

# ***I sinkholes in Abruzzo***

## *The sinkholes in the Abruzzi region*

NISIO S. (\*)

### 1. - INTRODUZIONE

I fenomeni di sprofondamento nella Regione Abruzzo sono ancora poco conosciuti e studiati.

Le uniche cronache e testimonianze di tali fenomeni sono quasi sempre legate a grandi eventi sismici avvenuti in passato.

Le cronache del terremoto del 2 febbraio 1703, con epicentro a L'Aquila e intensità sismica 95-100, descrivono l'apertura di una voragine presso il torrente Pizzoli (AQ), dalla quale uscì con violenza una colonna d'acqua solforosa fino all'altezza di un alto pioppo, il cui getto perdurò per 18 giorni, fino al 20 febbraio (CAPPA, 1871; FLORES, 1981; BERSANI & MORETTI, 2004).

Tali descrizioni sono compatibili con l'innesco di fenomenologie tipo *piping sinkholes*, ed infatti in alcune piane sono presenti piccoli laghi di forma sub-circolare.

Le aree interessate da questi fenomeni sono generalmente conche intramontane, quali la conca di Sulmona, la conca del Fucino ed alcune porzioni di piane alluvionali di origine tettonica, come la valle del Fiume Aterno (fig. 1).



Fig. 1 - Ubicazione delle principali aree di pianura interessate dai fenomeni di sprofondamento nella regione Abruzzo.  
- Location of principal sinkholes susceptibility plain areas in Abruzzo Region.

(\*) ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia - Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia.

## 2. - LA VALLE DELL'ATERO

### 2.1. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE-GEOMORFOLOGICO

Il Fiume Aterno scorre tra il gruppo montuoso del Gran Sasso, a NE, e quello del Velino-Sirente a SO. Il corso si snoda all'interno di una serie di depressioni tettoniche, secondo un percorso articolato che assume direzione NE-SO da Capitignano a Marana, direzione NO-SE fino all'abitato di Raiano, per assumere di nuovo andamento NE-SO da Raiano a Popoli.

I versanti della alta valle dell'Aterno sono caratterizzati da pareti ripide e scarpate, con dislivelli di 800-900 m. I rilievi presentano cime che superano i 2000 m e sono caratterizzati da forme tettoniche e strutturali, quali versanti di faglia, *scaplets*, faccette tettoniche. Nella porzione centrale della valle i rilievi presentano versanti meno acclivi e dorsali con cime arrotondate. Il *pattern* dominante della orografia dell'area è costituito da allineamenti di dorsali a direzione appenninica degradanti verso SO, per il gruppo del Gran Sasso, e verso NE, per il Velino-Sirente. Il paesaggio risulta articolato da vallecole trasversali, coincidenti con faglie di trasferimento a componente trascorrente, che determinano la formazione di blocchi tettonici e un andamento dell'asta principale secondo una spezzata.

Le conche tettoniche attraversate dal corso d'acqua, modellate in depositi lacustri e fluvio-lacustri, sono caratterizzate da superfici terrazzate, conoidi alluvionali e aree depresse. I depositi continentali che le colmano mostrano elevati spessori e alternanze di orizzonti a granulometria

fine e grossolana, messe in posto a seguito degli eventi sedimentari succedutisi nel corso del Pliocene sup-Pleistocene-Olocene.

Le conche intramontane che l'Aterno attraversa, da nord a sud, sono le seguenti:

- conca di Montereale-Capitignano;
- conca di Barete-Pizzoli;
- conca di Scoppito-L'Aquila;
- conca Subequana;
- conca di Raiano-Sulmona.

Le prime tre depressioni caratterizzano l'alto corso del fiume, la conca subequana il medio corso del fiume, la conca di Raiano-Sulmona si apre nella bassa valle dell'Aterno alla confluenza con il Fiume Sagittario (fig. 2).

Tali depressioni sono bordate da faglie, che interessano soprattutto i versanti in destra orografica con rigetti di alcune centinaia di metri ed immersione prevalentemente a SO. Le linee tettoniche hanno andamento a *en chelon* e tra queste le più importanti (da N verso S) sono: la *faglia di Capitignano*, la *faglia di Pizzoli-Barete*, presente nell'alta valle del Fiume Aterno, la *faglia di Pettino* che borda la conca di Scoppito-L'Aquila, la *faglia di Barisciano* che borda il lato orientale della conca Subequana (piana di Fossa-S. Demetrio), la *faglia di Castelvecchio-Goriano-Sicoli*, la *faglia di Monte Offermo-Monte Mentino*. Sono presenti inoltre, tra Fossa e Stiffe, faglie dirette con immersione a NE (bordo orientale dei Monti d'Ocre).

Alcune delle conche citate sono suddivise in sottobacini da dorsali intermedie: la *conca Subequana*, ad esempio, è separata in due porzioni dalla dorsale mediana Ansedonia-Monte Offermo-Bominago. Tali depressioni si sono sviluppate durante la fase

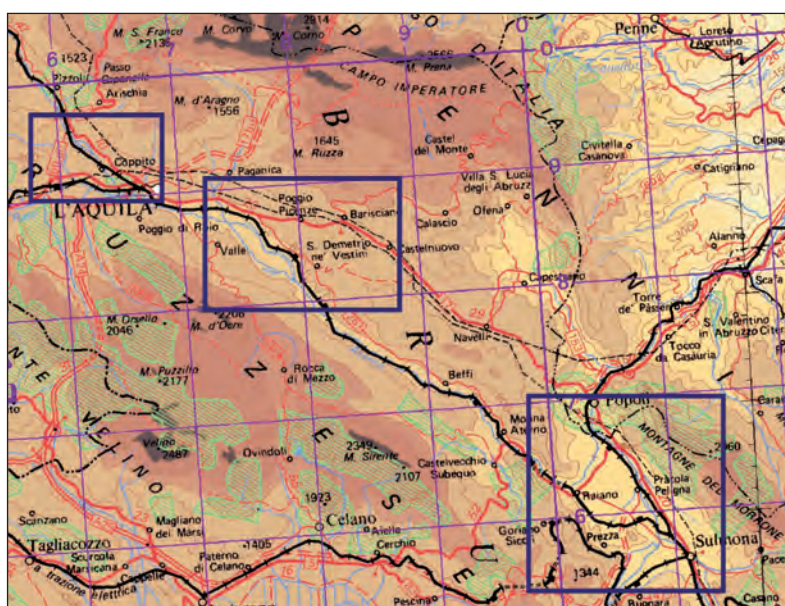


Fig. 2 - La Valle del Fiume Aterno: ubicazione delle conche interessate da fenomeni di sprofondamento. Da nord verso sud: conca Scoppito-L'Aquila, conca Subequana, conca Raiano-Sulmona.

- The Aterno river Valley: location of intermountain plains interested by sinkholes phenomena. From north to south: Scoppito-L'Aquila plain, Subequana plain, Raiano-Sulmona plain.

distensiva del Pliocene medio-superiore-Pleistocene. In questo periodo si sono formati bacini lacustri successivamente dislocati durante il Pleistocene medio-superiore.

L'evoluzione tettonica della valle dell'Aterno ed in particolare delle conche intramontane che il fiume attraversa è caratterizzata da diversi eventi deformativi.

Il primo evento deformativo riconosciuto è di tipo compressivo, e causa la formazione di piani di faglia inversa con direzione compresa tra E-O e NO-SE, e di accavallamenti a vergenza meridionale o sud occidentale. A partire dal Pliocene, l'area è stata interessata da più fasi tettoniche distensive (con sistemi di faglia orientati prevalentemente NO-SE, NNO-SSE e ONO-ESE) e da movimenti di sollevamento che hanno originato un complesso assetto morfologico costituito da bacini intermontani che si alternano a dorsali allungate in senso NO-SE (BASILI *et alii*, 1997).

Faglie dirette ad andamento NE-SO e il basculamento di blocchi, verso SE (per es. zona di S. Pio delle Camere – Monte Mattone), sembrano essere collegati ad un evento successivo, pleistocenico, che potrebbe aver riattivato con movimenti distensivi il sistema di faglie trascorrenti NE-SO. L'ultimo evento, con direzione di estensione NE-SO, causa la riattivazione di antiche faglie compressive e la neoformazione di faglie dirette ad andamento da E-O a NO-SE (D'AGOSTINO *et alii*, 1994).

## 2.2. - CENNI SUL CARISMO DELL'AREA

Il carsismo è particolarmente sviluppato in quest'area dell'Abruzzo a causa della notevole estensione di litologie fortemente solubili per composizione e stato di fratturazione. Le forme risultanti sono varie, sia epigee che ipogee.

Le forme epigee comprendono doline, per lo più di grande diametro, a scodella o a pozzo, *polje*, piccole depressioni irregolari, campi carreggiati e inghiottitoi.

Le numerose doline e i campi dolinati hanno dato luogo ad una ricca e varia toponomastica, ad esempio, l'abitato di Fossa, nei pressi di San Demetrio ne' Vestini, prende il nome da una profonda cavità, così come la denominazione di S. Pio delle Camere è riferita alle numerose cavità ipogee presenti nell'area.

Le forme epigee sono maggiormente sviluppate nelle aree di affioramento delle *litofacies* di piattaforma interna e di margine dove sono osservabili allineamenti lungo le principali linee tettoniche. Il carsismo è meno sviluppato in corrispondenza delle litologie di rampa e di bacino.

Risulta sviluppato, nell'area, anche il carsismo coperto, che interessa le aree di affioramento dei depositi alluvionali, e dove affiorano grandi spessori di terre rosse residuali, con formazione di

doline alluvionali e depressioni di vario genere.

Tra le forme ipogee si ricorda il Pozzo del Caldaio collegato da una rete di gallerie sub-orizzontali alla Grotta di Stiffe.

## 2.3. - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il fiume Aterno costituisce il corso d'acqua principale nella provincia dell'Aquila e, dopo l'apporto in alveo delle sorgenti del Pescara, nei pressi della località di Popoli, il principale della Regione Abruzzo.

L'Aterno nasce nel settore occidentale del gruppo del Gran Sasso. A valle di Molina Aterno il fiume scorre incassato nelle aspre Gole di San Venanzio fino a raggiungere la piana di Raiano-Sulmona.

Il complesso idrogeologico principale della piana dell'Aterno, e nello specifico nelle conche di interesse, è costituito dalle formazioni calcaree, caratterizzate da un alta permeabilità per fessurazione e carsismo. Il complesso costituito dai sedimenti alluvionali e detritici pleistocenici e olocenici ha l'importante funzione di ricarica e serbatoio per i corsi d'acqua superficiali di ordine minore.

Al di sotto della piana, l'alternarsi dei depositi lacustri, fluviali e di conoide comporta la presenza nel sottosuolo di un acquifero multistrato trattenuto da orizzonti argillosi. I sondaggi reperiti nelle aree studiate mostrano più falde sospese, alcune in pressione:

- nella piana di Scoppito-L'Aquila l'acquifero multistrato mostra falde a diverse profondità fino a 87 m dal p.c.;

- presso l'abitato di Civita di Bagno è stata rilevata la presenza di due acquiferi sovrapposti a 60 e a 64 m dal p.c.;

- presso località Prata d'Ansidonia sono presenti due falde rispettivamente a profondità 40 m e 102 m dal p.c.;

- presso S. Demetrio ne' Vestini sono stati individuati almeno due acquiferi sospesi nei primi 40 m all'interno di formazioni argilloso-sabbiose.

Le principali sorgenti sono ubicate sul versante nord-occidentale del Monte Ocre (2204 m) nei pressi degli abitati di Civita di Bagno e Bagno Grande in un'area di circa 30 km<sup>2</sup>. A SE dell'abitato di Lucoli Alto sono ubicate numerose sorgenti allineate in direzione appenninica (fig. 3, 4).

Le acque minerali della provincia dell'Aquila appartengono principalmente al gruppo delle acque clorurato-sodiche e a quello delle solforose e solforose-ferruginose (PINALI & VINAJ, 1923).

Nella piana di Raiano-Sulmona sono presenti sorgenti mineralizzate ad acque solforose, "Acqua Solfa della Quaglia" e "Acqua Solfa del Pescara" (BONI *et alii* 1995; fig. 4).



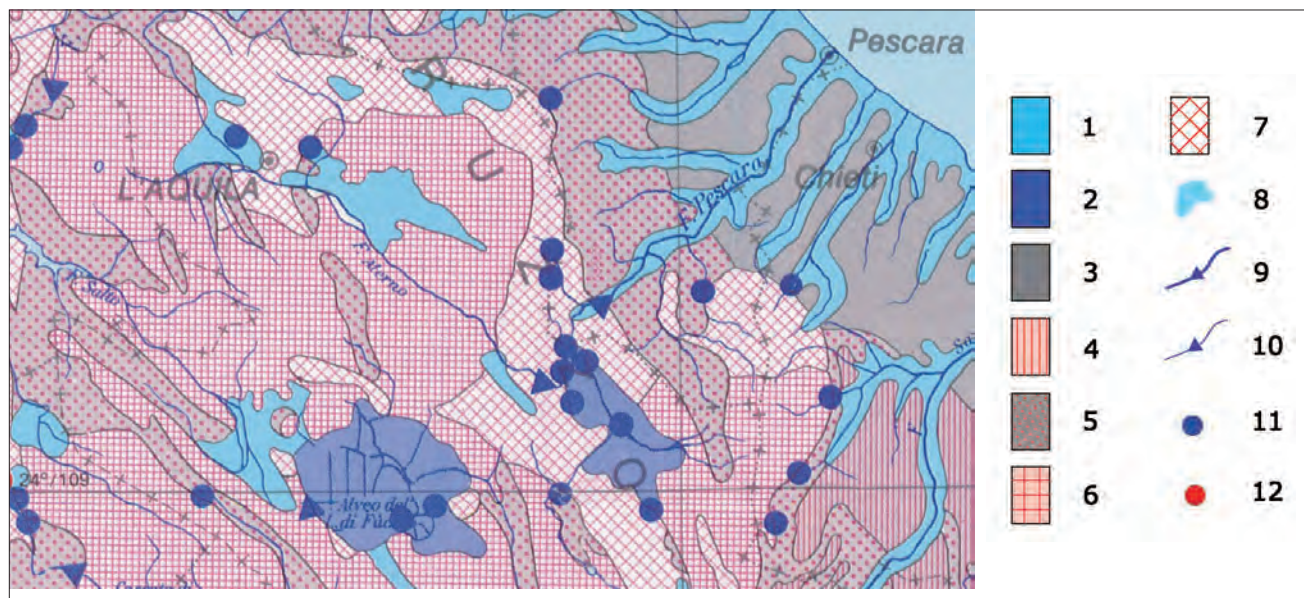


Fig. 3 - Schema dei complessi idrogeologici e delle sorgenti della regione Abruzzo (da BONI *et alii*, 1995 mod.). Legenda: 1) depositi marini e continentali sede di modeste falde (Pliocene-Quaternario); 2) depositi continentali e marini in aree subsidenti sede di falde principali (Pliocene-Quaternario); 3) depositi marini prevalentemente argillosi (Pliocene-Pleistocene); 4) successioni flyschoidi ricche in intercalazioni litoidi (Mesozoico-Cenozoico); 5) successioni flyschoidi prevalentemente argillose (Cenozoico); 6) successioni calcaree di piattaforma (Giurassico-Cenozoico); 7) successioni pelagiche calcareo-silico-marnose (Giurassico-Cenozoico p.p.); 8) bacini lacustri; 9) incrementi di portata principali; 10) incrementi di portata minori; 11) sorgenti; 12) sorgenti mineralizzate.

- Hydrogeological sketch map of Abruzzo area and springs (from BONI *et alii* 1995, mod.). Legend: 1) marine and continental deposits with narrow aquifers (Pliocene-Quaternary); 2) marine and continental deposits in subsidence areas with main aquifers (Pliocene-Quaternary); 3) marine clayey deposits (Pliocene-Pleistocene); 4) flysch (Mesozoic-Cenozoic); 5) clayey flysch (Cenozoic); 6) calcareous shelf sequence (Jurassic-Cenozoic); 7) pelagic calcareous-silico-marl sequence (Jurassic-Cenozoic); 8) lacustrine basins; 9) springs; 10) mineralised springs.

