

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

---

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

181

XIX GIORNATA DELL'AMBIENTE

**IL DISSESTO IDROGEOLOGICO:  
INVENTARIO E PROSPETTIVE**

(Roma, 5 giugno 2001)



ROMA  
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
2002

ALESSIO ARGENTIERI<sup>(a)</sup>, GIUSEPPE CAPELLI<sup>(b)</sup>, MICHELE DI FILIPPO<sup>(c)</sup>, SANDRO LORETELLI<sup>(a)</sup>, ROBERTO SALVATI<sup>(b)</sup>, BENIAMINO TORO<sup>(c)</sup>, PIERLUIGI VECCHIA<sup>(a)</sup>

## IL SINKHOLE DI MARCELLINA (ROMA) DEL 25/1/2001: PRIMI DATI STRATIGRAFICI, IDROGEOLOGICI E GEOFISICI

### INTRODUZIONE

Nel versante tirrenico dell'Appennino centrale sono stati rilevati, negli ultimi decenni, numerosi fenomeni di sprofondamento catastrofico (*sinkhole*) ubicati in corrispondenza di conche intermontane, pianure o fasce costiere poste a ridosso di dorsali carbonatiche (Faccenna *et al.* 1993; Capelli *et al.* 2000; Salvati *et al.* 2001). Solo in rarissimi casi storici tali fenomeni sono stati osservati dal primo manifestarsi. Nella presente nota si riporta una sintesi degli studi effettuati sul recente caso di Marcellina (Roma), che gli autori hanno potuto analizzare sin dalle fasi iniziali di collasso.

La notte tra il 24 e il 25 gennaio 2001 nella piana di Pozzo Grande, situata circa 1,5 km a SW del centro abitato di Marcellina, si è originata una voragine (*sinkhole*) di forma subcircolare (Fig. 1). Lo sprofondamento, che misura circa 40 m di diametro e 15 m di profondità, ha coinvolto almeno 18.000 m<sup>3</sup> di terreno. Sul fondo della cavità si è formato un laghetto, il cui livello rispetto al piano campagna si è portato a circa -8 m nel giro di qualche giorno, stabilizzandosi a circa -4 m due mesi dopo l'evento. A partire dal maggio 2001 all'interno dello specchio d'acqua sono state osservate manifestazioni gassose.

Il fenomeno di dissesto si inserisce in un'area caratterizzata da una notevole vulnerabilità connessa ai valori esposti. L'apertura della voragine,

<sup>(a)</sup> Provincia di Roma - Dip. I - Serv. 2 «Servizio Geologico, Difesa del Suolo» - Viale di Villa Pamphili, 84 - 00152 Roma.

<sup>(b)</sup> Dipartimento di Scienze Geologiche - Università di Roma Tre - Largo San Leonardo Murialdo, 1 - 00146 Roma.

<sup>(c)</sup> Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Roma «La Sapienza» - Piazzale A. Moro, 5 - 00185 Roma.



Fig. 1 – Il *sinkhole* della Piana di Pozzo Grande (Fotografia di S. Margottini; 26 gennaio 2001).

verificatasi all'interno di un fondo coltivato, ha infatti interessato marginalmente uno dei rami del gasdotto della rete di trasporto della società SNAM e ha sfiorato un sostegno dell'elettrodotto ENEL Montalto di Castro-Valmontone, situato a circa 20 metri dal margine della voragine. La piana è inoltre attraversata dalla strada provinciale S.P. Marcellina, la cui distanza minima dalla voragine è dell'ordine di 300 m. In prossimità della strada sono infine presenti alcuni insediamenti produttivi.

Il giorno stesso dell'evento catastrofico si formava presso il Comune di Marcellina un gruppo di lavoro (costituito dalle autorità locali, dai tecnici e dai ricercatori degli Enti pubblici e privati ufficialmente coinvolti), riunitosi più volte nelle settimane seguenti per gestire lo stato di crisi ed impostare le attività di studio. Sulla base delle discussioni e delle riflessioni congiunte sono state formulate alcune ipotesi preliminari sulle cause predisponenti e scatenanti del fenomeno e sono state avviate delle indagini specialistiche finalizzate a ricostruire l'assetto geologico ed idrogeologico del sottosuolo della piana, a valutare la possibile evoluzione del fenomeno e conseguentemente a definire la stabilità di ciascuna delle infrastrutture presenti nell'area.

#### INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Il territorio di Marcellina è situato al margine orientale della Campagna Romana, in corrispondenza della fascia pedemontana dei Monti Lu-

cretili (Fig. 2). Tale dorsale è costituita da una successione calcareo-marinoso-silicea di età meso-cenozoica ed in facies di transizione caratteristica del dominio sabino.

