale; inoltre sono state determinate le caratteristiche geotecniche dei depositi piroclastici.

I dati ottenuti dai rilievi geologici e dalle prove in situ e di laboratorio sono stati utilizzati per determinare la qualità dell'ammasso roccioso, facendo anche uso dei criteri proposti da Bieniawski (BIENIAWSKI, 1989) e Barton (BARTON, 2002) con l'utilizzo dei rispettivi indici ( $RMR_{\text{Bieniawski}}$  e  $Q_{\text{Barton}}$ ).

La stima delle potenzialità di dissesto è stata quindi implementata mediante i dati dei rilievi topografici, strutturati in formato gis-oriented, che hanno fornito indicazioni riguardo gli spessori delle calotte delle cavità sia rispetto alle strutture (strade, edifici, ecc) che riguardo ad altre cavità presenti sulla stessa verticale o a lato.

Per ogni cavità viene restituita sia la localizzazione sulla pianta generale del centro storico che quella particolareggiata.

Nel primo caso viene riportata la quota di accesso dell'ipogeo, che non è sempre correlata con la profondità e quindi con l'ubicazione spaziale della cantina stessa rispetto a quelle circostanti. Per esempio, cavità che presentano l'accesso alla stessa quota possono sovrapporsi l'un l'altra in profondità.

Nel secondo caso vengono riportati i vari settori della cavità e le indicazioni riguardo la zona di

accesso, la presenza di cunicoli, pozzi di collegamento, potenzialità di dissesto. Vengono anche rappresentate tutte le cavità interferenti con quella in analisi, riprodotte graficamente in maniera diversa a seconda della loro posizione spaziale rispetto a quest'ultima.

Con queste informazioni è stata elaborata la stima delle potenzialità di dissesto, intesa in senso statistico-probabilistico, che ha portato all'individuazione delle seguenti classi ed alla loro rappresentazione grafica per una immediata lettura:

- instabili (in rosso);
- con elevata tendenza al dissesto (in rosa);
- con media predisposizione al dissesto (in celeste);
- con predisposizione al dissesto ridotta (in verde).

Sulla base delle potenzialità di dissesto si è proceduto alla determinazione degli interventi di consolidamento da attuare che sono stati suddivisi in:

- interventi di rinforzo delle volte o delle pareti di appoggio e/o riempimento delle eventuali fratture presenti mediante iniezione a pressione di appositi prodotti (resine o malte cementizie;
- interventi di riempimento e chiusura delle cavità (da evitare se possibile, poiché non consentono il monitoraggio nel tempo dello stato delle cavità e l'insorgenza di problematiche dovute alla rottura di impianti, scavi, ecc; inoltre a causa del diverso comportamento geomeccanico del conglomerato di riempimento rispetto alle piroclastiti circostanti, si possono avere fenomeni di erosione differenziale ai lati e innescare dissesti nelle

cavità spazialmente limitrofe). Tutti gli interventi di messa in sicurezza delle cavità devono essere necessariamente subordinati ad una azione mirata di allontanamento (mediante opportune impermeabilizzazioni e drenaggi) delle acque superficiali che si infiltrano nelle fratture delle vulcaniti litoidi ed all'interno delle piroclastiti sciolte, provocando uno scadimento delle qualità geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

In ultimo è stato realizzato un database con schede riepilogative (figg. 6, 7, 8, 9) contenenti tutte le informazioni conosciute relative ad ogni singolo ipogeo (quote di accesso/livello, indirizzo, proprietario o utilizzatore, planimetrie, documentazione fotografica, litologia, rilievo dello stato di fratturazione della roccia, potenzialità di dissesto, etc.). Lo studio fin qui effettuato, come naturale estensione, dovrà essere integrato con la localizzazione di tutti gli impianti ed i sottoservizi, in maniera tale da ottenere tutte le informazioni relative al rischio di interferenza con gli ipogei; informazioni queste che per ora sono note solo parzialmente ed in maniera non strutturata.

**Cantina B60**

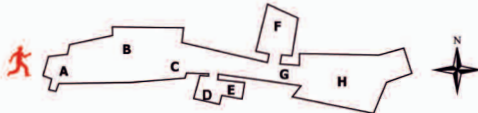



<b>Numero di identificazione</b>	B60
<b>Indirizzo cavità</b>	Via delle Cantine, 57
<b>Attualmente in uso</b>	SI
<b>Proprietario o utilizzatore</b>	Telefono 338/4836
<b>Litologia</b>	Deposito piroclastico non litificato con pomici eterometriche; livello a pomici; livello cineritico superiore; deposito piroclastico da litoide a semilitoide
<b>Potenzialità di dissesto</b>	Elevata
<b>Tipo di intervento</b>	Verifica strutturale degli interventi di sostegno già effettuati; rinforzo parete NE settore H (spessore ridotto setto con cavità A25). Controllo periodico.
<b>Note</b>	Presenza di un tunnel che sale a Piazza Indipendenza. La cantina presenta all'interno alcune murature che la separano da cavità circostanti (B50, B51, B62). La zona D - E sovrasta la porzione A della Cavità B50 (attualmente l'ingresso è murato, per questo l'accesso è stato effettuato passando da un foro ostruito con un blocco di tufo che risultava visibile sul lato dx del soffitto della parte finale della Cantina A24)

Fig. 6 - Esempio di scheda riepilogativa delle informazioni su un ipogeo.  
- Example of summary of information on one of the Piansano caves.