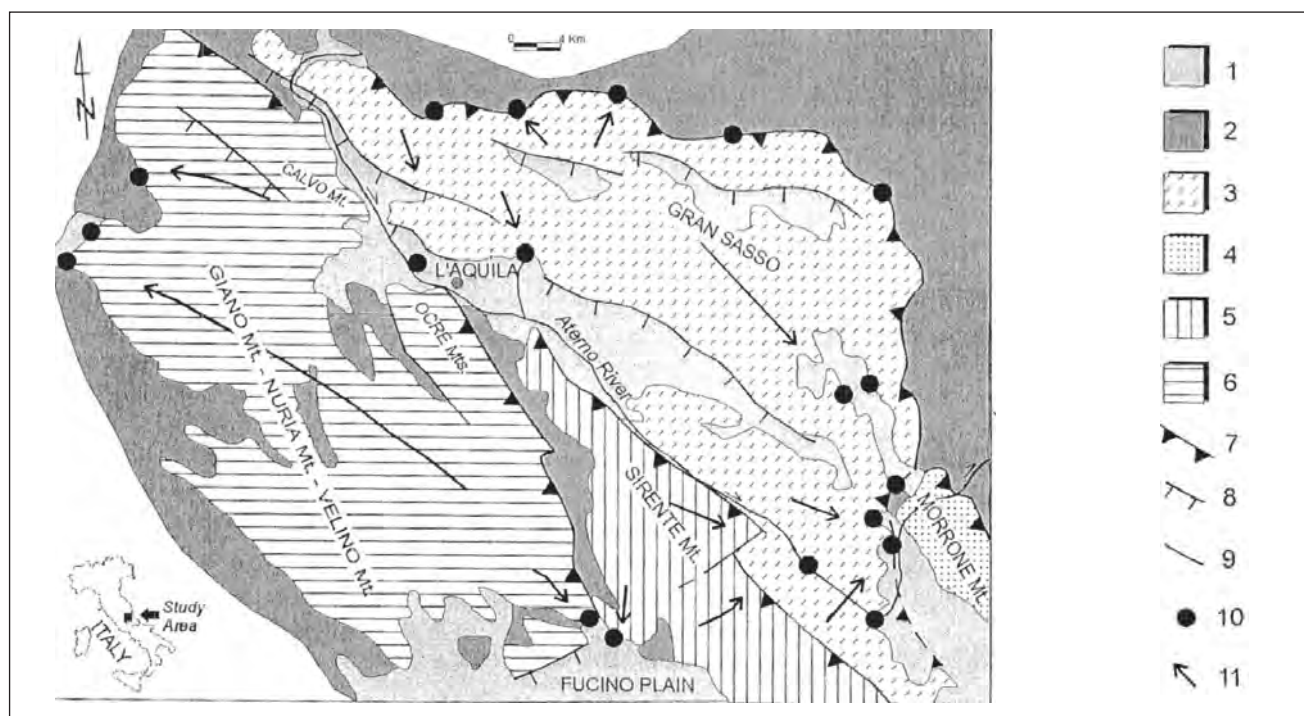


Fig. 4 - Schema idrogeologico dell'Appennino aquilano (da PETTITA & TALLINI, 2000). Legenda: 1) Depositi di riempimento delle conche intramontane e delle piane tettono-carsiche, Quaternario; 2) Depositi terrigeni sinorogenici, Miocene superiore (acquiludo regionale); 3) Sistema idrogeologico del Gran Sasso; 4) Sistema idrogeologico del M. Morrone; 5) Sistema idrogeologico del M. Sirente; 6) Sistema idrogeologico del M. Giano - M. Nuria - M. Velino; 7) Sovrascorimenti principali di interesse idrogeologico; 8) Faglie distensive principali di interesse idrogeologico; 9) Faglie principali di interesse idrogeologico; 10) Sorgenti principali; 11) Principali direzioni del deflusso sotterraneo.

- Apennines hydrogeological scheme (from: PETTITA & TALLINI, 2000). Legend: 1) intermountain plain and tectono-karstic plains deposits, Quaternary; 2) sinorogenic deposits, upper Miocene; 3) Gran Sasso hydrogeological system; 4) Mt. Morrone hydrogeological system; 5) Mt. Sirente hydrogeological system; 6) Mt. Giano-Mt. Nuria-Mt. Velino hydrogeological system; 7) Principal thrusts of hydrogeological interest; 8) Dip slip faults; 9) faults of hydrogeological interest; 10) Springs; 11) downflow main directions.

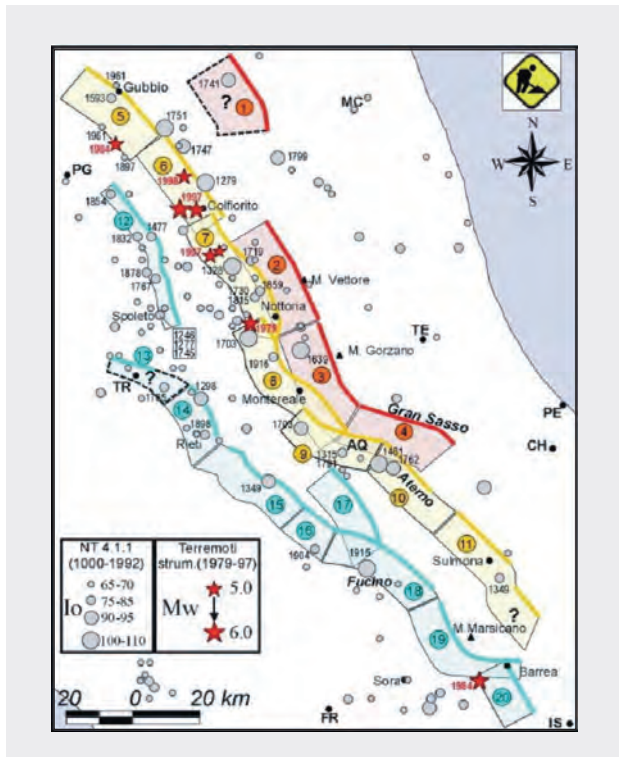


Fig. 5 - Rappresentazione dei principali terremoti storici dell'Appennino Centrale (fonte: INGV).

- Location of historical earthquakes of Central Apennines (by INGV).

#### 2.4. - SISMICITÀ DELL'AREA

In Abruzzo sono stati registrati alcuni tra i maggiori terremoti dell'Italia centrale, molti dei quali con epicentro nella Valle dell'Aterno o in zone limitrofe (fig. 5). In particolare, l'area aquilana è stata interessata da una delle scosse della disastrosa sequenza del 1349 (intensità pari a IX – X MCS a l'Aquila, MONACHESI & STUCCHI, 1997; MORO *et alii*, 2002) di cui si hanno poche informazioni riguardo gli effetti al suolo.

Prima di questo evento l'area aveva già subito il terremoto del 1315, i cui effetti sono, tuttavia, poco noti. In seguito, l'Aquila e l'alto Aterno sono stati interessati dai terremoti del 1461 e del 1762 (intensità pari a X e IX MCS rispettivamente) con effetti di certo non paragonabili a quelli del 1349 e 1703, tuttavia, importanti.

Gli eventi sismici hanno presentato cinematismi piuttosto complessi e con epicentri in aree distinte, interessando anche le regioni confinanti (Molise nel 1349 e Umbria nel 1703).

Durante il terremoto del gennaio-febbraio 1703 della Marsica, con epicentro all'Aquila, le scosse causarono molti effetti sull'ambiente: sono descritte voragini e spaccature nel terreno, fuoriuscita di materiale infiammato e di gas sul-

furei, formazione di laghi di piccole dimensioni (GRIMALDI, 1703; URIA DE LLANOS, 1703; CAPPA, 1871; PARROZZANI, 1887; MORO *et alii*, 2002).

Nel territorio abruzzese, nei dintorni di Arischia si formarono due aperture nel terreno dalle quali fuoriuscirono pietre e grandi quantità d'acqua, con formazione di un piccolo bacino idrico. Altre cavità si aprirono presso il torrente Pizzoli (AQ) nella Valle del fiume Aterno, probabilmente in località Fonte Moro, dove si formò una voragine (di cui si parlerà in seguito) dalla quale uscì con violenza una colonna d'acqua solforosa fino all'altezza di un "alto pioppo" ed il cui getto durò per 18 giorni (BERSANI & MORETTI, 2004). Le cronistorie del terremoto del 3 novembre del 1706 descrivono una grande fenditura da cui uscirono gas solforosi che si aprì nelle vicinanze della Maiella, dove vennero anche uditi dei rombi sotterranei.

L'evento sismico che però, provocò più danni e vittime modificando l'assetto di una grande porzione del territorio abruzzese fu il terremoto di Avezzano del 13 gennaio 1915 (intensità VII MCS). Gli effetti sul terreno si risentirono principalmente nella Piana del Fucino (di cui si parlerà in seguito) con apertura di grandi fenditure, dalle quali fuoriuscirono acqua e gas solforosi, intorbidimento di acque, liquefazioni (CREMA, 1924).

#### 2.5. - I FENOMENI DI SPROFONDAMENTO NELLA VALLE DELL'ATERO

Nella piana del Fiume Aterno sono state individuate alcune morfologie relative a cavità sub-circolari attribuibili a fenomeni di collasso carsici o pseudo-carsici (oltre alle forme di natura carsica presenti sui versanti).

Tali forme sono ubicate in pianura, ad una certa distanza dalle dorsali carbonatiche, su sedimenti lacustri o alluvionali, e da sempre considerate cavità carsiche (*cover doline*).

L'analisi della cartografia storica relativa ai secoli 1500-1600 (Enricus Hondius e Ioannes Ianssonius XVII sec. Abruzzo citra e Ultra, Natale Bonifacio Abruzzo ulteriore, 1587), non ha consentito l'individuazione di piccoli laghi nell'area per problemi di scala di rappresentazione, ma ha permesso di individuare un lago, il Lago Vetonio, poco a sud dell'abitato di S. Vittorino, la cui forma e le cui dimensioni sono variate nel tempo fino a scomparire.

La presenza però di rilevanti spessori di terreni di copertura impermeabile o semipermeabile, di evidenti allineamenti lungo le faglie che bordano la piana dell'Aterno e le conche attraversate e l'elevata sismicità dell'area consentono la formulazione di nuove ipotesi sulla genesi di tali cavità.





Fig. 6 - Stralci di tavolette topografiche I.G.M. del 1875 (scala 1:25.000).  
- Extracts of I.G.M. 1875 topographic maps (scale 1:25,000).



Fig. 7 - Stralci di carte topografiche I.G.M. a) scala 1:100.000, 1884; b) scala 1:50.000, 1907.  
- Extracts of some I.G.M. topographic maps: a) scale 1:100,000, 1884; b) scale 1:50,000, 1907.

La data di formazione di molte di queste depressioni non è certa; senz'altro, come evidenziato dalla cartografia dell'I.G.M. del 1875, 1887 e del 1907, esse erano già esistenti nel 1875 (figg. 6, 7).

I fenomeni individuati nella piana si concentrano in cinque aree collocate nella alta, media e bassa valle del Fiume Aterno, nelle tre conche intramontane di Scoppito-L'Aquila, Subequana e di Raiano-Sulmona, procedendo da Nord verso Sud:

- 1) Alta valle dell'Aterno - Conca Scoppito l'Aquila:  
Area di Pizzoli - S. Vittorino.
- 2) Media valle dell'Aterno - Conca Subequana:  
Area Civita - Fossa.  
Area S. Demetrio ne' Vestini.  
Area S. Pio delle Camere.
- 3) Bassa valle dell'Aterno - Conca di Raiano-Sulmona:  
Area Raiano - Prezze.

#### 2.5.1. - L'alta valle dell'Aterno - Conca di Scoppito-L'Aquila

L'alta valle dell'Aterno è caratterizzata da dorsali ad andamento appenninico, costituite da potenti successioni di carbonati. In particolare, il Fiume Aterno segna il confine tra successioni di bacino prossimale, sulla sinistra orografica, e di piattaforma interna-margine sovrascorse su quelle di bacino, sulla destra orografica.

Il sistema di faglie dell'alta valle del fiume è composto da quattro segmenti di faglia (M. Pettino, M. Marine, Capitignano e San Giovanni). I primi tre sono responsabili dell'evoluzione di altrettante conche (risp.: bacino di Scoppito-L'Aquila, bacino di Barete-Pizzoli e bacino di Montereale-Capitignano; figura 2).



La porzione nord-occidentale della faglia di Capitignano (della lunghezza di circa 8 km) mette a contatto i depositi argilloso-arenacei miocenici con i depositi di versante. Nonostante sia impostata su rocce argilloso-arenacee facilmente erodibili, la scarpata di faglia si presenta estremamente evidente, a testimonianza dell'attività recente di questa struttura. La porzione sud-orientale (della lunghezza di circa 10 km) interessa il substrato carbonatico miocenico ma, al contrario della porzione nord-occidentale, non presenta evidenze di attività recente e non interessa depositi quaternari (GALADINI *et alii*, 1991).

Le faglie più meridionali (M. Marine e M. Pettino) sono caratterizzate da evidenti scarpate che mettono in contatto il substrato carbonatico con i depositi di versante stratificati. In alcuni casi i depositi di versante, di età:  $31.710 \pm 760$  e  $23.330 \pm 300$  anni dal presente, sono chiaramente dislocati, a conferma di una attività tettonica riferita al Pleistocene superiore (BLUMETTI, 1995).

La faglia di M. Marine è caratterizzata da un'evoluzione simile a quella di Capitignano. L'intera struttura è lunga circa 14 km, ma solo la sua porzione sud-orientale (circa 9 km) presenta eviden-

ze di movimenti recenti. Dall'analisi delle superfici relitte è emerso che la porzione nord-occidentale della faglia non presenta significative dislocazioni quaternarie, mentre la porzione sud-orientale, responsabile della formazione e dell'evoluzione del bacino di Barete-Pizzoli, è stata attiva anche in tempi storici (BOSI & MESSINA, 1991; BLUMETTI, 1995).

Nell'Alta Valle il fiume, dopo aver attraversato una stretta gola e numerosi e piccoli centri abitati, si immette nella conca di Scoppito-L'Aquila (figg. 2, 8), di forma triangolare e estensione di 30 km<sup>2</sup>, dove il corso d'acqua riceve le acque del torrente Raio, affluente di destra.

La conca di Scoppito-L'Aquila è bordata da rilievi montuosi calcarei permeabili per fessurazione e carsismo, che rappresentano i principali acquiferi a livello regionale, a loro volta circondati da formazioni flyschoidi impermeabili che assolvono il compito di contenimento degli acquiferi carsici.

La conca è stata colmata da una spessa sequenza di depositi clastici continentali di ambiente lacustre, fluviale e di versante, che può essere schematizzata in tre complessi litologici, dal basso verso l'alto: un complesso inferiore, direttamente appog-

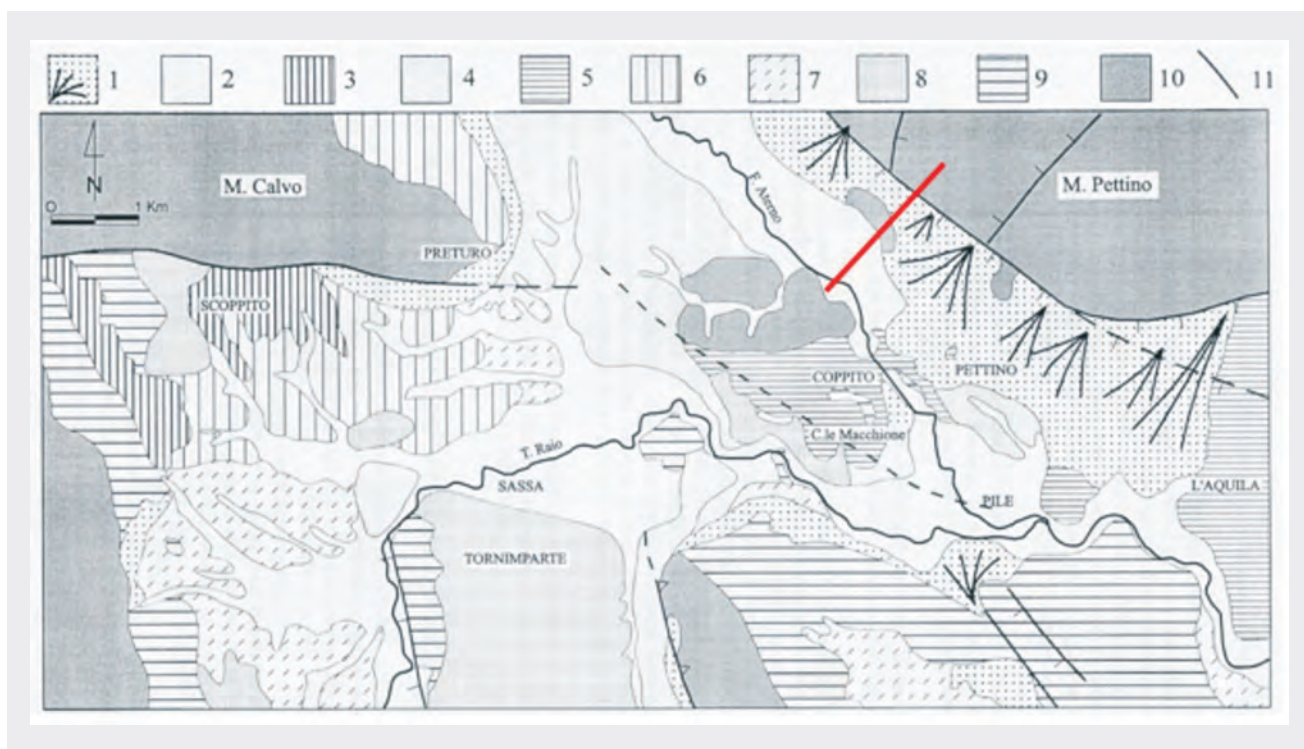


Fig. 8 - Schema geolitologico della piana Scoppito- L'Aquila (da: PETITTA & TALLINI, 2000). Legenda: 1) depositi di conoide e detrito di falda; 2) alluvioni recenti; 3) breccie; 4) alluvioni antiche del paleo-Aterno; 5) unità delle Breccie calcaree; 6) unità di Colle Cantaro; 7) unità di Madonna della Strada; 8) depositi silico-clastico torbiditici; 9) alternanze di calcari marnosi e marne con calcari detritici; 10) carbonati di ambiente scarpata-bacino e piattaforma interna; 11) faglie principali.

- Scoppito-L'Aquila geolithologic scheme (from PETITTA & TALLINI, 2000). Legend: 1) fan deposits and detritus; 2) recent alluvials; 3) debris; 4) paleo-Aterno ancient alluvials; 5) calcareous Breccia Unit; 6) Colle Cantaro Unit; 7) Madonna della Strada Unit; 8) silical-clastic turbidites; 9) calcareous-marls and calcareous debris deposits; 10) inner shelf, slope-bacinal carbonates; 11) main faults.

giato al substrato pre-quadernario, costituito da argilla cui segue un complesso ghiaioso-sabbioso e, in ultimo, un complesso pelitico-sabbioso con diverse unità litologiche, che sono state suddivise in sintemi (Sintema di Madonna della Strada, caratterizzato dalla presenza di peliti cui si intercalano orizzonti di lignite, Sintema di Colle Cantar, costituito essenzialmente da ghiaia e sabbia, Breccie calcaree; fig. 8). La falda superficiale contenuta negli acquiferi della conca Scoppito-L'Aquila risulta alimentata quasi esclusivamente, tramite travasi sotterranei, dagli acquiferi carbonatici circostanti, essendo trascurabile la ricarica diretta.