L'assetto strutturale dei Monti Lucretili è il risultato dell'evoluzione tettonica polifasica che ha coinvolto questo settore dell'Appennino centrale (Cosentino-Parotto 1986, 1991). Le fasi compressive hanno determinato, tra il Miocene superiore ed il Pliocene inferiore, una geometria a *thrust* a vergenza orientale, con messa in posto di quattro unità strutturali. Dal Pliocene medio-superiore il dominio sabino viene interessato dai processi estensionali connessi al *rifting* tirrenico: si originano pertanto strutture distensive ad azimuth circa N330°-340°, cui si associa un sistema secondario di faglie trasversali ad andamento antiappenninico (Cosentino-Parotto 1986). La dorsale lucretile risulta pertanto bordata ad occidente da un sistema di faglie dirette, a decorso NNW-SSE, che ribassano verso occidente le strutture carbonatiche con rigetti anche dell'ordine del migliaio di metri (Cosentino-Parotto 1991). Nel settore depresso compreso tra i Monti Lucretili ad Est e l'*horst* dei Monti Cornicolani ad Ovest si depositano sequenze plio-pleistoceniche in facies evolventi da marine a salmastre, con spessori di qualche centinaio di metri.

In corrispondenza della fascia pedemontana dei M. Lucretili si individua un imponente sistema di conoidi di deiezione di età olocenica: una falda di detrito larga diverse centinaia di metri, estesa da Palombara Sabina a Marcellina per circa 7 km, maschera in gran parte il sistema di faglie bordiere. Al di sotto delle conoidi affiora, lungo la medesima fascia, una coltre di depositi cineritici alterati e di vulcaniti rimaneggiate frammiste a detrito calcareo, di probabile età pleistocenica (Servizio Geologico d'Italia 1970; Ventriglia 1990). La piana di Pozzo Grande, in cui si è originato il *sinkhole*, costituisce una depressione di circa 1 km<sup>2</sup> di superficie colmata da depositi continentali e vulcaniti; essa si colloca nel tratto in cui il sistema bordiere dei Monti Lucretili viene dislocato da una serie di faglie trasversali, di trasferimento, ad andamento antiappenninico.

In questo settore della Campagna Romana è stato individuato, con metodi geofisici (Di Filippo *et al.* 1991) e con rilevamenti strutturali (Faccenna 1994; Faccenna *et al.* 1994), un sistema di zone di taglio subverticali orientate N-S, a cinematica trascorrente destra, che coinvolgono anche sedimenti e vulcaniti del Pleistocene medio-superiore. Alle strutture principali si associano faglie oblique e dirette, ad andamento rispettivamente NNE-SSW e NE-SW (Faccenna *et al.* 1994).

Dal punto di vista della circolazione idrica sotterranea, l'area di Marcellina si colloca al margine sud-occidentale del Sistema idrogeologico sabino, ed in particolare nell'ambito dell'Unità idrogeologica lucretile-cor-