**CARATTERIZZAZIONE CAVITÀ** (stralcio planimetrico non in scala)

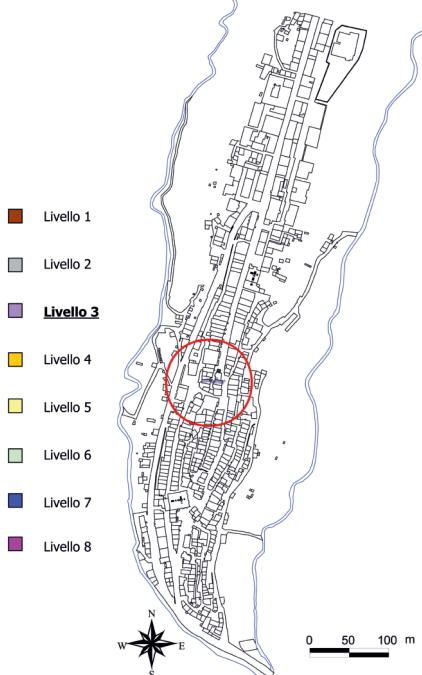
Quota ingresso (m.s.l.m.)	405
Superficie (m <sup>2</sup> )	circa 110
Profondità massima raggiunta (m.s.l.m.)	402,1
Profondità media diramazioni (m.s.l.m.)	403
Interferenze con altre cavità	SI; B51; B 50; B62
Altezze rappresentative (assolute in m)	
• Tunnel principale (max e min):	2,6
• Diramazioni e punti rappresentativi	A : 3,4    B : 2,3    C : 3,3    D : 2,2 E : 2,2    F : 2,4    G : 2,6    H : 2,5

Settore F: accesso entro cantina incognita (poi nominata B62) dopo rimozione muratura

Fig. 7 - Esempio di scheda di caratterizzazione della cavità di figura 6.  
- Example of cave characterization (same cave as in figure 6).

**UBICAZIONE PLANIMETRICA GENERALE**  
Cantina B60



- Livello 1
- Livello 2
- **Livello 3**
- Livello 4
- Livello 5
- Livello 6
- Livello 7
- Livello 8

0 50 100 m

Fig. 8 - Ubicazione dell'ipogeo di figura 6 sulla planimetria generale del centro storico e relativo livello della quota di ingresso (livello 3).  
- Location of the figure 6 cave on the general map of the Piansano historical centre. The entrance level (3) of the cave is also reported.



Fig. 9 - Ubicazione particolareggiata dell'ipogeo di figura 6 e schema dei rapporti spaziali con le cavità adiacenti.  
- Detailed location of figure 6 cave and sketch of the relationships with nearby caves.

#### 4. - CONCLUSIONI

Dopo secoli di silenziosa presenza, per evitare che la “dimensione oscura” possa essere sede di problemi per quella visibile è opportuno tenere

sotto controllo e non obliterare queste storiche testimonianze della fatica e del lavoro degli antichi abitanti, ma anzi monitorarla, riscoprirla e valorizzarla così come avviene ormai da molti anni per altri acrocori tufacei, come per esempio Orvieto o Pitigliano.



Per far questo, la mappatura dettagliata degli ipogei deve essere necessariamente integrata con quella dell'edificato e delle strade ma anche con quella degli impianti e dei sottoservizi che potrebbero provocare l'innescò di dissesti nelle sottostanti cavità (fig. 10).



Fig. 10 - Esempio di dissesto per interferenza fra ipogei e strutture in superficie.  
- Example of cave roof collapse due to interaction with surface structures.

## BIBLIOGRAFIA

- BARTON N. (2002) - *Some new Q-value correlations to assist in site characterisation and tunnel design*. Int. Journal of Rock Mech & Min. Sci., **39**.
- BIENIAWSKI Z.T. (1989) - *Engineering rock mass classifications: a complete manual*. John Wiley & Sons, New York.
- CIOTOLI G., CORAZZA A., FINOIA M.G., NISIO S. & SUCCHIARELLI C. (2013) - *Gli sprofondamenti antropogenici nell'area urbana di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **93**: 143-182.
- NISIO S. (2003) - *I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia Centrale*. Il Quaternario, **16** (1): 121-132.
- NISIO S. (2012) - *Fenomeni di sprofondamento (sinkhole) in alcuni centri urbani*. Qualità dell'ambiente urbano, VIII Rapporto, Edizione 2012, ISPRA: 33-49.
- NISIO S. (2014) - *Le ricerche storiche nello studio dei fenomeni di sprofondamento*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **96**: 261-270.
- PALLADINO D.M., AGOSTA E., FREDA C., SPAZIANI S. & TRIGILA R. (1994) - *Studio geopetrografico e vulcanologico dei Vulsini meridionali: settore Valentano-Marta-La Rocca*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **49**: 255-276.
- PALLADINO D.M., SIMEI S., SOTTILI G., TRIGILA R. (2010) - *Integrated approach for the reconstruction of stratigraphy and geology of Quaternary volcanic terrains: an application to the Vulsini Volcanoes (central Italy)*. In: G. GROPELLI & L. VIERECK (Eds.): "Stratigraphy and geology in volcanic areas", Geol. Soc. Am., Spec. Pap., **464**: 66-84.