Le portate erogate sono massime sul versante orientale, grazie al contributo dell'acquifero del Gran Sasso; meno elevato, ma comunque apprezzabile, è il contributo dell'acquifero del Monte Calvo in direzione NE. Il deflusso sotterraneo proveniente dalla zona meridionale (Unità geologica dei Monti d'Ocre) è, invece, nullo a causa dei depositi terrigeni che fungono da acquicludo.

Il contatto tra la struttura carbonatica del Monte Pettino, appartenente al sistema idrogeologico del Gran Sasso, con i depositi detritici quadernari della piana avviene tramite faglie dirette. Lungo la faglia principale del Monte Pettino lo spessore di materiale detritico cataclastico è considerevole.

La falda basale del sistema idrogeologico del Gran Sasso drena, nel settore di Pettino, verso il centro della piana raggiungendo il fiume Aterno che si comporta così da sorgente lineare con travasi attraverso le conoidi pedemontane del Monte Pettino (fig. 9).

A SE della piana, tra Coppito e L'Aquila, la falda basale alimenta importanti sorgenti puntuali come quella di Vetoio (400 l/sec) e di Boschetto (200 l/sec); il Boschetto è caratterizzato da porta-

te minime in estate e massime in inverno, evidenziando un'alimentazione diretta dall'acquifero carbonatico, mentre il Vetoio non presenta grosse variazioni della portata con la stagione, anche se si riscontrano talora dei massimi in estate.

Un altro aspetto interessante ai fini di una corretta caratterizzazione idrogeologica della zona in esame è l'interazione del Fiume Aterno con il sistema idrico sotterraneo (fig. 10).

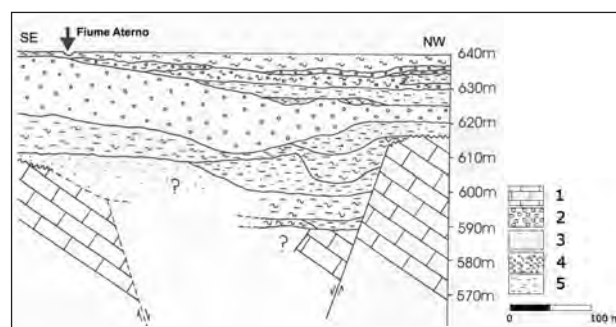


Fig. 10 - Sezione geologica della media valle d'Aterno (da: PETITTA & TALLINI, 2000). Legenda: 1) calcari; 2) ghiaie; 3) sabbie; 4) argilla; 5) limo.  
- Geological section of medium Aterno river Valley (from PETITTA & TALLINI, 2000). Legend: 1) limestones; 2) pebbles; 3) sands; 4) clay; 5) loam.

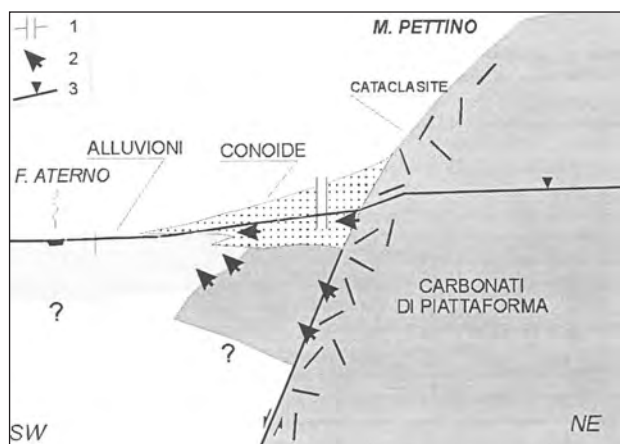


Fig. 9 - Profilo idrogeologico che illustra i rapporti tra la piana e il M. Pettino (da PETITTA & TALLINI, 2000). Legenda: 1) sondaggio; 2) direzione del flusso sotterraneo; 3) superficie piezometrica.  
- Hydrogeological profile about Scoppito-L'Aquila plain and Mt. Pettino relation (from PETITTA & TALLINI, 2000). Legend: 1) borehole; 2) downflow direction; 3) water table.

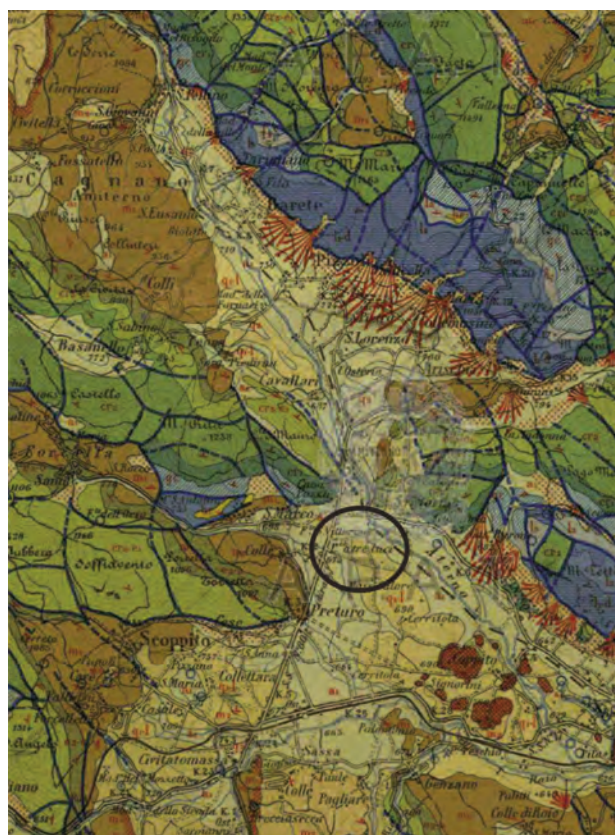


Fig. 11 - Stralcio del Foglio Geologico L'Aquila (1956): scala 1:100.000 ubicazione dell'area interessata dagli sprofondamenti.  
- Sketch of L'Aquila geological paper (1956): scala 1:100.000 location of sinkhole prone area.



L'alimentazione dell'acquifero multistrato all'interno della conca di Scoppito-L'Aquila avviene prevalentemente al bordo delle dorsali carbonatiche, le cui acque si infiltrano all'interno degli orizzonti più permeabili e si miscelano con le acque della piana caratterizzate da minore salinità.

#### 2.5.1.1. - Gli sprofondamenti: l'area di Pizzoli-S. Vittorino

L'area compresa tra gli abitati di Pizzoli e S. Vittorino, sul versante settentrionale della conca di Scoppito-L'Aquila, (fig. 11), è interessata da motivi tettonici trasversali, che si intersecano con il sistema principale ad andamento appenninico. Il substrato carbonatico risulta ribassato sotto le coperture alluvionali che presentano spessori elevati (in sondaggio sino a 135 m). Conoidi alluvionali immettono grandi quantità di detriti in sinistra orografica.

Nei pressi di S. Vittorino, sul bordo settentrionale della conca di Scoppito-L'Aquila, sui depositi alluvionali, sono stati individuati 2 piccoli laghi di forma sub-circolare, vicini tra loro, denominati Piccoli laghi Giorgio (1 e 2; figg. 12, 13).

Il Lago Giorgio n. 1 (fig. 14) ha un diametro di 25 m, il livello dell'acqua è 2 m sotto il piano campagna, le sponde sono costituite da limi argillosi. Il lago viene utilizzato per irrigazione dei campi ed è collegato tramite un canale artificiale al Lago Giorgio n. 2 (fig. 15). Sul fondo del lago sono presenti tre sorgenti di portata non nota; da informazioni raccolte in loco, il lago non subisce variazioni stagionali di livello (NISIO *et alii*, 2007).

Si esclude sulla base delle informazioni raccolte una origine antropica dei due laghi, che non presentano argini o opere di altra natura al contorno, ad eccezione del canale di collegamento delle due cavità.

Il flusso dell'acqua all'interno dei canali di collegamento è dal Lago Giorgio 2 verso il Lago Giorgio 1.

La data di formazione della cavità rimane ignota, il proprietario del terreno riferisce che i piccoli laghi sono sempre esistiti almeno da quando il terreno è divenuto di sua proprietà (1970).

Peraltro, essendo riportato un solo lago nella tavoletta IGM, uno dei due laghi dovrebbe essersi formato successivamente alla metà del secolo scorso.

Le acque non sono aggressive e non sono evidenti venute di gas in superficie; i parametri fisico-chimici sono riportati in tabella 1.

Tab. 1 - *Caratteristiche chimiche e fisiche delle acque.*

- Water chemical and physical characteristics.

Toponimo	pH	eH eV	Cond μS/sec	T °C	Bicar. mg/l
Lago Giorgio 1	7,16		600	9,8	
Lago Giorgio 2	7,16		600	9,8	
Ponte tre occhi	6,93	122	570	11	366



Fig. 12 - Ubicazione dei Laghi Giorgio presso S. Vittorino: a) stralcio della tavoletta topografica IGM in cui viene riportato un solo lago. b) schema geologico semplificato.

- Location of S. Vittorino lakes: a) sketch of the IGM topographic map (only one is located); b) geological scheme.



Fig. 13 - Ubicazione dei Laghi Giorgio: a) Carta tecnica regionale; b) ortofoto in bianco e nero dell'area.  
- Location of Giorgio lakes: a) sketch of regional topographic map; b) orthophoto.



Fig. 14 - Il Lago Giorgio 1: cavità di forma circolare.  
- The Giorgio 1 lake: it presents a regular circular diameter.

Il substrato carbonatico al di sotto della piana, in prossimità dei due laghi, ribassato dai sistemi di faglie, si attesta a profondità maggiore di 100 m. I sedimenti di copertura sono costituiti da alternanze a granulometrie variabili dalle ghiaie alle argille.

L'area interessata dagli sprofondamenti è ubicata presso un vertice della forma triangolare che costituisce la piana, all'incrocio di più sistemi di faglie.

Le cavità presentano diametri tra 40 e 10 m e profondità modeste, tra 1,5 e 3 m.

L'ubicazione dei primi due di tali piccoli laghi, la natura, il contesto geologico-strutturale al contorno, e la morfologia permettono di ipotizzare una genesi mediante un processo di tipo *sinkholes*.

Sono stati prelevati campioni d'acqua nei *sinkholes* e, in una vicina sorgente in località Ponte tre occhi, eseguite le caratterizzazioni fisiche principali; i risultati sono riportati in tabella.

In prossimità dell'abitato di Pizzoli veniva ripor-

tato sia sulla cartografia al 25.000 IGM che sulla cartografia IGM al 50.000 (1998), in località Fonte del Moro, un ulteriore piccolo lago, di forma ovale.

Nella stessa località è stato segnalato un episodio di sprofondamento avvenuto durante il terremoto del 1703 (BERARDI *et alii*, 1988). Al giorno d'oggi non è presente alcun lago, mentre nelle vicinanze è presente una località definita Fosse, dove tuttavia non sono state rilevate paleoforme di sprofondamento.

#### 2.5.2. - La Media Valle del Fiume Aterno - Conca Subequana

Nella Media Valle del Fiume Aterno le litologie prevalenti sono attribuite a successioni di Piattafoma Carbonatica interna e di margine (a N e a NE nelle aree di M. Cappellone-Paganica e Monte Pettino affiorano invece successioni di gradino ribassato-rampa-scarpata e bacino prossimale) che sono costituite da potenti spessori di rocce calcaree di età compresa tra il Giurassico e il Miocene a cui



Fig. 15 - Il Lago Giorgio 2, di età probabilmente più recente del lago Giorgio 1.  
- The Giorgio 2 lake, more recent than Giorgio 1 lake.



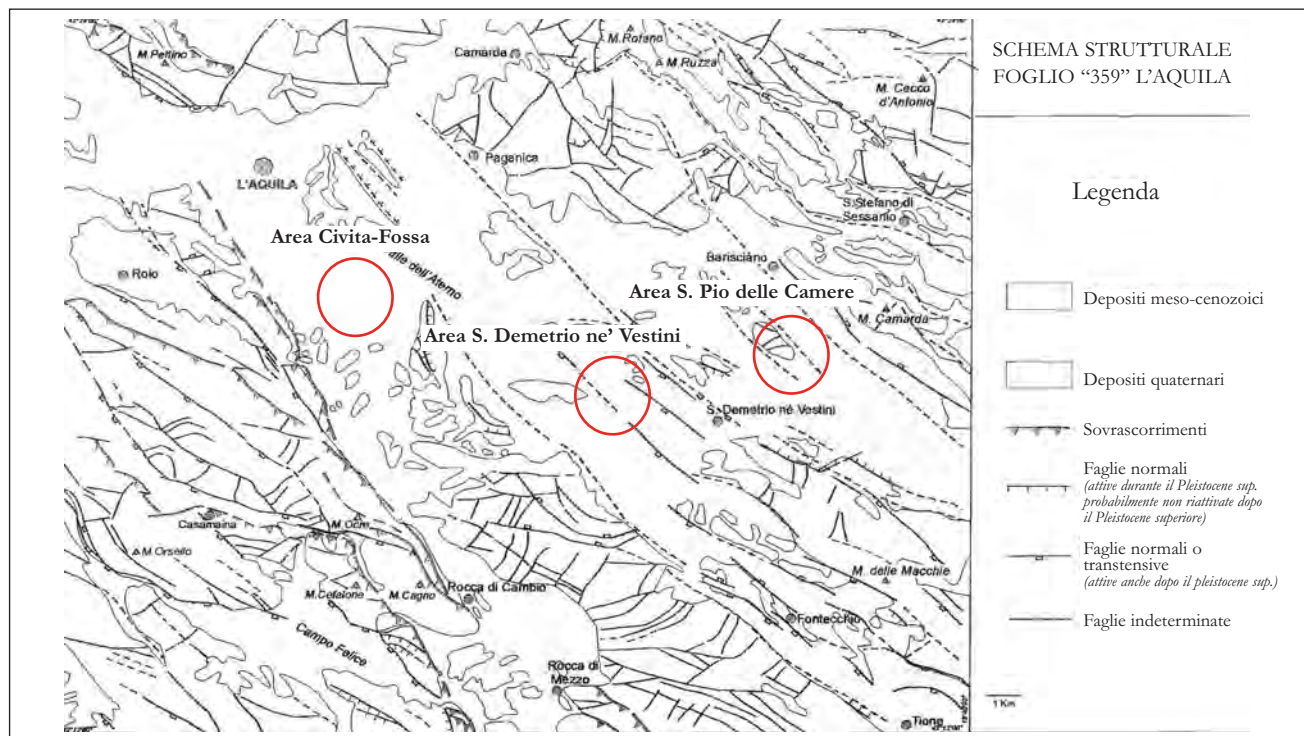


Fig. 16 - Conca Subequana: schema strutturale relativo alle faglie quaternarie della valle dell'Aterno e ubicazione delle aree suscettibili a fenomeni di sprofondamento (da: Note illustrative del Foglio L'Aquila 1:50.000, modificato).

- Subequana plain: Aterno alluvial valley quaternary fault structural scheme and sinkhole prone areas location (from: L'Aquila Geological Map illustration Note, mod.).

si sovrappongono unità argilloso-marnose e i complessi torbiditici messiniani.

L'assetto strutturale (fig. 16) è controllato da lineamenti di faglia che hanno separato dorsali monoclinali diversamente orientate. Sulla destra della valle le monoclinali immergono verso SO e sono separate da faglie, generalmente inverse, da sub verticali a inclinate verso SO; la parte più occidentale è delimitata dal sovrascorrimento del Monte Cagno. Sulla sinistra della valle le monoclinali immergono verso NE, le faglie che le separano sono generalmente dirette e inclinate verso SO (BOSI & BERTINI, 1970).

L'inizio di un'attività tettonica distensiva si può collocare nel Pliocene. Esempi di movimenti posteriori alla sedimentazione lacustre del Pliocene inferiore sono riportati da molti Autori (BOSI & MESSINA 1991; BLUMETTI *et alii*, 1996 MORO *et alii*, 2002) e rappresentati, ad esempio, da una faglia che interessa il bordo occidentale della Conca Subequana con un rigetto di circa cinquanta metri, in corrispondenza di Gagliano Aterno, nonché da discordanze angolari nei conglomerati fluviali sovrastanti i depositi lacustri (presso S. Demetrio ne' Vestini).

Nella conca Subequana sono state individuate tre aree suscettibili ai fenomeni di sprofondamento: l'area di Civita-Fossa, l'area S. Demetrio ne'

Vestini e l'area S. Pio delle Camere.

Inoltre in molte aree sono stati stimati ribassamenti di blocchi fagliati in età pleistocenica: ad esempio nella zona compresa tra la faglia dell'Annunziata e quella di S. Demetrio si è calcolato un ribassamento da 70 a 100 metri circa; quella compresa tra la faglia di S. Demetrio e quella del Lago Sinizzo dovrebbe esser stata ribassata in misura variabile verso NO da pochi metri, nella zona sud del Lago Sinizzo, a circa 70 metri nella zona di Fossa Cupa.

#### 2.5.2.1. - L'area di Civita-Fossa

Nell'area di Civita-Fossa il corso dell'Aterno è impostato in un *graben* che separa in sinistra orografica le serie di gradino ribassato-rampa-scarpata (M. Croce) dalla destra orografica rappresentata dalle litofacies di piattaforma interna. Le potenti serie calcaree sulla destra orografica sono rappresentate dai Calcari a coralli e diceratidi (abitato di Fossa) e dai termini paleocenici-miocenici (Calcareniti a macroforaminiferi, Unità Spongolitica, Calcari a Briozoi e litotamni; abitato di S. Benedetto) (fig. 17, 18).