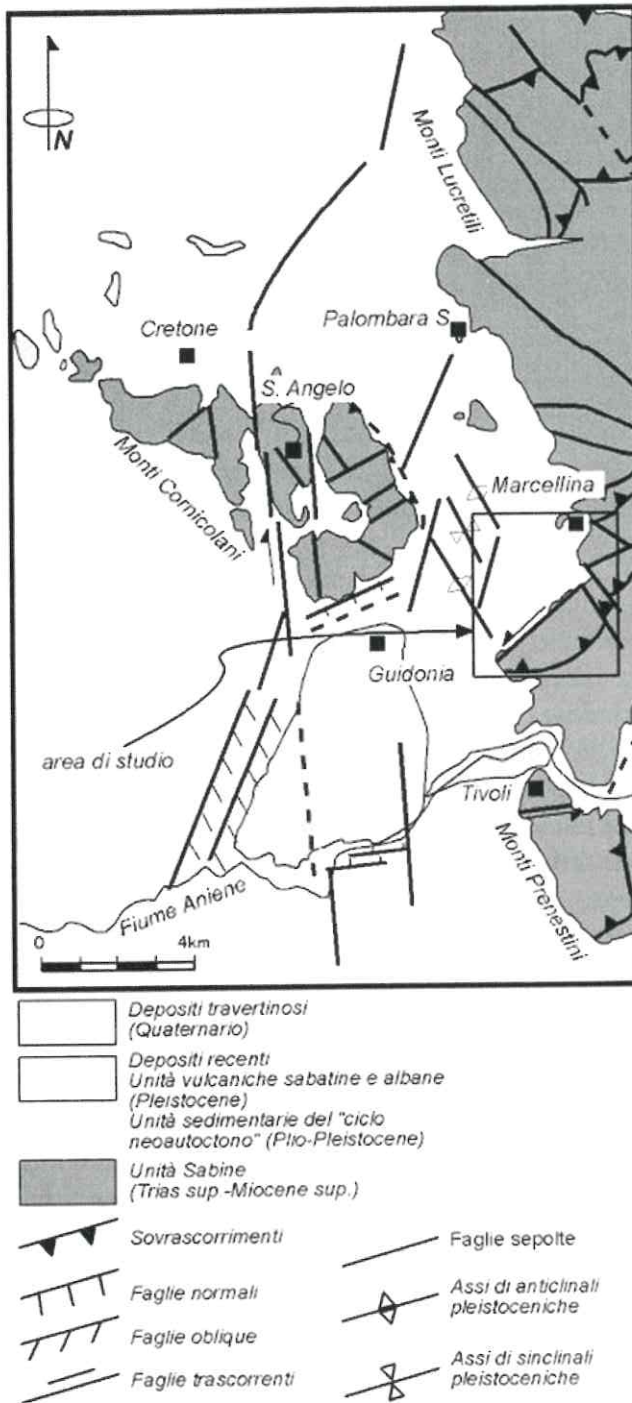


Fig. 2 - Schema geologico dell'area compresa tra i Monti Cornicolani, i Monti Lucretili ed il settore nord-orientale del Complesso Vulcanico dei Colli Albani (modificato da Faccenna *et al.* 1994).

nicolana, sostanzialmente coincidente con l'omologa unità strutturale, che viene tamponata dalle sequenze plio-pleistoceniche a minore permeabilità complessiva. Nell'ambito dell'acquifero carbonatico transitano volumi idrici notevoli, stimabili attorno a  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Capelli *et al.* 1987). Al di sotto del settore di campagna romana compreso tra i rilievi cornicolani e lucretili ed il margine nord-orientale del Complesso vulcanico dei Colli Albani, le acque del circuito carsico si miscelano con convogli gassosi e termominerali risalenti attraverso i sistemi di faglie subverticali che hanno condizionato l'evoluzione tettonica recente dell'intera area. Tale dinamica della circolazione sotterranea dà luogo, nell'area delle Acque Albule (Tivoli), al più imponente gruppo di sorgenti termominerali di tutto il territorio italiano, con portate puntuali cumulate (Laghi Colonnelle-Regina) variabili tra 2 e  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Ventriglia 1990). In questo peculiare contesto idrogeologico si inserisce l'area di Marcellina, che rappresenta una zona di *by-pass* dei cospicui volumi defluenti dalle aree di ricarica, corrispondenti alle unità carbonatiche mesozoiche dei Monti Lucretili, verso una zona di recapito coincidente con il tratto del Fiume Aniene compreso tra le sorgenti Acquoria ad Est ed Acque Albule ad Ovest.

#### INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il Servizio Geologico, Difesa del Suolo della Provincia di Roma è intervenuto sin dal primo giorno, su richiesta del Comune di Marcellina, per seguire l'evoluzione del fenomeno, definire i primi interventi e coordinare le attività di indagine. In prossimità della strada provinciale è stata effettuata una perforazione geognostica, a carotaggio integrale del terreno attraversato, spinta a 100 m di profondità dal piano di campagna. Durante la perforazione sono state eseguite prove *in situ* (prove di resistenza S.P.T.; pocket penetrometro; ecc.) e sono stati prelevati campioni indisturbati nei terreni coesivi e semicoesivi per la realizzazione di prove di laboratorio. La stratigrafia dei terreni attraversati (Fig. 3) ha rivelato la presenza, al di sotto di una copertura di circa 25 m di limi sabbioso-argillosi, di una sequenza tufaceo-pozzolanacea, almeno in parte rimaneggiata, spessa oltre 70 m. A fondo foro sono state intercettate circa 4 m di argille marnose compatte, fossilifere, con residui carboniosi e concrezioni carbonatiche. La stratigrafia del sondaggio «Pozzo Grande 1» è stata correlata in via preliminare con i dati relativi alle perforazioni effettuate in precedenza nell'area (Fig. 4). Il sondaggio è stato infine attrezzato con piezometro a tubo aperto per il monitoraggio della falda relativa al complesso piroclastico.

