

## LA VORAGINE DI GALLIPOLI: PRIMI RISULTATI DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE (GPR) ESEGUITE NELL'AREA

*Marcello De Donatis*

Iscritto n° 350 ORG Puglia

### INTRODUZIONE

La parte Est dell'abitato di Gallipoli, per la sua conformazione geo-stratigrafica, è stata interessata, dalla fine del 1800 agli inizi del 1900, da un'intensa attività estrattiva in sotterraneo data la presenza di depositi calcarenitici. Tali depositi, essendo dotati di buone proprietà meccaniche, erano utilizzabili sia per la produzione di conci di "tufo" sia come pietra ornamentale per superfici esterne.

La profondità di rinvenimento del giacimento calcarenitico è variabile tra 2 e 25 metri dal p.c.

L'attività estrattiva in sotterraneo si è sviluppata, al contrario delle cave di Cutrofiano e Canosa che sono a galleria, attraverso ampie sale con pilastri di 2 o 3 metri di diametro disposti in modo casuale.

Il giacimento coltivato veniva raggiunto attraverso dei pozzi verticali comunemente chiamati a "campana" per la loro forma, che risultavano di forma sub-circolare, con diametro di 3 metri nella parte sommitale che si allargava progressivamente verso il basso, raggiungendo un diametro di 5 metri in corrispondenza del giacimento. La loro posizione risultava baricentrica rispetto alla cava in sotterraneo.

Dopo aver eseguito lo scavo della campana, iniziava la coltivazione del giacimento che avveniva su ampie aree, con il metodo del "pilastro abbandonato", su un unico livello. Il banco di tufo coltivabile presenta, in genere, uno spessore variabile da 3-7 metri.

La cava interessata dal crollo presenta una morfologia ed uno sviluppo planimetrico piuttosto complessi, legati da un lato alle caratteristiche della calcarenite da cavare, dall'altro ai crolli e riempimenti che la cava ha

subito nel tempo (vedi planimetria 1). Dalle ampie sale si diramano cunicoli, in alcuni casi di difficile accesso per essere di altezza inferiore a 0.80 metri.

L'ambiente ipogeo di dimensioni maggiori individuato si sviluppa nel sottosuolo degli edifici compresi tra Via Galatina e Via Siena. Esso è ubicato a circa 13 metri di profondità, ha uno sviluppo planimetrico di circa 2000 mq ed altezza delle



Planimetria 1

cavità di 4-5 metri. L'ampia sala risulta sostenuta da una serie di pilastri, molti dei quali presentano evidenti fenomeni di schiacciamento con cedimento di alcune loro porzioni.

Il sottosuolo di Gallipoli è stato interessato negli ultimi decenni, da ripetuti fenomeni di crollo e franamenti sotterranei. Le cause scatenanti di tali episodi sono da ricercare, principalmente, nei continui interventi antropici quali la realizzazione delle fognature, reti idriche, telefoniche, elettriche ed infine del gas.

Questo è il caso del crollo del 29.03.07 avvenuto all'incrocio di Via Firenze con Via Galatina, dove lo spessore di volta residua della calcarenite, di circa 3 metri, è stato sezionato dalle opere di

urbanizzazione sopra descritte, nelle due direzioni.

Il crollo che ha visto formarsi una voragine di 30 metri di diametro e profonda 8 metri, interessando due fabbricati in cui alloggiavano 16 famiglie, è stato accompagnato dalla formazione di fratture delle volte con distacchi di grossi blocchi e massi sospesi (foto 1 e 2); a volte alcuni pilastri (per es. quelli che si sviluppano sotto l'edificio giallo) mostrano chiari segni di sofferenza (foto 3 e 4).