Al di sopra del substrato poggiano i depositi quaternari (affioranti presso l'abitato di Civita), rappresentati dal supersintema di Aielli-Pescina,

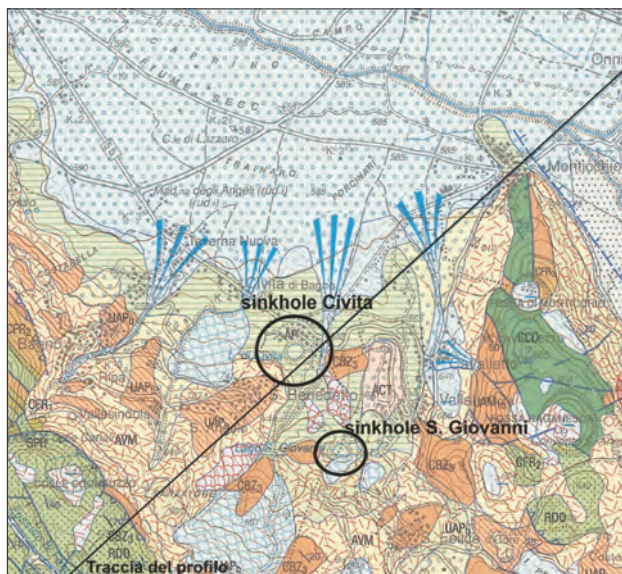


Fig. 17 - Carta Geologica dell'area di Civita-Fossa: ubicazione dei laghi S. Giovanni e Civita. Dal Foglio L'Aquila, in scala 1:50.000.

- Geological sketch of the Civita-Fossa area: S. Giovanni and Civita sinkholes location.

costituiti da silti e argille di ambiente lacustre.

In quest'area sono presenti, alla base dei versanti carbonatici, direttamente poggianti sul substrato carbonatico o su di una copertura di spessore variabile, morfologie sub-circolari originate da evidenti processi carsici. All'interno dei depositi alluvionali del fiume risultano ubicate altre forme circolari occupate oggi da specchi d'acqua.

Nei pressi del km 4 della S.S. Vestina Salentina, a quota 640 m s.l.m., è ubicato uno specchio d'acqua: il lago di San Raniero. Più a sud, nei pressi dell'abitato di S. Benedetto, è presente un'altra grande cavità sub-circolare ricolma d'acqua: il lago San Giovanni (figg. 19, 20). Dalla stratigrafia, ottenuta dai pozzi effettuati in località Civita di Bagno, vengono sintetizzate le seguenti litologie costituenti le coperture su cui poggiano gli specchi d'acqua:

- 0-15 m dal p.c. ghiaia eterometrica con clasti carbonatici in matrice limoso-sabbiosa color rossastro;

- 15-33 m dal p.c. argilla brunastra, limosa, e

rari clasti ghiaiosi carbonatici, con intercalazioni ghiaiose;

- 33-82 m dal p.c. limo grigio con sabbia fine e frammenti di siltite color grigio scuro. Verso il basso prevale la sabbia fine e si incontrano orizzonti prevalentemente sabbioso-ghiaiosi.

#### Il Lago di San Raniero.

Il Lago di S. Raniero è situato a nord-est dell'abitato di S. Benedetto (AQ). Riguardo la sua origine, CHELUSSI (1901, 1910) formulò due possibili ipotesi: "un'antica dolina o un relitto del lago che occupava un tempo la bassa valle aternina". ALMAGIÀ (1910) ipotizzò per l'origine del lago uno sprofondamento, in base all'osservazione delle caratteristiche del bacino e della ubicazione morfologica del lago (circa 70 metri sopra il livello della pianura). L'origine da sprofondamento è testimoniata anche dalle cronache aquilane di BUCCIO DI RANALLO che fa risalire l'episodio al marzo del 1352 (altri cronisti riferiscono nel 1353) (TETÈ et alii 1984).

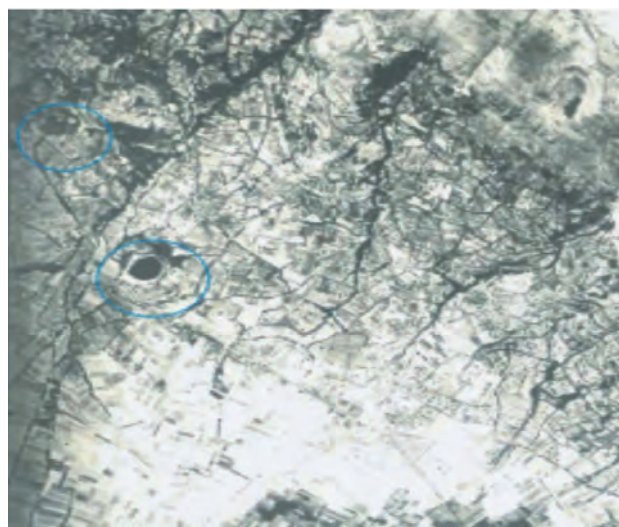


Fig. 19 - Foto aerea del 1954: sono visibili entrambi i laghi di S. Giovanni e Civita.

- Air photograph (1954), with representation of S. Giovanni and Civita lakes.



Fig. 18 - Profilo Geologico dell'area di Civita-Fossa.

- Civita-Fossa geological profile.





Fig. 20 - Stralcio della tavoletta I.G.M. scala 1:25.000.  
- I.G.M. (1: 25.000 scale) topographic map.

Nella “Cronaca aquilana rimata” BUCCIO DI RANALLO scrive: “dello mese di marzo la terra s’è sfondata. Esso, de sotto ad Bagno si fo questa lamata; Et omne di lamavase e fo tanto largata. Nanti no oscio lo mese che fo una bella strata”. DE BARTHOLOMAEIS (1907) Le brevissime notizie lasciate dai cronisti fanno ritenere che la cavità si sia prodotta in più fasi (ALMAGIA, 1910).

Attualmente il lago ha un diametro di circa 200 metri (figg. 21, 22) ed è alimentato, almeno parzialmente, da una sorgente esterna. La profondità massima misurata è di 15 metri, ma il livello dell’acqua oscilla stagionalmente tra i 6 e i 15 m dal p.c. Le oscillazioni stagionali producono alterazioni dell’area soprattutto lungo la riva orientale che è molto bassa (ALMAGIA, 1910).



Fig. 21 - Lago San Raniero: panoramica.  
- S. Raniero Lake: general view.

Le sue rive sono morfologicamente pianeggianti, il versante sud-occidentale limitato dalla pendice ripida e in parte franosa di una modesta altura. Dal punto di vista litologico, lungo le sponde, affiorano alternanze di arenarie, argille e marne gialle o azzurre con livelli di ciottoli calcarei. Il piccolo lago è provvisto di un emissario sul fronte di NE che versa le acque nell’Aterno. L’emissario stagionalmente viene sbarrato artificialmente per assicurare la raccolta di acque nel lago durante l’inverno e la primavera; durante l’estate le acque vengono utilizzate a fini irrigui (fig. 23).

I principali parametri fisico-chimici delle acque del lago sono riportati in tabella 2.

Tab. 2 - Parametri chimico-fisici delle acque del Lago di San Raniero.

- S. Raniero Lake chemical-physisic parameters.

<b>Temperatura</b>	10.9°C
<b>Conducibilità</b>	484 µs/sec
<b>eH</b>	64 eV
<b>pH</b>	8.09
<b>Bicarbonati</b>	315 mg/l

#### Il Lago San Giovanni.

Questo lago è ubicato in pianura nelle vicinanze del Lago di San Raniero a sud-est dell’abitato di S. Benedetto (figg. 24, 25).

Notizie storiche riportano l’origine del lago ad uno sprofondamento in epoca recente (più recente del Lago di S. Raniero) ma imprecisata. Alcune fonti descrivono il lago di San Giovanni come un piccolo invaso sfruttato per l’irrigazione. Nel 1956 si avviò un progetto di ampliamento dei due laghi



Fig. 22 - Ortofoto del Lago di S. Raniero.  
- S. Raniero Lake: orthophoto.





Fig. 23 - Lago San Raniero: particolare della diga.  
- *S. Raniero lake: the little dam.*



Fig. 24 - Lago San Giovanni, a) e b): vedute panoramiche degli argini artificiali lungo le sponde.  
- *S. Giovanni Lake, a) and b): view of embankment along the banks.*



Fig. 25 - Il Lago San Giovanni: ortofoto.  
- *S. Giovanni Lake: ortophoto.*

(lago di San Giovanni e lago di San Raniero) e della costruzione della canalizzazione a scorrimento.

Il lago occupa il fondo di una cavità scolpita nelle arenarie limitata da pareti ripide. All'estremo nord è presente un piccolo emissario alimentato da una sorgente al contatto fra le arenarie e i calcari. La portata potrebbe essere giustificata con una alimentazione dovuta ad una falda o ad una sorgente sub-laquale (ALMAGIÀ, 1910).

Le dimensioni del lago sono: superficie 3,14 ha; circonferenza (max piena) 730 m; volume (max piena) 410.000 mc; volume (condizioni normali) 280.000 mc.

La profondità del lago è scarsa; lo stesso viene periodicamente interrato dai detriti che le acque di scorrimento superficiale asportano dalle dorsali circostanti.



### 2.5.2.2. - L'area di S. Demetrio ne' Vestini

L'abitato di S. Demetrio ne' Vestini è ubicato, sulla sinistra orografica del Fiume Aterno, su di una blanda dorsale ad andamento appenninico, costituita per lo più da Calcari cretacici (Calcari ciclotemici a Gasteropodi) e miocenici (Calcari a briozoi e litotamni) (figg. 26, 27). Nell'area dell'abitato, in particolare, affiorano depositi quaternari (appartenenti ai sintemi di Aielli-Pescina e Catignano) alluvionali e lacustri, che coprono con depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, di spessore variabile, il substrato. Alcuni sistemi di faglie ad andamento appenninico ribassano la dorsale verso l'Aterno. Sistemi trasversali creano un particolare motivo a blocchi.

L'esistenza di varie dislocazioni tettoniche nella media valle dell'Aterno è segnalata da dislocazioni nei sedimenti lacustri di S. Demetrio e S. Nicandro, tra l'Aterno e Barisciano, con la sommità dei sedimenti lacustri da quota 600 a quota 830 e una pendenza non di certo originaria dei sedimenti. Inoltre, alcune caratteristiche riscontrate nel reticolo idrografico portano a pensare ad un sollevamento della dorsale nella zona di Barisciano. All'interno della valle, la giacitura delle superfici ed i rapporti che intercorrono tra i vari lembi di successione stratigrafica hanno permesso

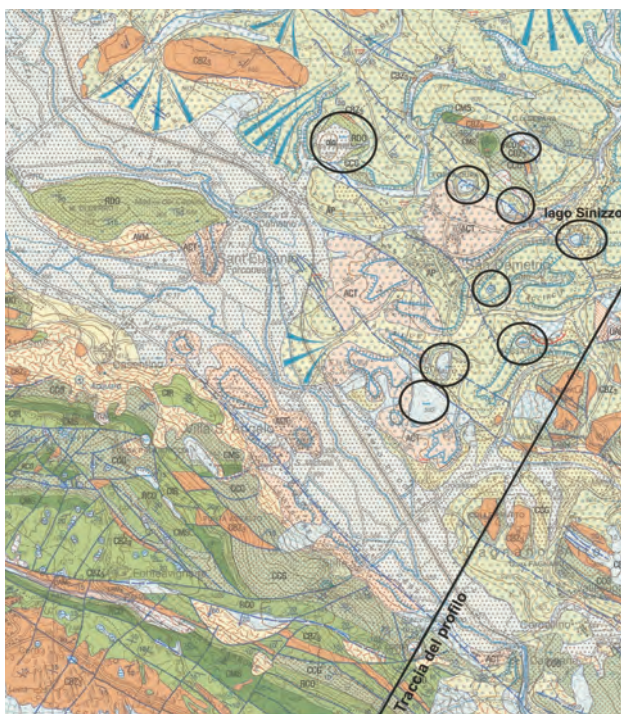


Fig. 26 - Carta Geologica dell'area di S. Demetrio: CCG calcari ciclotemici a gasteropodi; CBZ3 calcari a briozoi e litotamni; AP supersintema di Aielli - Pescina; ACT sintema di Catignano.

- S. Demetrio Geological map: CCG gasteropods limestones; CBZ3 bryozoan and lithothamnium limestones; AP Aielli - Pescina supersystem; ACT Catignano system.

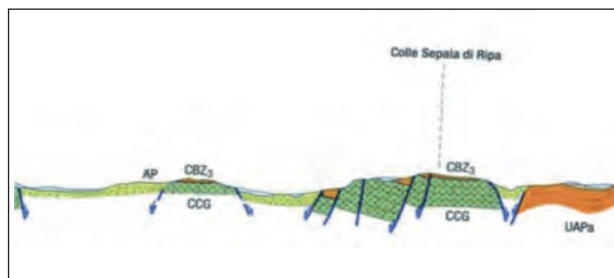


Fig. 27 - Profilo dell'area di S. Demetrio all'altezza di Fagnano.  
- S. Demetrio-Fagnano geological profile.

di individuare una serie di dislocazioni con direzione appenninica, con piani da subverticali a fortemente inclinati verso SO.

Le più importanti ed evidenti sono le faglie dell'Annunziata, di S. Demetrio e del Lago Sinizzo che danno origine a una struttura a gradinate, rialzata verso NE (fig. 28).

La faglia di S. Demetrio è identificabile tra l'abitato e la località Costa Ferro, con un rigetto di circa una decina di metri, e si prolunga probabilmente verso NO fino, almeno, all'altezza di Fossa Prinesca.

L'esistenza della faglia del Lago Sinizzo è provata dal brusco contatto laterale tra i "limi calcarei di S. Nicandro" ed i conglomerati che costituiscono la zona posta a SO. Il rigetto complessivo ammonta a circa 120-140 metri all'altezza della chiesa di S. Croce per poi arrivare ad 80 metri nella zona tra il lago Sinizzo e la strada S. Demetrio - S. Nicandro.

L'area di S. Demetrio ne' Vestini è nota per i fenomeni carsici epigei e ipogei; questi ultimi, in particolare, costituiscono una importante attrazione turistica come ad esempio le grotte di Stiffe.

Nei pressi di S. Demetrio sono state individuate diverse forme sub-circolari in aree di pianura, non poggianti direttamente sul substrato carbonatico (Fossa Cupa, Fossa di Ripa in figure 29, 30). Grandi cavità sub circolari si rinvenivano nei pressi di località Collarano. Solo una depressione è allagata e corrisponde al Lago Sinizzo (figg. 31, 32).

#### Il Lago Sinizzo

Il Lago Sinizzo è situato ad ovest dell'abitato di San Demetrio ne' Vestini, a 740 m s.l.m. in località Valle dell'Inferno (fig. 31). Alcuni interventi antropici e in particolare la costruzione di uno sbarramento, ne hanno incrementato il livello originario che doveva essere di circa 7 metri.

Nel sedicesimo secolo il lago veniva usato per la macerazione della canapa e del lino, ma le sue acque venivano utilizzate anche a scopo idrico e incanalate in un acquedotto i cui resti erano ancora

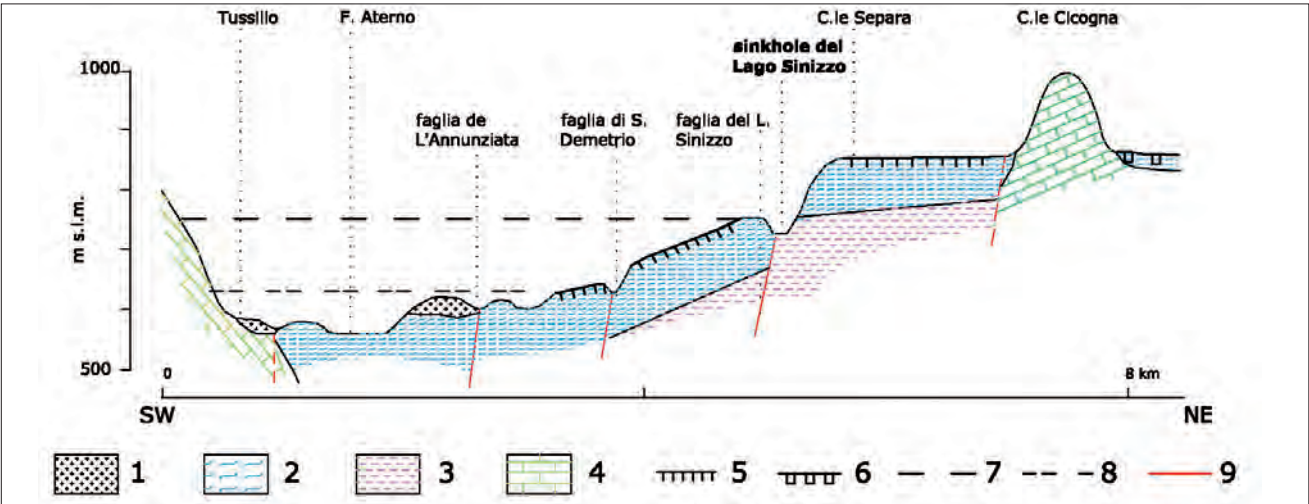


Fig. 28 - Sezione geologica schematica delle dislocazioni quaternarie (da BOSI & BERTINI, 1970, mod.) Legenda: 1) Complesso fluvio-lacustre superiore; 2) Conglomerati di Fossa dell'Inferno; 3) limi calcarei di S. Nicandro; 4) calcari cretatici; 5) "Superficie di V. Daria"; 6) Superficie di "Ansiondia"; 7) posizione della Superficie di V. Daria; 8) terrazzo; 9) faglie.

- Geological cross section of quaternary dislocation (from BOSI & BERTINI, 1970, mod.). Legend: 1) fluvial and lacustrine higher Complex; 2) Fossa dell'Inferno conglomerate; 3) S. Nicandro calcareous mud; 4) cretaceous limestones; 5) V. Daria Surface; 6) "Ansiondia" Surface; 7) ubication of V. Daria Surface; 8) terrace; 9) faults.

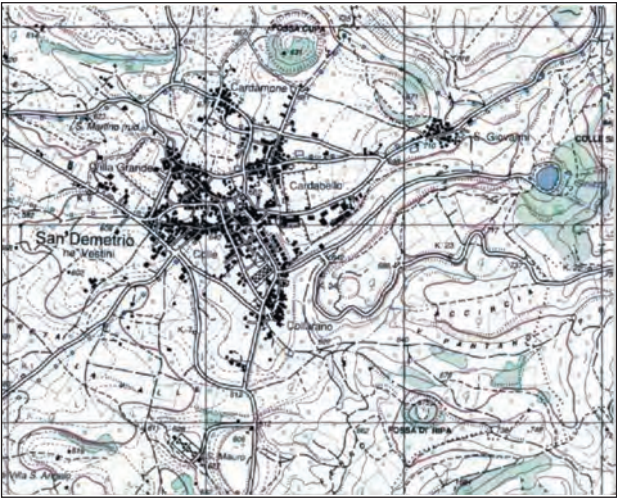


Fig. 29 - Stralcio topografico dell'area di S. Demetrio: sono presenti numerose forme sub-circolari su depositi alluvionali a granulometria variabile, talvolta terrazzati.