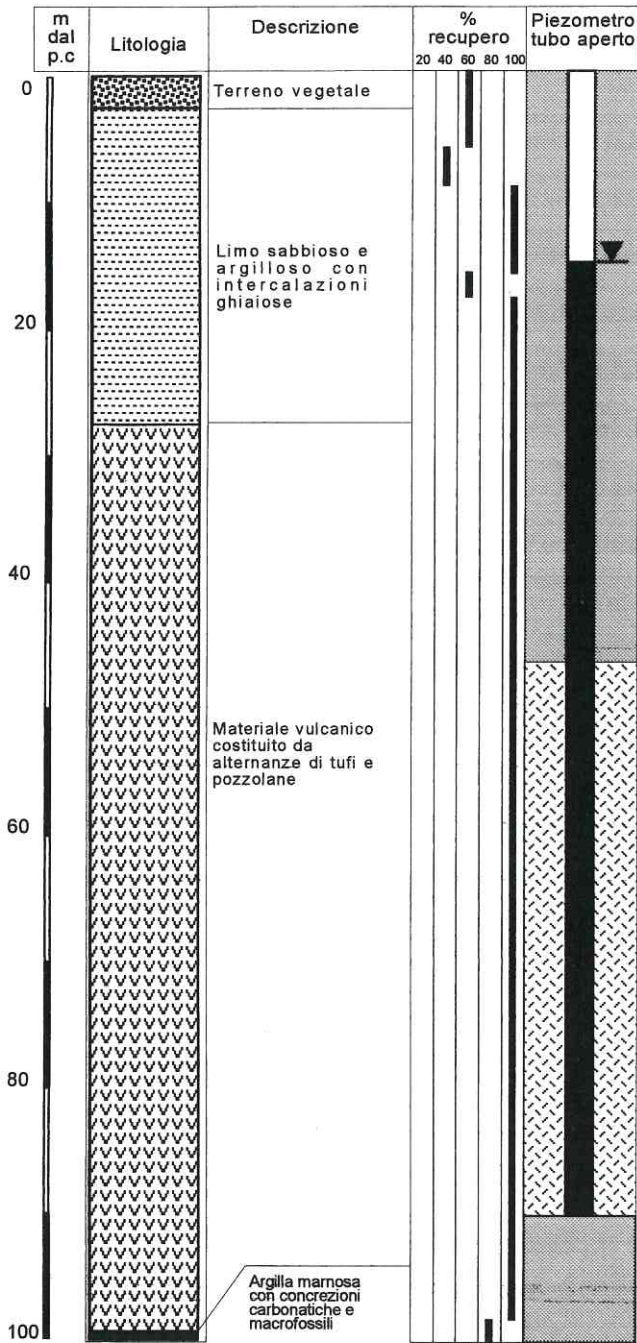


Fig. 3 - Schema stratigrafico semplificato dei terreni attraversati dal sondaggio a carotaggio continuo "Pozzo Grande 1", realizzato dall'Amministrazione Provinciale di Roma (con indicazione delle percentuali di recupero). Il foro è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto (cementato da 0 a -45m dal piano campagna; finestrato da -45 a -90 m; cementato da -100 m).