#### **INDAGINI GEOFISICHE**

Nell'ambito del lavoro in questione, il sottoscritto è stato incaricato dall'Amministrazione Comunale per eseguire delle indagini non invasive sull'area interessata dal crollo, di concerto con l'U-



*Foto 1 e 2 - Massi pericolanti*



*Foto 3 e 4 - Pilastri fratturati con evidenti segnali di sofferenza*

nità di Crisi appositamente costituita per la gestione dell'emergenza. I metodi elettrici a multielettrodo con ricostruzione tomografica sono stati esclusi data la difficoltà e la laboriosità nel realizzare le prove, per la pavimentazione stradale costituita da asfalto. La tecnica che meglio si adattava a questo tipo di indagine è la metodologia GPR (radar) dal momento che garantiva una celerità nell'esecuzione dei rilievi con risultati dettagliati soprattutto nei primi metri di investigazione.

Le richieste dalla Unità di Crisi sono state quelle di indagare l'area compresa da Via Acquedotto a Via Siena, per una profondità di almeno 5 metri al fine di individuare dei percorsi sicuri per il transito dei mezzi meccanici per eseguire dei lavori di messa in sicurezza degli edifici pericolanti e scongiurare nuovi crolli. Considerando il litotipo da indagare e le profondità da raggiungere è stata utilizzata un'antenna da 250 Mherz, ed una macchina della "MALA" GeoScience.

Dai rilievi radar eseguiti si è appurato che i percorsi sicuri, per raggiungere la voragine sono da via Galatina, con sosta degli automezzi a circa 7 metri dal cratere e da via Firenze lato nord e sud, mentre è vietata la sosta ed il transito lato Est Via Firenze data la presenza di una grossa cavità ad una profondità di 1.5 metri (vedi Fig. 1 "Radargramma"). Proprio su tale lato si è verificato il secondo crollo, che è avvenuto nella notte del 30.03.07, non procurando danni alle persone ed ai mezzi meccanici in attività. L'Unità di Crisi appurando l'importanza dell'indagine radar ha ritenuto indispensabile tali rilievi sia per il proseguimento dei lavori di messa in sicurezza dell'area della voragine e dei fabbricati pericolanti che per quella parte di territorio interessata in passato dalla coltivazione del giacimento.

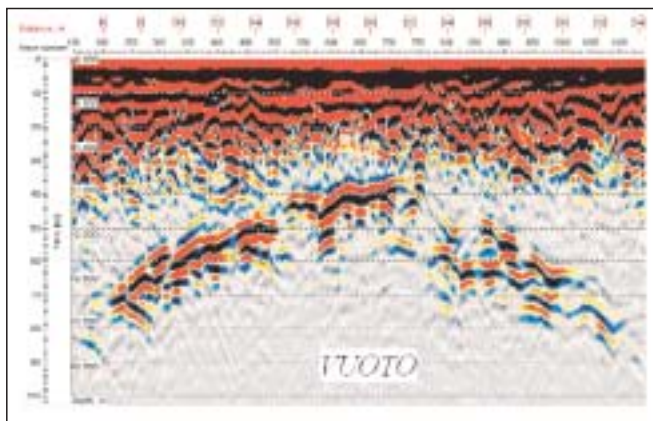


Figura 1 - "Radargramma"

Per quest'ultima è stata elaborata una mappatura (vedi planimetria 2) ricostruita attraverso i rilievi radar i cui radargrammi sono stati visualizzati in finestre profonde 5 metri nelle quali sono riportate in ascissa la distanza in metri ed il numero di tracce acquisite, in ordinata il tempo in nanosecondi e la profondità in metri, ricavata dall'analisi della velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche (stimata compresa in un range di 7-9 cm/ns).

#### POTENZIALE STABILITA' DELL'AREA

A parte l'area interessata dal crollo sulla quale si sta intervenendo per la messa in sicurezza, nelle aree attigue è stato condotto uno studio preliminare sulla stabilità dell'area sulla base dell'esame comparato delle caratteristiche geologico-tecniche, dei relativi spessori di copertura e delle caratteristiche idrauliche riscontrate all'interno degli ipogei.