- S. Demetrio area topographic map: several sub-circular shapes develop on alluvia l sometimes terraced deposits.

visibili nel diciottesimo secolo. Nel 1974 il bacino è stato in parte svuotato. Una piccola sorgente posta nelle vicinanze del lago riversa le acque nel bacino, grazie a una piccola opera di canalizzazione; la portata è oramai diminuita drasticamente, con un minimo storico di 0.02 l/s nel luglio 1975.

La forma del lago Sinizzo è sub-circolare (figg. 33, 34), con un indice di sinuosità pari a 1.02 (TETÈ *et alii*, 1984).

Il perimetro misura 395 metri; la superficie misura 11822 m<sup>2</sup> ; il diametro medio è di 122 m; la profondità massima misurata è 9.80 m e il volume è di 66627.14 m<sup>3</sup>. Le pareti dell'invaso risulta-

no maggiormente ripide nel settore occidentale e in quello settentrionale, meno ripide altrove.

Riguardo l'origine del Lago Sinizzo, ALMAGIÀ (1910) ipotizza che il bacino abbia una natura carsica riferendo che "il piccolo lago di San Raniero presso Civita di Bagno è dovuto ad uno sprofondamento avvenuto nel 1352 o nel 1353, ed origine simile hanno probabilmente il vicino lago di San Giovanni e il Lago Sinizzo presso San Demetrio; tutti e tre sono doline alluvionali, del genere di altre asciutte che si trovano nei dintorni di San Demetrio ed altrove".

MARINI (1976) sostiene invece che il lago Sinizzo è originato da una piccola risorgenza ed è annidato in un affossamento di argilla lacustre quaternaria (fig. 35).

I parametri chimico fisici rilevati nelle acque sono mostrati in tabella 3.

Tab. 3 - Parametri chimico - fisici misurati al Lago Sinizzo.

- Sinizzo Lake chemical-pyisical parameters.

Temperatura	15.7°C
Conducibilità	366 µσ/sec
eH	85 eV
pH	7.24
Bicarbonati	189 mg/l





Fig. 30 - Ortofoto dell'area di S. Demetrio.  
- *S. Demetrio area ortophoto.*

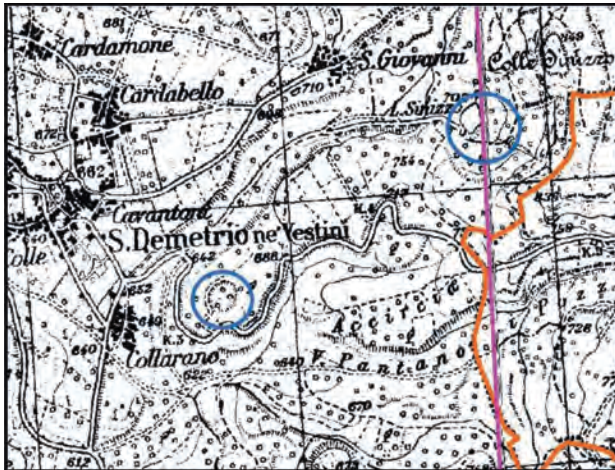


Fig. 31 - Stralcio della tavoletta 1:25,000 con l'ubicazione del Lago Sinizzo e del lago di località Collarino.  
- *Topographic map (scale 1:25,000) with Sinizzo Lake and Collarino Lake ubication.*

### *Altri sprofondamenti*

Nei pressi della frazione di Collarano è ubicata una depressione di forma sub-circolare in parte ricolmata e delimitata da alberi (fig. 36, 37). Il dislivello dell'area rispetto al piano campagna è di qualche metro. La cavità si apre su di un terrazzo alluvionale costituito da ghiaia e sabbia.

Nell'area di S. Demetrio ne' Vestini, sono state individuate altre cavità di forma sub-circolare ricolmate, presumibilmente artificialmente, ubicate su depositi alluvionali o su terrazzi in terreni a granulometria prevalentemente fine, quali argille limose cui si intercalano orizzonti o lenti di ghiaie e sabbie.

Queste depressioni, denominate Fossa del Monte, Fossa Cupa (fig. 38), Fossa Prinesca (fig. 39), Fossato del Monte, Fossa di Ripa, Cardabello,

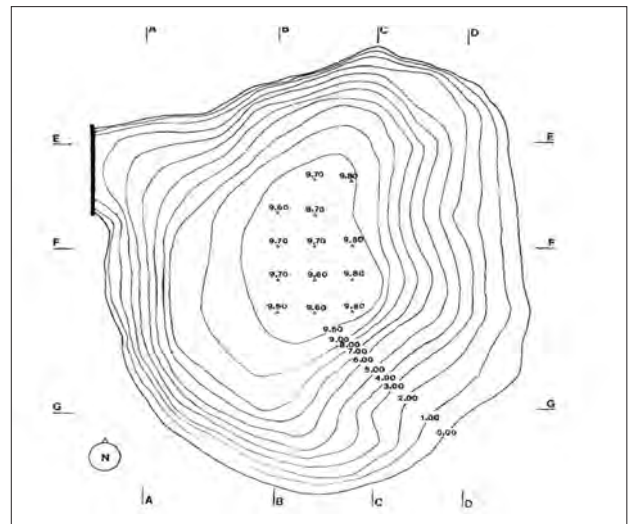


Fig. 33 - Carta planimetrica e batimetria del Lago Sinizzo, da TETÈ *et alii* (1984).  
- *Sinizzo Lake planimetry and bathimetry, from TETÈ et alii (1984).*



Fig. 32 - Panoramiche del Lago Sinizzo. - *Lake Sinizzo views.*

presentano valori del diametro non inferiori ai 100 m (tab. 4). Lo spessore dei depositi alluvionali, non stimato con precisione per ogni singola cavità, è comunque sempre superiore ad almeno 30 m.

Tab. 4 - *Diametro di alcune cavità presso S. Demetrio ne' Vestini.*

- Diameter of some cavities near S. Demetrio ne' Vestini.

Toponimo	Diametro (m)
Fossa Ripa	140
Campo di Cantra	420
Fossa Cupa	275
Cardabello	240
Fossa del Monte	170
Collarano	110
Fossa Prinesca	460



Fig. 34 - Lago Sinizzo: ortofoto.  
- Ortophoto view of Sinizzo Lake.



Fig. 35 - Sorgente perenne del Lago Sinizzo.  
- Sinizzo Lake perpetual spring.

### 2.5.2.3 - L'area di S. Pio delle Camere

L'abitato di S. Pio delle Camere sorge alle pendici del Monte Gentile (830 m s.l.m.); il nome del borgo, risalente al XIII secolo, ha origine dalle numerose, piccole grotte presenti nel territorio circostante.

Dal punto di vista geologico la dorsale è rappresentata da Calcari giurassici e cretacei (Calcari a echinodermi e coralli, Calcari a ellipsactinie, Calcari a clasti neri e gasteropodi), su cui poggiano le coperture quaternarie (Supersintema di Aielli-Pescina Sintema di Valle Majelama). Sulla destra idrografica del fiume sono sviluppate le alluvioni terrazzate e i depositi lacustri (fig. 40).

I fenomeni di sprofondamento sono noti nell'area, in tempi recenti si sono aperte due voragini di piccolo diametro (6-10 m) di cui una ha interessato il centro urbano in Via 24 maggio.

I depositi alluvionali di questo tratto di valle presentano spessori elevati (oltre 130 m in sondaggio) e granulometria prevalentemente argillosa. Questo tratto di valle risulta, inoltre, molto ricco di sorgenti e pozzi perenni, che sono allineati e distribuiti lungo tutta la valle in prossimità del Monte Buscito e del Monte Castellone.

Nella piana del fiume, lungo la S.S. 87 dell'Appennino Abruzzese ed Apulo Sannitico, sono state individuate tre depressioni sub circolari, denominate, da nord verso sud: il Lago, Mad.<sup>na</sup> Cinturelli e il Pantano.

Il lago, per un periodo di tempo, è stato asciutto ed in via di colmamento; è ubicato all'altezza del km 60 della s.s. 87 (figg. 41,42). Attualmente allagato ha profondità di circa 2 m e forma circolare. I dati relativi ad alcuni sondaggi effettuati nelle vicinanze, indicano la presenza, a partire dal p.c. di una sequenza di argille grigie sovraconsolidate con intercalazioni marnose, dello spessore di oltre 100 m. Il substrato carbonatico non è stato raggiunto in sondaggio, ma si attesta a una profondità ancora maggiore.

La polla di località Madonna Cinturelli (fig. 43) è di piccole dimensioni (diametro 20 m), ubicata al centro della piana alluvionale al di sopra di potenti spessori di sedimenti alluvionali, ed è ormai quasi estinta.

Infine, il piccolo lago del Pantano presenta forma sub-circolare ed è ubicato lungo la S.S.87 in prossimità del km 64 (fig. 44). Attualmente presenta profondità dal bordo di pochi metri e diametro di 40 m circa. Gli abitanti ricordano la presenza in passato di una scarsa lama d'acqua all'interno, non superiore al metro. La litologia dei sedimenti e la struttura geologica dell'area sono le stesse delle altre cavità indagate.





Fig. 36 - Collarano: stralcio topografico della tavoletta IGM in scala 1:25.000 e ortofoto.  
- Collarano: topographic map (scale 1:25,000) and orthophoto view.



Fig. 37 - Panoramica dell'interno della cavità di Collarano.  
- Collarano cave inside view.

### 2.5.3. - La Bassa Valle del Fiume Aterno - La conca di Raiano-Sulmona

Nella porzione meridionale del proprio corso, il fiume Aterno, prima della confluenza con il Sagittario, si immette nella conca di Raiano-Sulmona, depressione di forma quadrilatera (figg. 2, 45, 46).

Lungo il bordo occidentale della conca affiorano prevalentemente successioni di bacino prossimale. Nell'area di Prezza invece, che costituisce un rilievo isolato al centro della depressione, la successione è composta da *litofacies* marginali a scarpata e, superiormente, da depositi miocenici di rampa da prossimale a distale (fig. 45).

La parte occidentale della piana ed i versanti tra Raiano e Prezza sono interessati da un sistema di faglie normali antitetiche, che continua a sud



Fig. 38 - Fossa Cupa: stralcio topografico I.G.M. (scala 1:25.000) e ortofoto.  
- Fossa Cupa: topographic I.G.M. map (scale 1:25,000) and orthophoto view.









Fig. 41 - Località "Il Lago": panoramica e ortofoto.  
- "Il Lago": general view and orthophoto.

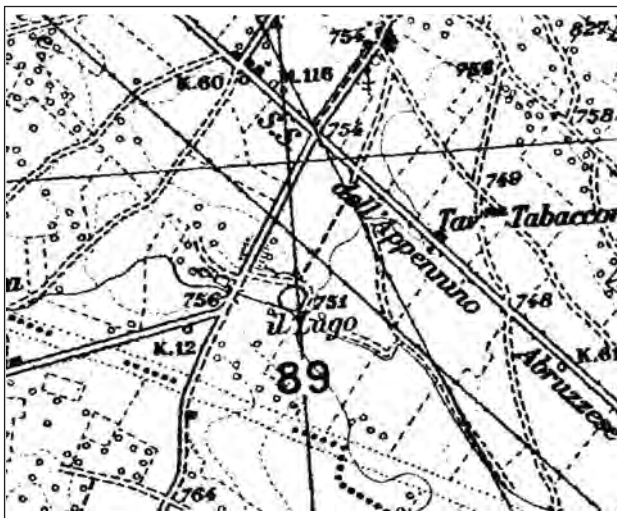


Fig. 42 - "Il Lago": stralcio topografico I.G.M. in scala 1:25.000.  
- "Il Lago": I.G.M. topographic map (scale 1:25.000).

scambio tra gli acquiferi fratturati delle dorsali e l'aquifero multistrato della piana.

#### *Gli sprofondamenti nell'area di Raiano - Prezza*

L'area di Raiano-Prezza è l'area suscettibile ai fenomeni di sprofondamento, più meridionale lungo la valle del fiume Aterno, prima della confluenza con il Fiume Sagittario. In questa area il F. Aterno si immette nella conca di Raiano-Sulmona.

La piana è bordata da versanti con chiari indizi di tettonica recente, faccette triangolari e trapezoidali; la presenza di una faglia ad andamento NE-SO a carattere distensivo, (N150 con immersione a SO) è evidente lungo la sinistra orografica. Il versante di faglia, con rigetto di centinaia di metri, presenta evidenti forme di tettonizzazione, elevato grado di fratturazione e cataclasizzazione. Anche il versante posto in destra idrografica è

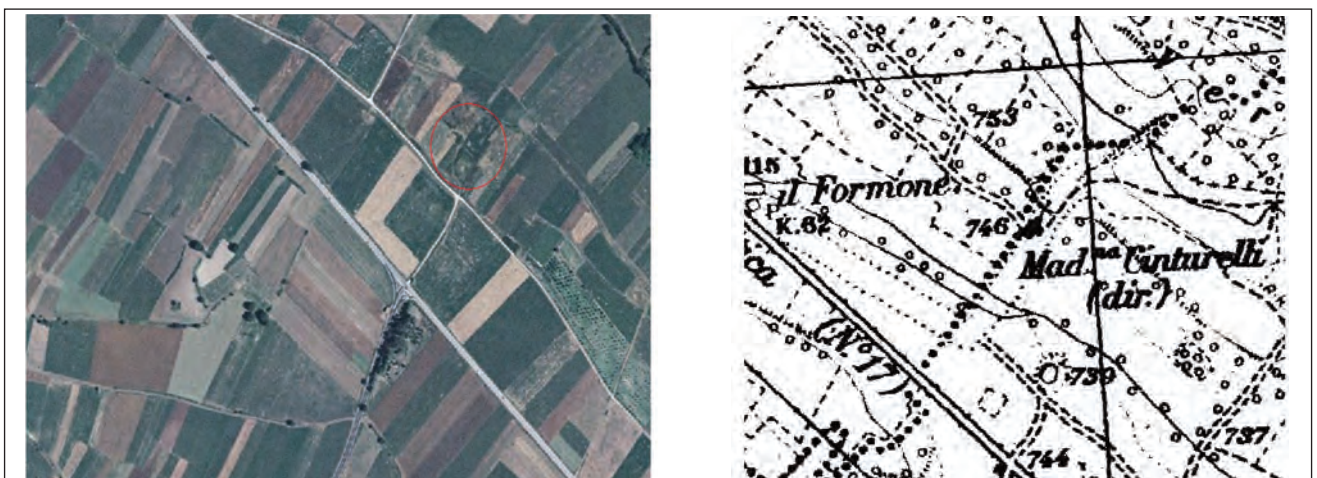


Fig. 43 - Cavità presso Madonna Cinturelli: ortofoto e stralcio topografico.  
- Madonna Cinturelli: orthophoto and topographic map.



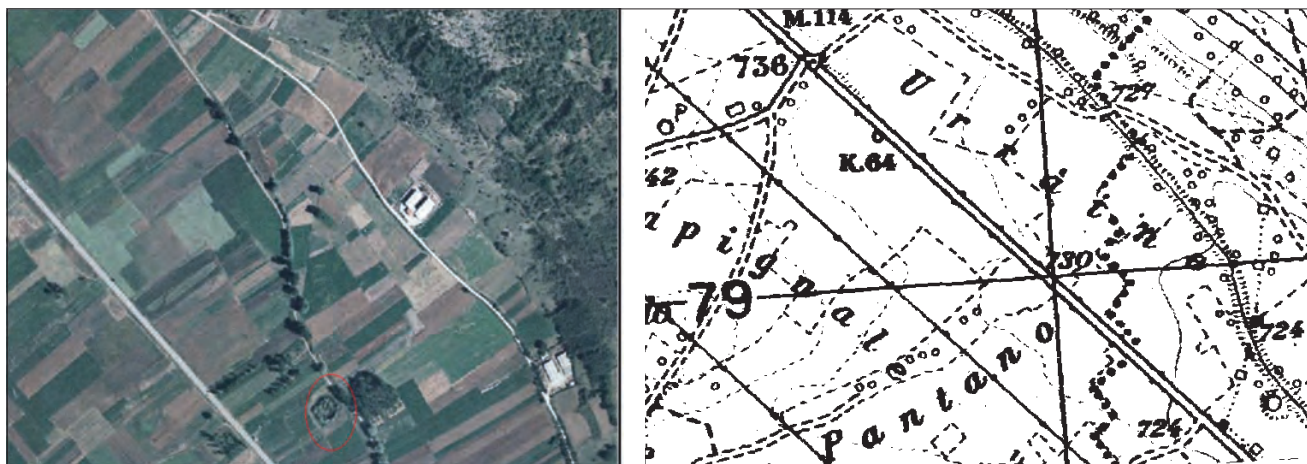


Fig. 44 - Cavità denominata il Pantano: ortofoto e stralcio della tavoletta topografica.  
- Il Pantano: ortophoto and topographic map.