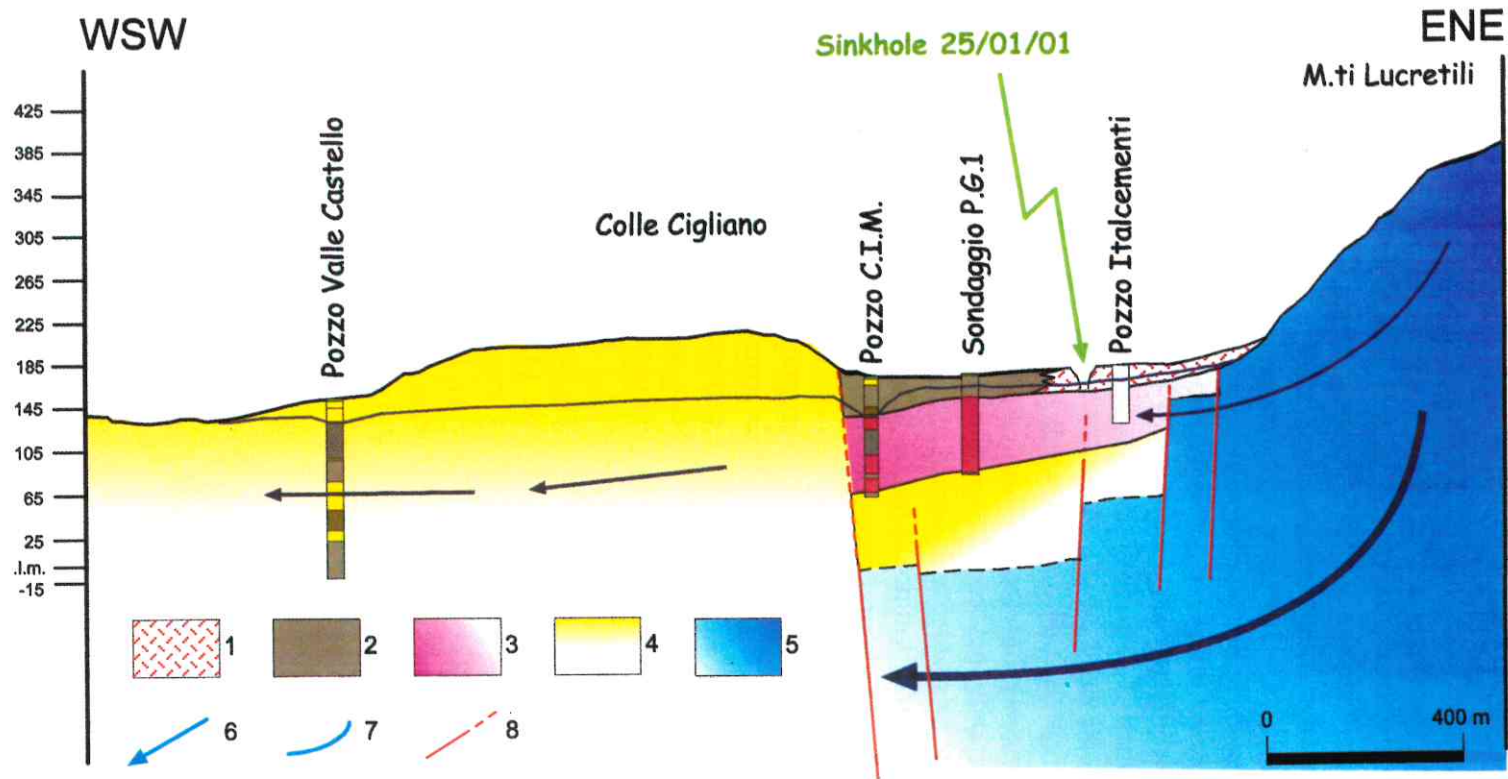


Fig. 4 – Sezione idrogeologica schematica attraverso la fascia pedemontana dei Monti Lucretili. LEGENDA: 1 – Detrito di falda e depositi di versante (Olocene); 2 – Depositi continentali (Olocene?); 3 – Vulcaniti (Pleistocene); 4 – Complesso sedimentario sabbioso-limoso-argilloso-conglomeratico (Pliocene sup. - Pleistocene inf.); 5 – Successione umbro-sabina (Lias inf. - Cretacico); 6 – Direzione del flusso idrico sotterraneo; 7 – Superficie piezometrica; 8 – Faglie.



### INDAGINI IDROGEOLOGICHE

Il Laboratorio di Geologia Applicata e Idrogeologia del Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università Roma Tre ha avviato, sin dai primi giorni, dei rilievi idrogeologici volti a ricostruire la piezometria dell'area di Pozzo Grande e le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee, impegnandosi soprattutto nella definizione di uno schema geologico-strutturale e idrogeologico in grado di agevolare la comprensione delle cause del *sinkhole* e di appurare le condizioni di rischio tuttora esistenti. I metodi di studio adottati sono quelli previsti dal Progetto *Sinkholes* del Lazio (Colombi *et al.* 2001). Dalle indagini idrogeologiche risulta che nell'area di studio sono presenti due acquiferi sovrapposti (Fig. 4): uno superficiale, caratterizzato da una bassa potenzialità, che ha sede nel complesso plio-quadernario; uno basale, ospitato nei carbonati mesozoici, che contribuisce ad alimentare le manifestazioni sorgive dell'area di Guidonia-Acque Albule. La Piana di Pozzo Grande quindi non si configura come un'area sorgiva, ma al contrario come una zona di ricarica.

La prossimità ad un importante gruppo sorgivo termominerale come quello delle Acque Albule evidenzia come la genesi di *sinkholes* in questo tipo di contesto idrogeologico possa essere legata anche a processi di ringiovanimento della capacità aggressiva dei fluidi sotterranei. A tal proposito è importante rammentare che nel settore compreso tra i Monti Lucretili occidentali ed i Monti Cornicolani sono presenti cavità carsiche nelle quali si rilevano significativi flussi di aria calda connessa al circuito idrotermale (Trovato 1983; Maxia 1954) o evidenze di intensa erosione carsica riconducibile a fluidi aggressivi con concentrazioni anomale di solfuri (Caramanna 2001). Inoltre il rinvenimento di croste calcitiche spesse fino a trenta centimetri lungo superfici di faglia affioranti nei dintorni della Piana di Pozzo Grande costituisce ulteriore testimonianza di una significativa circolazione di tipo carsico.

### PROSPEZIONI GEOFISICHE

La società TERNA (gruppo ENEL) ha incaricato il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma «La Sapienza» di effettuare un'indagine, mediante prospezione microgravimetrica, sulla presenza o

meno di cavità nelle immediate vicinanze del sostegno dell'elettrodotto e, conseguentemente, di valutarne la stabilità. Analogamente la società Aquatec è stata incaricata dalla SNAM dell'esecuzione di una serie di prospezioni geofisiche lungo il tracciato del gasdotto: sono stati eseguiti una serie di sondaggi elettrici verticali, 4 tomografie elettriche (due parallele al gasdotto e due trasversali) e 4 sezioni sismiche a rifrazione lungo le stesse direzioni.