L'analisi ha mirato ad individuare quelle aree, all'interno delle cavità, che presentano fratture sulle volte, schiacciamento dei pilastri, pilastri crollati per il peso del materiale sovrastante poiché pregiudicano la stabilità dei manufatti presenti sul piano campagna.

Quando la cavità si rinviene sotto una copertura di 10 metri, il crollo di una volta non necessariamente comporta un coinvolgimento degli edifici e della strada, tuttavia può accadere che tale crollo inneschi un meccanismo di successivo rilassamento dei materiali della volta residua, in grado di arrivare a creare dissesti fino alla superficie. Naturalmente una valutazione temporale del fenomeno è di difficile previsione, pertanto è necessario eseguire dei monitoraggi dell'intera area interessata dalle cave ipogee (ad es. con l'utilizzo del laser-scanner e/o con tubi inclinometrici).

Il problema è più serio in corrispondenza delle aree rilevate dalle prospezioni geofisiche (GPR) e non ispezionabili, dove lo spessore della copertura è inferiore a 5 metri.

#### INTERVENTI IN FASE DI ESECUZIONE

Per mettere in sicurezza l'area interessata dal crollo si è ritenuta indispensabile un'opera di consolidamento consistente in:

1. riempimento con calcestruzzo delle cavità;
2. rafforzamento dei pilastri con l'impiego dello spritz-beton.

Di seguito si illustrano in sintesi le modalità esecutive delle opere di consolidamento ritenute





Planimetria 2 - Vuoti rilevati ad una profondità massima di 6 metri

necessarie ai fini della sicurezza dei siti, tenendo conto delle difficoltà di dover operare in sotterraneo, delle difficoltà dell'approvvigionamento dei materiali e della repentinità con cui è stato necessario intervenire.

Si fa presente che in corrispondenza della bocca di accesso, creata per poter ispezionare le cave ipogee, è stata riscontrata una situazione di potenziale instabilità della volta sottostante il parcheggio, per rottura della spalla dovuta anche al modesto spessore della volta stessa.

In questo caso data la buona accessibilità dell'area, i lavori di consolidamento sono stati effettuati subito, poiché in grado di eseguire facilmente le lavorazioni necessarie anche con l'impiego di calcestruzzo armato.

#### 1. RIEMPIMENTO DELLE CAVITÀ

In considerazione del fatto che risulta preventivamente indispensabile la formazione di una cassetta delle cavità, molto difficile da poter realizzare nella maniera classica (legname, puntelli, sbatocchi ecc.), si è ipotizzato l'impiego delle resine poliuretatiche espanse che oltre alla rapidità della messa in opera offrono anche la possibilità di tamponare, bloccare e contenere gli stessi massi. Tali

resine vengono pompate all'esterno e portate giù da tubazioni flessibili attraverso i fori di sondaggio già predisposti. Allo stesso modo (attraverso i fori di sondaggio) verrà immesso il calcestruzzo per il riempimento delle cavità opportunamente "cassate" dalle resine. In particolare blocchi informi o conci di "tufo" abbandonati all'interno della cava saranno tenuti insieme da resine poliuretatiche ad alta densità. La cassetta sarà eseguita per stadi successivi, dal basso verso l'alto fino alla volta. Successivamente, realizzata la cassetta, si procederà col riempimento mediante sistema dello spritz-beton.

#### 2. RAFFORZAMENTO DEI PILASTRI

I pilastri, previa cerchiatura in acciaio, verranno trattati col sistema dello spritz-beton con impiego di cementi strutturali. Come previsto al punto 1, la malta dello spritz-beton verrà, ancora una volta, pompata all'esterno e messa in opera nel sottosuolo attraverso tubazioni idonee.

#### RINGRAZIAMENTI

*Desidero ringraziare per la collaborazione a questo lavoro i colleghi geologi Maria Assunta Maggio e Raffaele Corvaglia.*