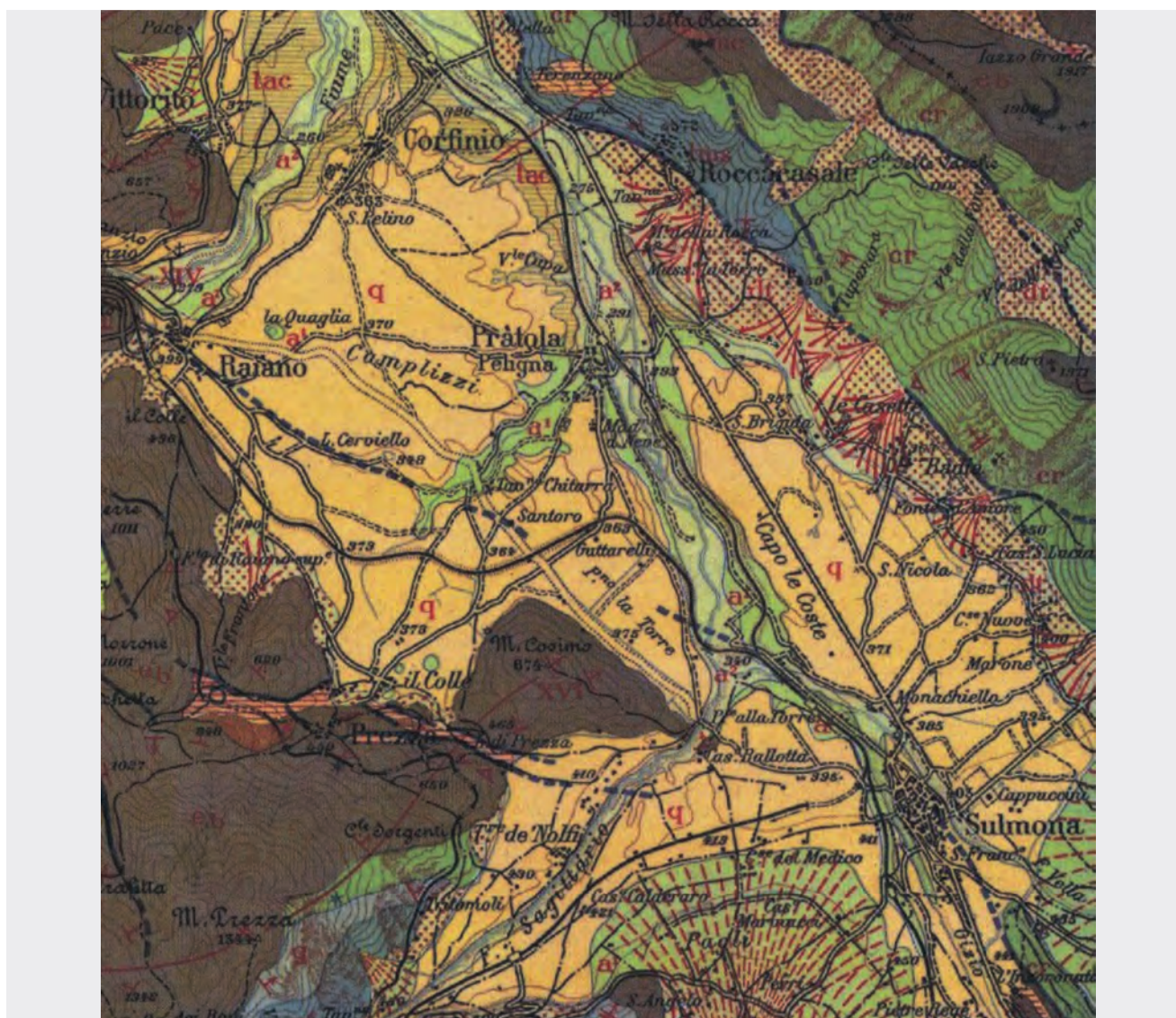


Fig. 45 - Stralcio del Foglio Geologico 146 Sulmona (1942) scala 1:100,000; in rosso probabile linea tettonica che attraversa la piana e che intercetta i fenomeni di sinkholes.  
- Sketch of Sulmona geological paper (1942) scale 1:100,000; a probably tectonic structure cross the plain and intercepts sinkhole area.



stato interessato da tettonica recente, ben evidenti sono le forme tettoniche e strutturali.

In quest'area sono presenti forme sub-circolari depresse e allagate, e forme asciutte in via di estinzione o estinte (ricolmate). Tali cavità sono

concentrate nella porzione occidentale e sud-occidentale della conca e sembrano allinearsi lungo una lineazione, ad andamento appenninico che attraversa la piana nella sua porzione centro occidentale, sepolta di depositi quaternari (fig. 46).

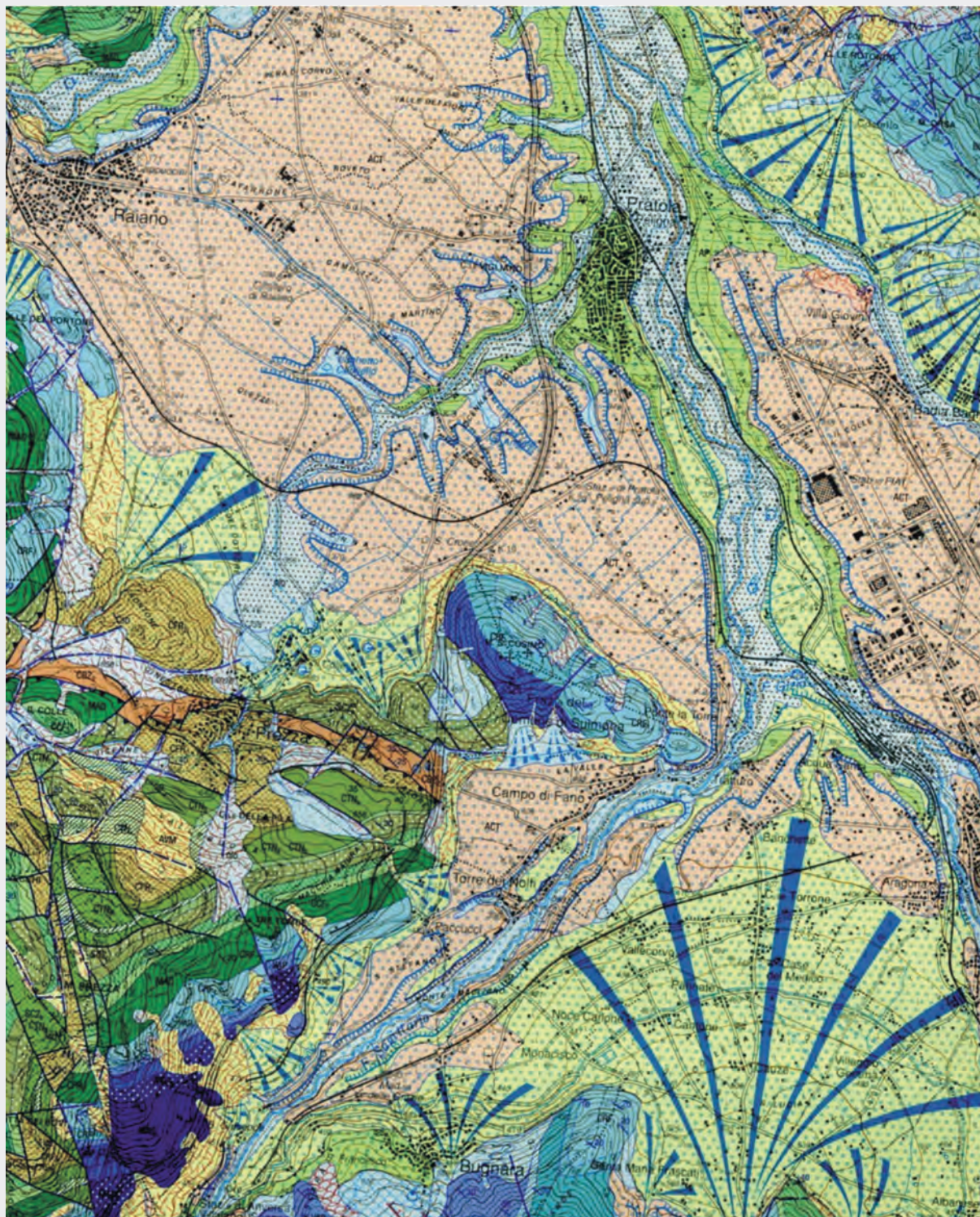


Fig. 46 - Carta Geologica dell'area di Raiano-Prezza. Dal Foglio Sulmona in scala 1:50,000.  
- Sketch of Sulmona Geological paper (scale 1: 50,000): the Raiano-Prezza area.



Queste forme erano presenti negli anni '30; alcune si sono estinte tra gli anni '60 e '70 del secolo scorso. Il diametro è compreso tra i 120 m e i 30 m (tab. 5). Da nord a Sud possono essere individuate il Lago la Quaglia, il Lago Cerviello, Il Ponte del Pozzo, le tre fosse di Prezza, una cavità più piccola senza nome, la Fossa di Compli.

Tab. 5 - *Diametro delle cavità dell'area di Raiano-Prezza.*

- Raiano-Prezza area cave diameter.

Cavità	Diametro (m)
Lago La Quaglia	124
Ponte del Pozzo	38
Fossa di Compli	50
Fossa Il Colle	80
Fossa Morice	91
Fossa Senza Nome	30
Fossa Chiarelli	86
Piccolo lago Cerviello	80

#### *Il Lago La Quaglia*

Il lago La Quaglia (fig. 47) si è originato in seguito ad un evento di sprofondamento disastroso, il cui ricordo è ancora vivo nella memoria storica dei luoghi, anche se la data di formazione non è nota con certezza.

Secondo alcune fonti si è probabilmente originato nella seconda metà del XV secolo, in seguito ad un terremoto.

A sostegno di questa tesi si riporta quanto scrive lo storico ANTINORI (1841): *“furono dei terremoti in Abruzzo a dicembre 1456. S'aprì la terra presso Raiano ed uscì un lago da quella voragine”*.

L'Autore scrive inoltre: *“poco lungi dall'Aterno, vicino questa terra è un lago denominato Quaglia, le cui acque sono medicinali, delle quali dovevano servirsi gli antichi Corfiniesi, essendosi talora scoperte alcune antiche fabbriche stimate portici per comodo di coloro che si servivano delle acque per rimedio delle loro infermità. È di figura rotonda e prima di giungere all'acqua si scende ad una piccola valle, nel cui fondo è il lago. Nel medesimo territorio più vicino all'Aterno vi è una fonte di acque solfuree di meravigliosa virtù”*.

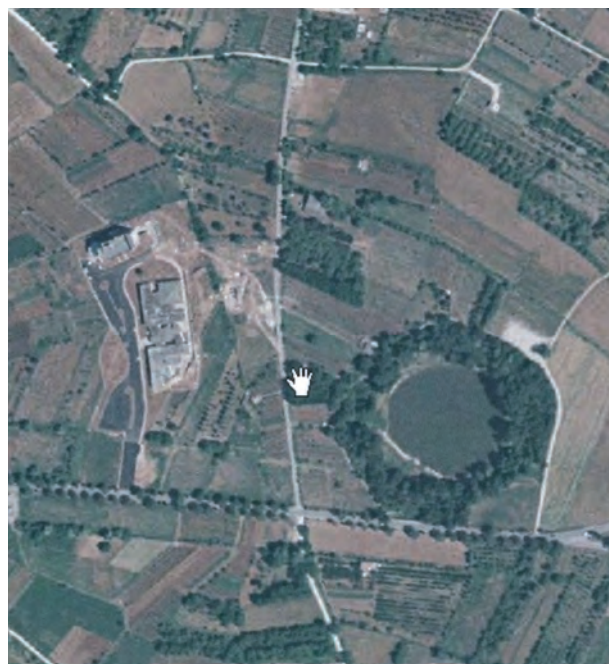


Fig. 47- Lago La Quaglia: ortofoto.  
- La Quaglia Lake: ortophoto.

Si registra anche a Raiano una leggenda legata al culto di S. Anna che narra di un tragico evento in cui persero la vita dei contadini i quali osarono trebbiare nel giorno di festa. Per il non rispetto di una precisa norma che impone di non poter lavorare nel “tempo sacro”, i raianesi, nel racconto leggendario, sprofondarono assieme ai propri animali nelle viscere della terra, inondati dalle acque che così diedero origine a un piccolo lago denominato “La Quaglia”. Da allora la popolazione locale non si bagna nel lago il giorno dedicato a S. Anna.

Tale leggenda (poiché la festività di S. Anna ricorre il 26 luglio) appare in contraddizione con la data (dicembre) attribuita da ANTINORI (1841). Tuttavia, un terremoto ha colpito l'Abruzzo il 26 luglio, ma solo alcuni secoli dopo, nel 1805. Si tratta del terremoto del Matese del 26/7/1805 che ha causato molti danni nel Molise e nella Campania, ma del quale non si registrano effetti rilevanti presso Raiano. Altre fonti riportano la data del 1707 facendo anche in questo caso riferimento ad una scossa sismica (un terremoto è stato registrato nell'area il 3 novembre 1706).

La cavità che ospita il lago ha un diametro di 124 m (fig. 48), profondità massima di 9 m e morfologia tronco-conica (fig. 49). In tabella 6 sono riportati i principali parametri chimico-fisici delle acque del lago. Il piccolo lago poggia sulle alluvioni del F. Aterno, costituite da orizzonti di sabbie e ghiaie prevalenti cui si intercalano in profondità strati di argille.





Fig. 48 - Lago La Quaglia: panoramica.  
- *La Quaglia Lake: general view.*

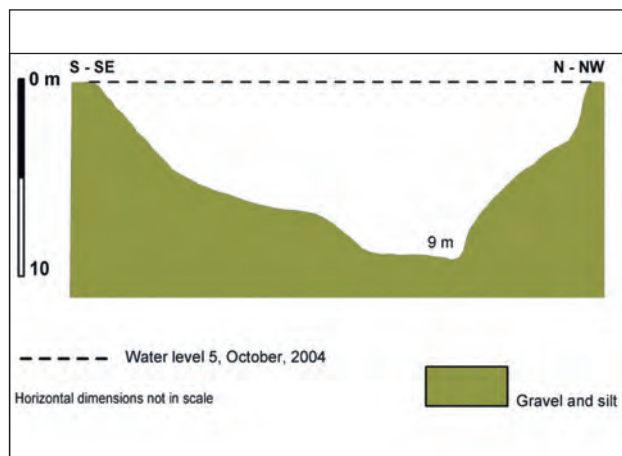


Fig. 49 - Ricostruzione batimetrica della cavità del lago La Quaglia.  
- *La Quaglia lake: bathymetry.*

Tab. 6 - *Parametri chimico - fisici misurati al lago La Quaglia e a Fossa Morice.*

- La Quaglia and Fossa Morice lakes: chemical-  
pyisical parameters.

Toponimo	pH	eH	Cond	T mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Li mg/l	F mg/l	Br mg/l	NO <sub>2</sub> mg/l
Pozzone 1	6,91	213	318	18,3	46,88	1,73	7,7	3,63	7,61	10,3	6,15	1,44/50
Pozzone 2	6,75	270	456	23,2	79,95	11,65	7,67	8,41	6,17	9,16	3,74	2,24/50

Lo spessore massimo stimato dei depositi grossolani è di 50-60 m (MICCADEI *et alii* 1998); lo spessore dei sedimenti fini risulta incerto. Il tetto del substrato al di sotto del lago dovrebbe essere molto profondo (500 m secondo alcune stime gravimetriche). I dati di sondaggio disponibili, ubicati presso l'abitato di Raiano, e quindi a più di un km di distanza dal lago e molto più prossimi alla dorsale carbonatica, hanno registrato il substrato a 80 m. Nell'area di Raiano sono presenti numerose emergenze di acque mineralizzate (solfureo bicarbonato-solfato calciche) che oggi vengono sfruttate in centri termali terapeutici, come la sorgente solfurea (la "Solfa") e quella ferruginosa, che si trovano poco a valle della Gola di S. Venanzio.

#### *Altri sprofondamenti*

A poca distanza dal lago La Quaglia è ubicato, sulle carte topografiche, un altro piccolo lago, il lago Cerviello (fig. 50). Esso è attualmente estinto, ma era riportato nel 1942; l'area è oggi occupata da vegetazione arbustiva. L'estinzione è avvenuta dopo gli anni '60, poiché il lago viene riportato ancora su molte carte topografiche di quegli anni.



Fig. 50 - Il Lago Cerviello: ortofoto e stralcio della tavoletta topografica in scala 1:25.000.  
- *Cerviello lake: ortophoto and topographic map (1:25,000 scale).*

Nei dintorni dell'abitato di Prezza sono presenti altre tre depressioni di forma pressoché circolare (fossa de Il Colle, fossa Morice, fossa Chiarelli (figg. 51, 52)) con diametro compreso tra gli 80 e i 90 m, di cui solamente fossa Morice e fossa Chiarelli presentano acqua all'interno.

La fossa de il Colle (fig. 54), è la più vicina alla dorsale carbonatica (fig. 53) e si presenta ormai asciutta; nelle vicinanze è presente un fontanile ancora attivo.

La fossa Morice è circondata da una fitta vegetazione palustre costituita prevalentemente da canne (fig. 55).

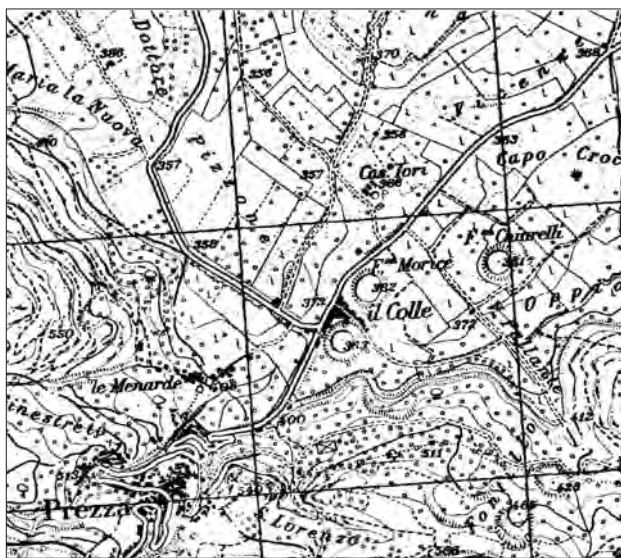


Fig. 51 - Ubicazione delle Fosse di Prezza. Stralcio della tavoletta 1:25.000.  
- Fosse di Prezza: topographic map (1:25.000 scale).