Per l'esecuzione della prospezione microgravimetrica sono state effettuate 320 stazioni su un'area di 15 ha. I dati rilevati sono stati elaborati assumendo per il *bedrock* carbonatico un valore di densità di  $2.6 \text{ g/cm}^3$ . Dalle Anomalie di Bouguer sono state elaborate diverse superfici gravimetriche, ed in particolare carte delle Anomalie Residue di ordine  $n-1$  e  $n-2$ . Nella carta delle Anomalie Residue di ordine  $n-1$  (Fig. 5A) è possibile vedere gli effetti gravimetrici dovuti all'assetto strutturale della depressione di Pozzo Grande; il modello gravimetrico bidimensionale (Fig. 5B) è basato inoltre sia sui dati delle altre prospezioni geofisiche, per una migliore definizione dell'assetto strutturale, sia sulle informazioni stratigrafiche scaturite dal sondaggio eseguito dall'Amministrazione Provinciale di Roma. Secondo la ricostruzione effettuata, il basamento carbonatico mesozoico si deprime bruscamente verso il centro della piana, mentre si attesta a minori profondità verso NW. Appare delineata molto bene l'esistenza di un bacino chiuso, con una profondità massima al centro della piana, dove il *bedrock* carbonatico giace a circa 170-180 metri di profondità. Nella carta delle Anomalie Residue di ordine  $n-2$  (Fig. 5C) sono presenti varie anomalie chiuse, sia positive che negative, di piccola estensione e di forma subcircolare o allungata: sono l'effetto dell'eterogeneità dei terreni che costituiscono le prime decine di metri del sottosuolo, ove possono trovarsi intercalati blocchi calcarei, lenti di ghiaie, sabbie, argille e torbe. Le zone di minimo gravimetrico indicano la presenza di volumi con carenze di massa, il cui baricentro è posto tra i 40 e i 70 metri di profondità dal piano campagna. Sono stati elaborati due modelli gravimetrici bidimensionali lungo la traccia A-B (Fig. 5D), in cui il minimo gravimetrico intercettato può essere imputato: a) a limi e/o argille non consolidate depostesi in un paleoalveo sepolto, con contrasto di densità di  $-0.4 \text{ g/cm}^3$  rispetto alle rocce incassanti; b) ad una cavità piena d'acqua o di fango migrata verso l'alto dal substrato carbonatico, con contrasto di densità di  $-0.7 \text{ g/cm}^3$  rispetto alle rocce incassanti.