Fig. 52 - Fosse di Prezza: ortofoto.  
- Fosse di Prezza: orthophoto.

Poco a nord di Prezza, lungo lo stesso allineamento, è presente una cavità ormai estinta chiamata il Pozzo (fig. 56); in tale cavità era presente acqua sino ai primi decenni del 1900.

La più meridionale delle forme è la Fossa di Compli (fig. 57) prossima all'abitato di Sulmona. La Fossa di Compli, ormai estinta, era asciutta già nei primi decenni del 1900. La cavità è ubicata a nord di un ampio conoide alluvionale che è alimentato dal versante meridionale della valle.

Una ulteriore area suscettibile a fenomeni di sprofondamento, relativamente alla quale gli studi sono ancora in corso, è la piana del Campo Valentino presso Molina Aterno (figg. 58, 59), poco a nord di Raiano. Nella piccola piana tettonica sono presenti alcune importate emergenze che alimentano il lago del Barone, e, poco più a nord, sono presenti un piccolo lago di forma sub-circolare (il Pantano) ed una piccola cavità posta su di una conoide alluvionale a quota 483 m s.l.m.

## 2.6. - ANALISI E CONSIDERAZIONI

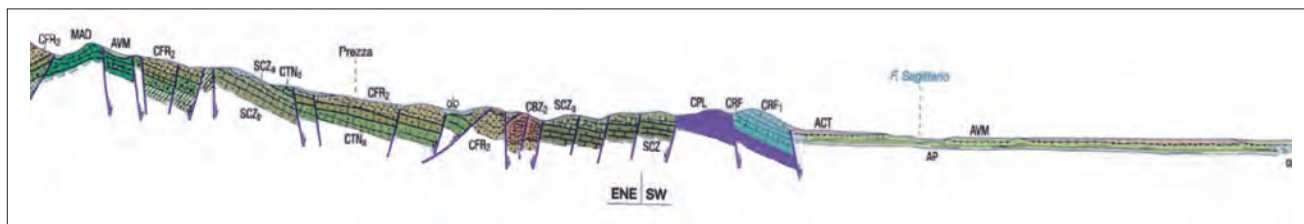
La valle del Fiume Aterno è una valle di origine tettonica, bordata da faglie ad andamento appenninico appartenenti ad una lineazione strutturale che si estende da Pizzoli a Prezza (AQ) per circa 70 chilometri. Il corso d'acqua scorre attraverso una successione di conche, anch'esse di origine tettonica, dalla forma geometrica regolare, formatesi in corrispondenza dell'incrocio con sistemi di faglie trasversali.

L'area è stata interessata da alcuni grandi eventi sismici in epoca storica, tra cui i terremoti appenninici del 1349, 1456 e del 1703.

La valle principale e le conche tettoniche attraversate sono state colmate da potenti spessori di depositi fluvio-lacustri, in prevalenza costituiti da argille, limi e sabbie, in cui si intercalano livelli ed orizzonti ghiaiosi; in prossimità dei versanti sono invece presenti estesi conoidi alluvionali e alluvioni terrazzate disposte in vari ordini. Il substrato carbonatico risulta ribassato da sistemi di faglie dirette, alcune decine di metri al di sotto dell'alveo del fiume. All'interno dei depositi continentali sono presenti falde multistrato, alcune in pressione.

Lungo la valle si individuano numerose aree interessate da fenomeni di sprofondamento, spesso descritti nelle cronache storiche. I primi eventi di cui si ha menzione sono relativi all'anno 1352, con la formazione dopo un evento catastrofico, del lago S. Raniero. Successivamente sembrano essersi formate altre cavità (lago S. Giovanni e lago Sinizzo) allagate poi in breve tempo. Durante il terremoto del 1456, secondo la leggenda locale, potrebbe essersi formato il lago La Quaglia, in





seguito ad uno sprofondamento repentino del suolo. Nelle cronache del terremoto del 1703, invece, è descritta la formazione di una voragine con un getto d'acqua dal basso che arrivò sino all'altezza di un pioppo, presso Pizzoli (fonte del Moro, oggi ricolmata) nonché la formazione di laghi a piccolo diametro. Tutte le altre depressioni, fosse e piccoli laghi sub-circolari censiti (sono decine quelli presenti nell'area) e compatibili con una origine per sprofondamento, sembrano essere precedenti alla fine dell'800 (nella cartografia I.G.M. del 1875 sono riportati quasi tutti).

I fenomeni di *sinkholes* dell'Aterno sono stati attribuiti in passato ad episodi carsici (doline alluvionali o di crollo). L'area, infatti, è nota per lo sviluppo di forme carsiche epigee e ipogee. Tuttavia, una attenta rilettura delle cronache d'epoca, della stratigrafia dei terreni coinvolti e il confronto con altre aree appenniniche con le stesse peculiarità fanno ipotizzare, per alcune di queste, meccanismi anche più profondi, mediante processi di erosione dal basso facilitati da acque aggressive in pressione (NISIO *et alii*, 2007).

Per le cavità presenti presso S. Demetrio, ubicate al di sopra di terrazzi alluvionali, costituiti da sedimenti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, i

meccanismi genetici potrebbero essere di *cover-collapse-sinkhole*; i sedimenti presentano discreta permeabilità ed è possibile un meccanismo di *ravelling*. Altre cavità, quali i laghi Giorgio presso Amiterno, il lago, il Pantano (Presso S. Pio delle Camere) si sviluppano ad una certa distanza dal versante, al centro della piana, su sedimenti a granulometria fine (prevalentemente limi e argille). Anche il lago Sinizzo poggia su argille lacustri. Per tali forme, sarebbero necessari ulteriori approfondimenti, ma si potrebbero ipotizzare meccanismi di formazione legati a processi tipo *deep piping sinkhole*.

L'area più meridionale della valle, alla confluenza con la Piana di Sulmona, presenta forme più prossime al versante (località Prezza) per le quali è possibile ammettere un meccanismo di tipo *cover-collapse* ed altre, Ponte del Pozzo, lago Cerviello (oggi estinto) e lago La Quaglia, che poggiano al di sopra di grandi spessori di copertura a granulometria variabile e si allineano secondo una direttrice ad andamento circa NO-SE che porterebbe a supporre processi più profondi e strettamente connessi ai sistemi di faglie che attraversano la piana. All'interno di tale lineazione potrebbe essere avvenuta in passato





Fig. 56 - Il Pozzo: stralcio della tavoletta topografica I.G.M. (scala 1:25.000) e ortofoto.  
- Il Pozzo: I.G.M. topographic map (1: 25.000 scale) and orthophoto.



Fig. 57 - La Fossa di Compli: ortofoto e stralcio della tavoletta topografica I.G.M. (scala 1:25.000).  
- Fossa di Compli: orthophoto and I.G.M. topographic map (1: 25.000 scale).

(anche in occasione di importanti eventi sismici) una circolazione di fluidi aggressivi ricchi di  $H_2S$ , e  $CO_2$  (sorgenti sulfuree erano presenti presso il lago la Quaglia) che avrebbe favorito la dissoluzione di orizzonti solubili.

### 3. - LA PIANA DEL FUCINO

#### 3.1. - IL LAGO DEL FUCINO

La piana del Fucino è una conca di origine tettonica, con quote comprese tra 649 m e 667 m, delimitata da faglie attive. La sua forma romboidica è il risultato dell'attività tettonica polifasica (dapprima compressiva e successivamente distensiva o trassensiva) che si è protratta dal Miocene al Pliocene (GIRAUDI 1988a,b; SERVA *et alii*, 1988)

con riattivazione degli antichi sistemi compressivi.

Le dorsali carbonatiche che la racchiudono raggiungono altezze tra i 900 e i 2487 m e sono formate da serie carbonatiche di piattaforma e di margine di rampa carbonatica, di età meso-cenozoica, orientate per lo più in direzione NO-SE.

Durante il Quaternario, in seguito al sollevamento generalizzato della regione, l'area centrale del bacino costituiva una depressione occupata da un lago.

Il lago aveva una profondità massima di 20 m circa, alimentato da immissari e da sorgenti sublacuali, non presentava emissario. In epoca romana nel lago si svolgevano alcune rappresentazioni storiche di battaglie navali (Naumachia). Gli imperatori Claudio e Adriano investirono molte risorse (22.500 schiavi, 7500 uomini liberi, il corrispettivo di 250 milioni di lire) per realizzare un



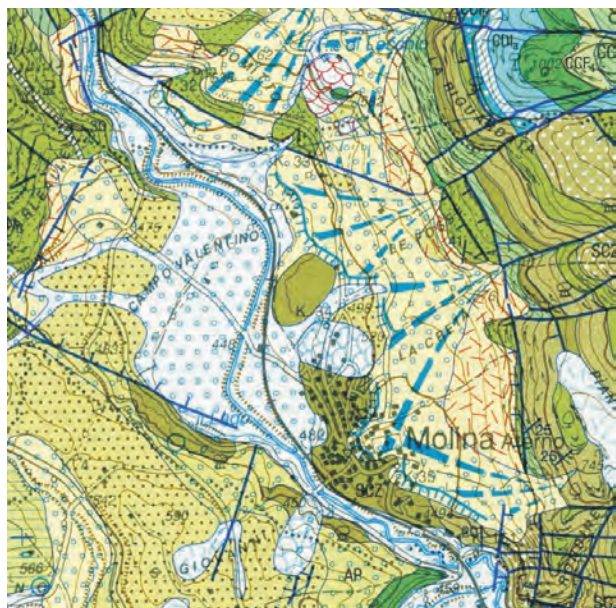


Fig. 58 - Carta Geologica dell'area di Campo Valentino (Molina Aterno). Foglio geologico Sulmona, scala 1:50.000  
- Geological sketch of Campo Valentino area (Molina Aterno). Sulmona paper Geological map (1: 50.000 scale).

emissario e per recuperare terra da coltivare.

Nei secoli successivi il livello del lago subì ripetute oscillazioni: alla fine del 1500 il livello si innalzò inondando alcuni abitati circostanti, per poi arrivare al minimo storico nel 1670. Nel 1783 il livello si innalzò di nuovo di 8 metri per poi decrescere ed aumentare di nuovo nel 1818. Nel 1826 fu riattivato l'emissario romano portando la profondità media del lago a 17,50 m.

Verso la metà del 1800 il Principe Alessandro Torlonia iniziò i lavori di prosciugamento del lago, e nel 1875 si arrivò alla conclusione (figg. 60, 61).

L'opera fu di tale portata per quei tempi che venne paragonata al taglio dell'istmo di Suez. In figura 62 e 63 sono riportate carte dell'epoca quando era presente ancora il lago, e mostrano la sua estensione.

La terra occupata dal lago risultò fertilissima (fig. 64), delimitata ancora oggi da numerose piccole statuette denominate "Madonnine", venne quindi bonificata ed arata con le migliori macchine agricole del tempo; la bonifica fu ultimata in epoca fascista.

### 3.2. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE-GEOMORFOLOGICO

Le formazioni geologiche affioranti sulle dorsali che circondano la Piana del Fucino appartengono alla serie laziale-abruzzese di piattaforma carbonatica interna, di margine e di rampa (figg. 65, 66).

Al di sopra della Corniola poggiano calcari del Giurassico superiore che affiorano a nord del bacino del Fucino. Lungo i versanti orientali e meridionali della conca, invece, prevalgono i calcari cretaci di piattaforma interna e di margine (calcari a coralli e diceratidi, a gasteropodi, requenie, *Salpingoporella*, radiolitidi e bioclastici etc., n° 55 e 63 in figura 65). Nelle porzioni settentrionali e occidentali affiorano litofacies di rampa (in particolare calcari a nummuliti (n° 50) calcari miocenici a briozoi e litotamini (n° 45) con spessori di circa cinquanta metri circa, che passano alle unità argilloso-marnose (n° 35, 37) il cui spessore può essere stimato pari ad un centinaio di metri (fig. 65).

Le forme carsiche lungo i versanti sono ridotte e di piccole dimensioni.



Fig. 59 - La piana di campo Valentino, presso Molina Aterno. Ubicazione del Pantano (a) e ortofoto (b).  
- Campo Valentino plain, Molina Aterno area. Pantano location (a) and orthophoto (b).





Fig. 60 - Panoramica del lago Fucino prima del prosciugamento. Da DE ROTROU & BRISSE (1876) “Dessechement du lac Fucino par le Prince Torlonia, précis Historique e technique”.

- Fucino lake view. From DE ROTROU & BRISSE (1876) “Dessechement du lac Fucino par le Prince Torlonia, précis Historique e technique”.



Fig. 61 - Estensione del Lago nel 1861, allora proprietà dei Torlonia. Da DE FILIPPIS (1893).

- Extension of the Fucino lake in 1861, Torlonia propriety. From DE FILIPPIS (1893).

L'area di piana è stata colmata da una successione di depositi alluvionali e lacustri quaternari e olocenici. Ai bordi del bacino, alimentate dai rilievi calcarei circostanti, sono presenti conoidi alluvionali a ventaglio costituite da sedimenti ghiaiosi, conglomeratici e sabbiosi (GIRAUDI 1988a, b; figg. 66, 67).

Pertanto è possibile individuare una serie di spianate come la Spianata di Pescara, Luco tra Sacco e Ruscella, nonché alcuni importanti conoidi (S. Pelino, Gioia dei Marsi) e la depressione del lago storico. Alcuni Autori riconoscono differenti cicli di sedimentazione (sintemi e sub-sintemi) (ZARLENGA, 1987) con intervallo di sedimentazione che va dal Pliocene sup. all'Olocene.

La sedimentazione all'interno dell'antico lago è discontinua e costituita dai seguenti tipi principali:

- argille, limi torbosi e orizzonti sabbiosi che costituivano la porzione centrale dell'antico lago (Limi del Borgo di Ottomila), in cui possono intercalarsi livelli piroclastici appartenenti al vulcanismo flegreo;

- ghiaie conglomerati e sabbie rappresentati gli estesi conoidi alluvionali, presenti anche ai bordi del bacino.

Nell'area del Fucino sono presenti numerosi elementi ed indizi che testimoniano la presenza di faglie attive (fig. 67).

Alcune faglie rappresentano la prosecuzione in superficie di dislocazioni presenti nel basamento, altre la prosecuzione di importanti strutture che interessano le dorsali circostanti. La direzione



Fig. 62 - Carta geologica del Distretto di Avezzano (1854), dove è possibile vedere l'estensione del Lago del Fucino a metà del 1800. Da MONTANI 1854.

- Geological Map of the Avezzano district; it shows the Fucino lake extension at half of the 1800. From MONTANI 1854.





Fig. 63 - Profilo geologico dell'area del Fucino quando era ancora presente il lago; da MONTANI 1854.  
- Geological profile of the Fucino area when it was there a Fucino lake; from MONTANI 1954.



Fig. 64 - Panoramica della Piana del Fucino, con ubicazione di un piccolo lago, Pozzone 4, ricolmato.  
- Fucino plain view, in the centre was located a little lake, Pozzone 4.

delle linee tettoniche è generalmente appenninica e, subordinatamente, antiappenninica.

Le faglie primarie individuate all'interno della piana (GIRAUDI, 1988a,b) comprendono la faglia di Trasacco, la faglia Venere - S. Benedetto dei Marsi, la faglia di Luco, la faglia di Avezzano-Celano, la faglia di Aielli-Stazione-Celano, la faglia di Corneto. Oltre alle faglie primarie esistono faglie "secondarie" individuate sulla base di osservazioni morfologiche legate alla presenza di modeste depressioni, piccole scarpate e di differenze di quota degli stessi depositi.

Nel 1915 l'area fu interessata dal disastroso terremoto di Avezzano che riattivò i sistemi di faglie bordieri nonché le linee tettoniche trasversali che attraversavano lo stesso bacino (SERVA *et alii*, 1988, GALADINI & MESSINA, 1994; MICHETTI *et alii*, 1996).

In particolare (fig. 68) furono riattivati i sistemi ENE immergenti a SE, la faglia Tre Monti (TMF), e la faglia Avezzano-Celano (ACF); il sistema NO, la faglia di San Benedetto-Gioia dei Marsi, (SBGMF). Il sistema ad andamento NW immergente a SO rappresentato dalle faglie di Ortucchio (OF), la faglia Vallerlonga-Trasacco-Avezzano (TF) (GIRAUDI, 1988a,b; BLUMETTI *et*

*alii*, 1996; GALADINI & MESSINA, 1994).

Recenti studi (GALADINI & MESSINA, 1994), supportati da dati geofisici, affermano che i sedimenti recenti del bacino sono dislocati da alcuni sistemi di faglia, con riattivazioni oloceniche (SERVA *et alii*, 1988; BLUMETTI *et alii*, 1996; GIRAUDI, 1988a, b; MICHETTI *et alii*, 1996; GALADINI *et alii*, 1997) e mostrano la presenza di due sub-bacini separati da un *horst* localizzato nella porzione nord-occidentale della dorsale Vallerlonga-Trasacco. I due sub-bacini possono essere considerati *semi-graben* con faglie principali immergenti a sud-ovest (SBGMF e TF).

Durante il terremoto di Avezzano furono registrati molti effetti al suolo e nella circolazione idrica dell'area: liquefazioni, emissioni di gas ed acque, sprofondamenti (ODDONE, 1915; SERVA *et alii*, 1988; GALADINI *et alii*, 1997).

In questa area, a testimonianza di un'attività tettonica recente, è stata individuata e misurata una cospicua concentrazione di gas del suolo ( $\text{CO}_2$ , He e Rn) di origine profonda proveniente da *reservoir* risalenti attraverso le faglie che interessano la copertura quaternaria (CIOTOLI *et alii*, 1998).



Fig. 65 - Stralcio della Carta delle Litofacies; da ACCORDI *et alii*, 1988.  
- Lithofacies geologic map; from ACCORDI *et alii*, 1988.