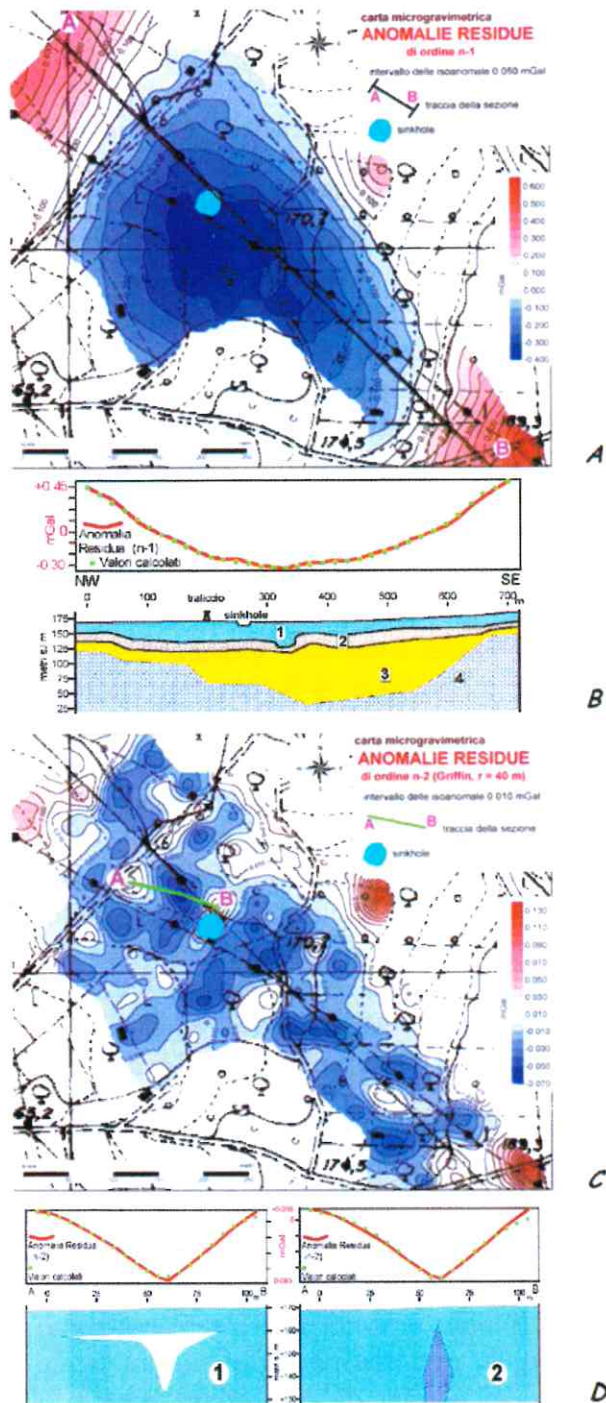


Fig. 5 - A) Anomalie Residue di ordine n-1. B) Modello gravimetrico bidimensionale. Sono stati utilizzati i seguenti contrasti di densità rispetto al substrato carbonatico [4], al quale è stata attribuita una densità di  $2.5 \text{ g/cm}^3$ :  $-0.3 \text{ g/cm}^3$  per le argille marnose diagenizzate (Pliocene sup. / Calabriano inf. ?) [1];  $-0.5 \text{ g/cm}^3$  per le vulcaniti di provenienza sabatina e albana [2];  $-0.7 \text{ g/cm}^3$  per i limi argilloso-sabbiosi di scarsa consistenza e livelli di ciottoli più o meno cementati [3]; C) Anomalie Residue di ordine n-2, costruite con il metodo di Griffin ( $R = 40 \text{ m}$ ); D) Modelli gravimetrici bidimensionali. Sulla base delle Anomalie Residue di ordine n-2 sono stati costruiti due modelli lungo la traccia indicata nella figura C. I modelli sono stati realizzati secondo diverse ipotesi. In ognuno dei casi l'anomalia negativa è prodotta comunque da volumi con il baricentro posto a una ventina di metri di profondità dal piano campagna.

### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il confronto tra i dati geofisici, stratigrafici, geotecnici ed idrogeologici ottenuti in questa prima fase di studio ha permesso di chiarire alcuni importanti aspetti in merito all'assetto geologico-strutturale ed alle dinamiche della circolazione superficiale e sotterranea dell'area di Marcellina.

Appare probabile che l'interazione tra faglie a diversa orientazione, cinematicamente compatibili con una zona di taglio trascorrente destro a decorso N-S, abbia controllato l'evoluzione recente della piana di Pozzo Grande. È significativo sottolineare inoltre come questa depressione, seppur di limitata estensione areale, sia capace di ospitare uno spessore di depositi continentali e vulcaniti di circa 100 m, superiore ai valori riscontrabili nelle aree circostanti.

L'analisi del reticolo di drenaggio e dell'assetto morfostrutturale evidenzia come l'idrologia di superficie possa aver subito in tempi recenti una radicale evoluzione, che avrebbe determinato un parziale mascheramento dell'andamento centripeto della paleoidrologia. Il carattere originario di bacino chiuso è peraltro in accordo con quanto evidenziato dai dati microgravimetrici.

Le indagini effettuate indicano una profondità del substrato carbonatico, in corrispondenza del depocentro del bacino, superiore ai 180-200 metri. Si evidenzia inoltre, nelle prime decine di metri, una complessa eterogeneità laterale e verticale dei depositi di riempimento della depressione: in tal merito è da ribadire che le prospezioni microgravimetriche hanno rilevato la presenza di numerose aree localizzate con deficit di massa aventi baricentro nella porzione più superficiale della copertura. Dall'analisi delle stratigrafie dei sondaggi emerge infine, a fronte del notevole spessore delle vulcaniti, una scarsità di orizzonti detritici calcarei che risulta anomala soprattutto in relazione alla vicinanza di imponenti rilievi carbonatici.

Il fenomeno di sprofondamento sarebbe pertanto ricollegabile, nel peculiare contesto geologico dell'area, a una circolazione di fluidi concentrata su superfici strutturali, che determinerebbe fenomeni di erosione e/o dissoluzione dei sedimenti di copertura del reticolo carsico. D'altronde diverse evidenze di terreno (presenza di concrezioni calcaree su superfici di faglia, affioramenti di travertini nelle zone limitrofe, ecc.) suggeriscono che l'area di Pozzo Grande sia stata interessata in passato da fenomeni geotermici analoghi a quelli oggi riscontrabili nella piana di Guidonia-Acque Albule.

I dati preliminari qui presentati rappresentano un contributo di base per un auspicabile futuro studio multidisciplinare a più ampio raggio,



esteso all'intera area identificabile come *sinkhole prone*, e cioè il settore compreso tra i Monti Lucretili, i rilievi Cornicolani e la piana di Guidonia-Acque Albule. Si ritiene infatti che l'ambito geologico descritto possa costituire, per le sue peculiarità naturali e per i numerosi fattori di carattere socio-economico coinvolti, un laboratorio naturale per lo studio dei fenomeni di sprofondamento catastrofico, finalizzato ad una migliore comprensione delle cause predisponenti e scatenanti, ad una valutazione dei rischi ed alla conseguente individuazione di linee guida per una corretta pianificazione territoriale.

RINGRAZIAMENTI – Gli Autori desiderano ringraziare il dott. R. Reitano (Dirigente del Servizio Geologico, Difesa del Suolo - Provincia di Roma), l'Amministrazione Comunale di Marcellina, le società Aquater, SNAM (Gruppo ENI) e TERNA (Gruppo ENEL). Nelle fasi di acquisizione dati hanno fornito un contributo i dott. F. Cecchini, M. Fabiani, S. Margottini, M. Piro, T. Ruspandini, P. Sciarra. Questo lavoro ha inoltre beneficiato di proficue discussioni con i proff. D. De Rita, C. Giampaolo, M. Parotto.

#### BIBLIOGRAFIA

- CAPELLI G., COSENTINO D., MESSINA P., RAFFI R., VENTURA G., 1987. *Modalità di ricarica ed assetto strutturale dell'acquifero delle sorgenti Capore-S. Angelo (Monti Lucretili-Sabina meridionale)*. Geologica Romana, 26: 419-447.
- CAPELLI G., SALVATI R., PETITTA M., 2000. *Relationships between catastrophic subsidence hazards and groundwater in the Velino valley (Central Italy)*. Proceedings of the 6th International Symposium on Land Subsidence (Ravenna, 24-29/9/2000), Vol. I: 123-135.
- CARAMANNA G., 2001. *Scientific utilization of scuba diving and ROV techniques in an inland flooded sinkhole in the Latium region (Central Italy) for the hydrogeological and geochemical study of the karst water resource*. Volume dei riassunti «Geoitalia 2001 - 3° Forum italiano di Scienze della Terra» (Chieti, 5-8/9/2001): 302-303.
- COLOMBI A., DI LORETO E., NOLASCO F., CAPELLI G., SALVATI R., 2001. *The purposes of the main sinkhole project in the Latium region of Central Italy*. In: BECK - HERRING (eds.), *Geotechnical and Environmental Applications of Karst Geology and Hydrology*: 73-76.
- COSENTINO D., PAROTTO M., 1986. *Assetto strutturale dei Monti Lucretili settentrionali (Sabina): nuovi dati e schema tettonico preliminare*. Geologica Romana, 25: 73-90.
- COSENTINO D., PAROTTO M., 1991. *La struttura a falde della Sabina (Appennino centrale)*. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1991/2 -CROP11: 381-387.
- DI FILIPPO M., RUSPANDINI T., TORO B., 1991. *Evidenze di taglio N-S in Sabina meridionale*. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1991/2 -CROP11: 67-71.

- FACCENNA C., 1994. *Structural and hydrogeological features of Pleistocene shear zones in the area of Rome Central Italy*. Annali di Geofisica, XXXVII/1: 121-133.
- FACCENNA C., FLORINDO F., FUNICIELLO R., LOMBARDI S., 1993. *Tectonic Setting and Sinkhole Features: Case Histories from Western Central Italy*. Quaternary Proceedings, 3: 47-56.
- FACCENNA C., FUNICIELLO R., MATTEI M., 1994. *Late Pleistocene N-S shear zones along the Latium Tyrrhenian margin: structural characters and volcanological implications*. Boll. Geofis. Teorica ed Appl., XXXVI/141-144: 507-522.
- MAXIA C., 1954. *La geologia dei Monti Cornicolani (Lazio)*. Pubbl. Ist. Geol. e Paleont. Univ. Roma, 11: 1-98.
- SALVATI R., THARP T.M., CAPELLI G., 2001. *Conceptual model for geotechnical evaluation of sinkhole risk in the Latium region*. In: BECK - HERRINGS (eds.), *Geotechnical and Environmental Applications of Karst Geology and Hydrology*: 163-167.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1970. *Carta Geologica d'Italia - Foglio 144 Palombara Sabina* (scala 1:100.000).
- TROVATO G.A., 1983. *Cenni sulle principali cavità dei M. Lucretili*. In: *Monti Lucretili. Un Parco Naturale nel Lazio*, Amministrazione Provinciale di Roma: 81-90.
- VENTRIGLIA U., 1990. *Idrogeologia della Provincia di Roma - Regione orientale*. Vol. IV, Amministrazione Provinciale di Roma - Assessorato LL.PP., Viabilità e Trasporti.