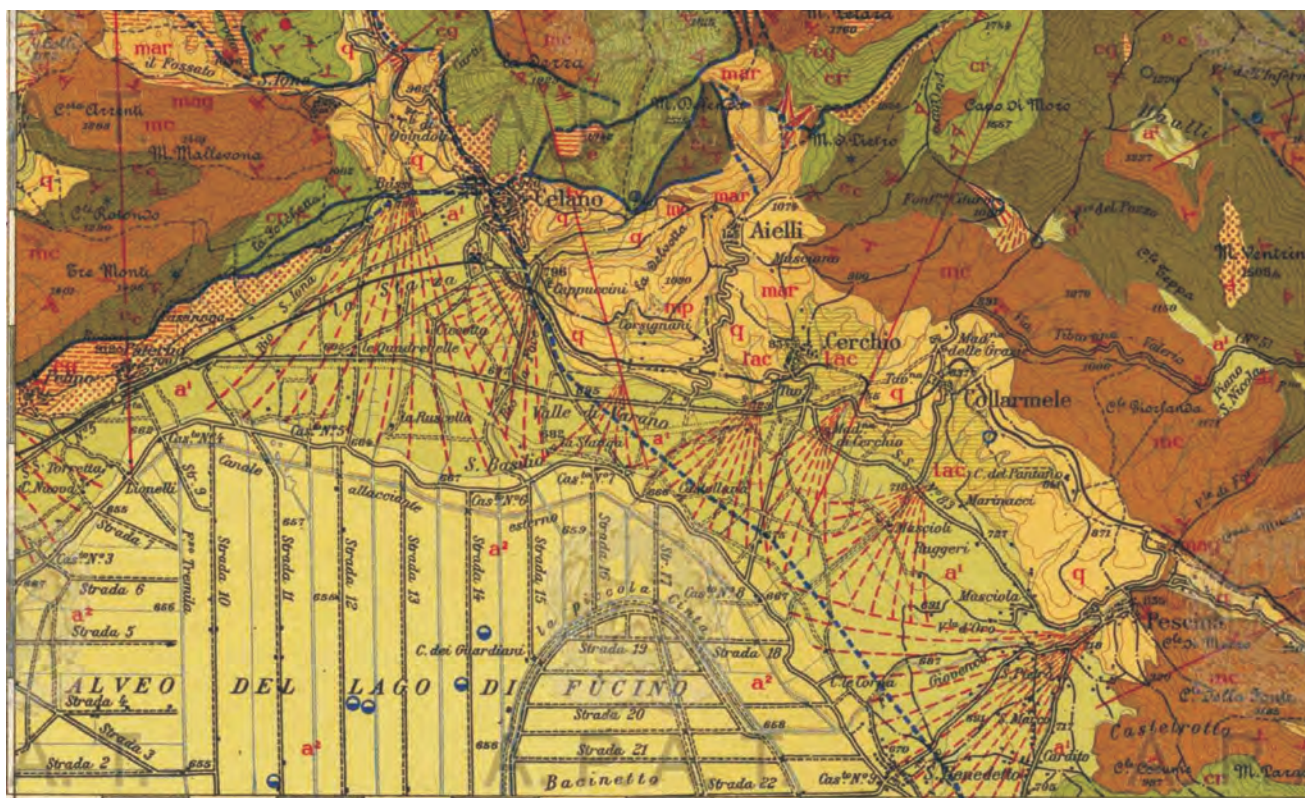


Fig. 66 - Stralcio del Foglio Geologico Sulmona (anno 1942) scala 1:100,000 in cui è possibile individuare all'interno del bacino del Fucino la presenza di sorgenti minerali.  
- Geologic map (Sulmona paper 1942) scala 1:100,000: location of mineral springs (blue circle).

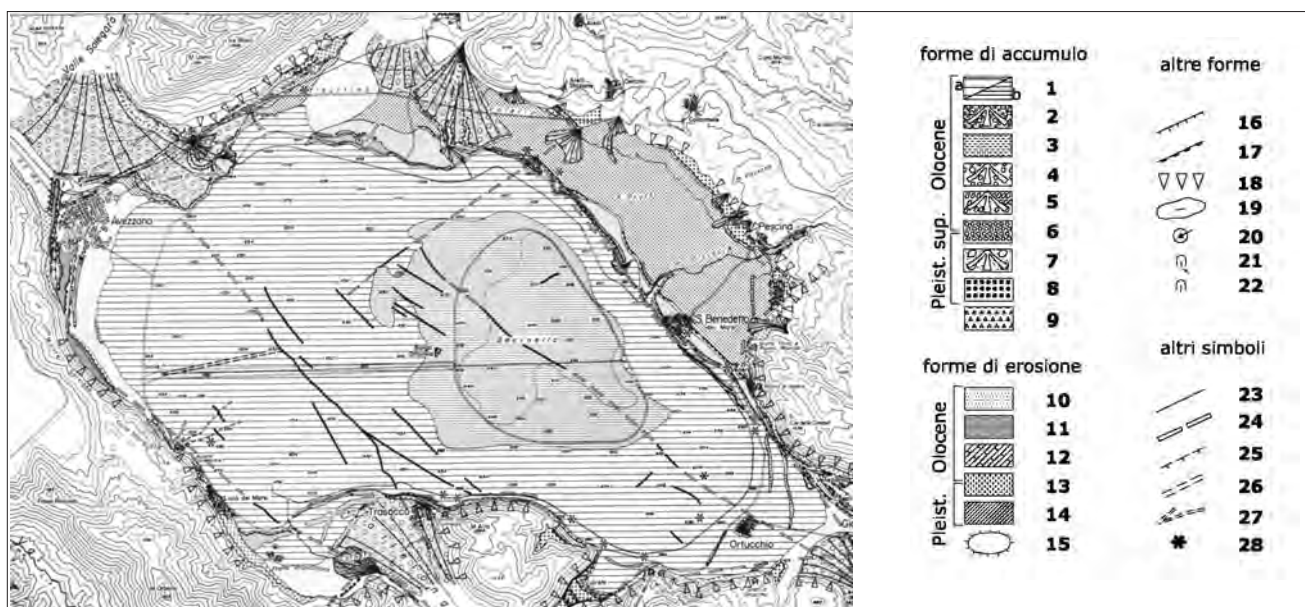


Fig. 67 - Schema geomorfologico della piana del Fucino, da GIRAUDI 1988a mod. Legenda: 1) depressione del lago storico, bonificata dai romani (a) o non bonificata (b); 2) conoide del F. di Rosa; 3) spianata di Luco; 4) conoide di S. Pelino; 5) conoide di Gioia dei Marsi; 6) cordoni litorali; 7) conoidi di Vallelonga-Lecce dei Marsi; 8) spianata di Piscina; 9) colluvioni e detrito; 10) glacis di Avezzano-Vallelonga; 11) spianata di abrasione S. Benedetto-Venere dei Marsi; 12) spianata di abrasione di Colle Sforziato; 13) glacis di Piscina-S. Benedetto; 14) spianata di abrasione di Avezzano; 15) rilievo calcareo isolato; 16) scarpata di terrazzi fluviali o lacustri; 17) scarpata di faglia; 18) versante di faglia; 19) dolina; 20) inghiottitoio carsico; 21) risorgenza carsica; 22) grotta; 23) faglia; 24) faglia "primaria"; 25) faglia "secondaria"; 26) canale di bonifica romano; 27) traccia di canale di bonifica di età imprecisata; 28) insediamento preistorico.

- Geomorphological scheme of the Fucino plain, from GIRAUDI 1988a mod. Legend: 1) historical lake basin, reclaimed by romans (a) or not reclaimed (b); 2) F. di Rosa fan; 3) Luco pediment; 4) S. Pelino fan; 5) Gioia dei Marsi fan; 6) littoral bars; 7) Vallelonga-Lecce dei Marsi fans; 8) Piscina pediment; 9) colluvium and detritus; 10) Avezzano-Vallelonga glacis; 11) S. Benedetto-Venere dei Marsi abrasion pediment; 12) Colle Sforziato abrasion pediment; 13) Pescara-S. Benedetto glacis; 14) Avezzano abrasion pediment; 15) isolated calcareous relief; 16) river or lake terrace scarp; 17) fault scarp; 18) fault slope; 19) sag; 20) karstic swallow; 21) karstic spring; 22) cave; 23) fault; 24) "primary" fault; 25) "secondary" fault; 26) roman reclamation canal; 27) unknown age reclamation canal trace; 28) prebistoric settlement.



Dal punto di vista idrogeologico la piana rappresenta il recapito delle acque provenienti dai versanti circostanti; le emergenze si rinvergono alla base dei rilievi carbonatici lungo il contatto con i depositi lacustri a scarsa permeabilità. Il maggior apporto è sul versante sud della piana. Altre sorgenti si rinvergono sul versante nord e vengono captate.

La circolazione idrogeologica dell'area è fortemente condizionata dagli importanti motivi tettonici che bordano la piana, identificando gruppi di emergenze distinte che drenano unità tettoniche separate.

Le principali emergenze dell'area sono:

- Versante Nord: sorgente Fonte Grande che drena la struttura di Monte La Serra con portata di 200 l/s;
- Versante Est: sorgenti di Venere e Molini con portata di 0,6 m<sup>3</sup>/s (BONI *et alii* 1988) che drenano la struttura di Monte Pianecchia;
- Versante S-E: sorgenti di Ortucchio alimentate dalla dorsale di Fontecchia.

Le acque relative alle emergenze dell'area del Fucino possono essere considerate fredde (temperature sempre inferiori a 13°C, LETTA & MASI, 1997) e indicano nel complesso circolazioni lente e/o relativamente profonde. Le acque di Fonte grande sono quelle più fredde della piana anche

perché poste a quote topografiche più elevate. I valori del pH sono compresi tra 7.6 e 7.8, in accordo con acquiferi litologicamente omogenei. La conducibilità misurata alle sorgenti risulta bassa: Fonte grande 251 μs; Molini 328 μs; Venere 280 μs; Ortucchio 345 μs; Cerqueto 350 μs (LETTA & MASI, 1997). Le acque sono medio-minerali ad eccezione delle sorgenti di Fonte Grande e Venere che sono oligo-minerali; dal punto di vista della composizione sono acque bicarbonato-alcalino-terrose, in accordo con la litologia prevalentemente carbonatica degli acquiferi.

Le acque che circolano negli acquiferi terrigeni e al di sotto della piana mostrano caratteristiche differenti con arricchimenti in sodio, potassio, ammonio e ferro dovuti al passaggio delle acque nei sedimenti alluvionali e lacustri. L'ammonio presente è dovuto alla degradazione della materia organica contenuta nei sedimenti terrigeni della piana.

### 3.3. - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLE ARGILLE DEL FUCINO

Le caratteristiche geotecniche e le proprietà delle argille variano in funzione della profondità.

In generale, si può affermare che nei primi 40

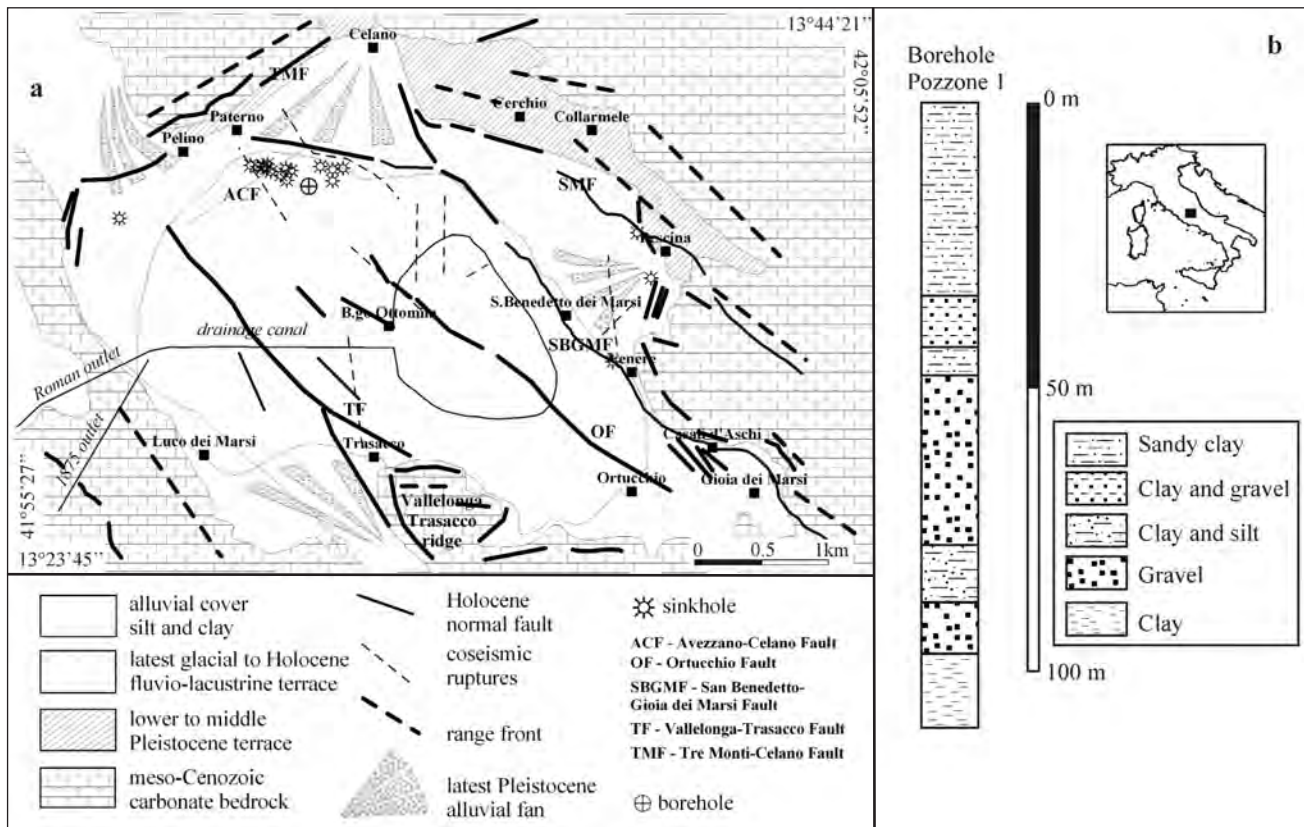


Fig. 68 - Schema geologico strutturale della piana del Fucino (a); stratigrafia del sondaggio in località Pozzone 1 (b). Da NISIO *et alii*, 2007.  
- Geological-structural scheme of the Fucino plain (a); borehole data in Pozzone area (b). From NISIO *et alii*, 2007.

m a partire dal p.c., le argille presentano un contenuto d'acqua compreso tra 60 e 120%, si tratta di argille organiche e dotate di elevata plasticità (l'attività varia tra 1 e 2.5; AGI, 1991).

Il peso specifico varia tra 14 e 16 KN/m<sup>3</sup>. Il contenuto in CaCO<sub>3</sub> varia considerevolmente con la profondità: nei primi 25 m è compreso tra 10 e 30%, a profondità maggiori assume un valore pari al 60%. L'argilla del Fucino è molto cementata, il valore dell'indice dei vuoti è ben al di sopra della curva di sedimentazione (SCL), a parità di tensione verticale effettiva i valori risultano maggiori di quelli dell'argilla ricostituita.

L'argilla del Fucino è risultata leggermente sovraconsolidata. La sovraconsolidazione può essere spiegata con la cementazione originatasi a seguito delle oscillazioni del livello di falda e delle variazioni di livello del lago.

La falda risulta a circa un metro dal piano campagna; il coefficiente di permeabilità è risultato compreso tra 10<sup>-7</sup> e 10<sup>-8</sup> (AGI, 1991), per le argille comprese nei primi 40 m di profondità.

#### 3.4. - I FENOMENI DI SPROFONDAMENTO NELLA PIANA DEL FUCINO

La presenza di fenomeni di liquefazione del terreno e di successivo sprofondamento trova conferma in numerose cronache di terremoti, che descrivono l'apertura di cavità circolari e formazione di vulcanelli di fango segnalate per lo più presso i bordi della piana.

Nella cronaca del terremoto di Avezzano del 1915, ODDONE (1915) descrisse una grande spaccatura che attraversava longitudinalmente in direzione SE-NO tutto l'alveo del Fucino per circa 70 km, assumendo superficialmente l'aspetto di un crepaccio largo da 30 a 100 cm, con un dislivello tra i due bordi oscillante tra i 30 e i 90 cm. Nei pressi di Ortucchio dalla fenditura scaturirono per molti giorni acqua e gas infiammabili. Nei pressi di San Benedetto dei Marsi, si aprirono grandi fenditure, dalle quali fuoriuscirono acqua e gas solforosi; presso Pescina apparvero subito dopo la scossa vulcanelli di fango. La porzione centrale della Piana del Fucino, per una superficie complessiva di circa 50 kmq, si abbassò in media di 40 cm circa. Il regime freatico della regione compresa nel raggio di 100 km da Avezzano subì alterazioni di vario genere ed entità. In numerose località della piana, soprattutto nell'alveo bonificato, si registrarono intorbidamenti, variazioni nella portata, temporanea scomparsa delle sorgenti; variarono in più luoghi i livelli delle acque di pozzi e specchi d'acqua.

In particolare ODDONE (1915) scrive: *Alla strada 11 sotto Paterno esistevano 5 o 6 grandi stagni natu-*

*rali profondissimi. Il più grande, della superficie di due ettari, aveva nel centro un piccolo isolotto con un albero di salice attorniato da acqua limpidissima. Questi stagni avevano uno speciale interesse idrografico in quanto a detta dei contadini, ogni tre o quattro anni davano forti emissioni di gas conosciute col nome di "sbollenti". Il giorno del terremoto al crepacciarsi del suolo l'isolotto scomparve e l'acqua in maggio era ancora torbida e melmosa e la profondità scesa a pochi metri.*

Inoltre lo stesso Autore scrive: *Alla strada 24, presso la voragine e parallelamente ad essa, si formarono due piccoli "craterlets" i quali quando li visitai in agosto, davano poca acqua e gas combustibile. Anche a Pescina, vicino alla casa del Sindaco, in una cantina, e forse dove passò la voragine, si produsse un craterlet profondo 6 m.*

La presenza di piccoli specchi d'acqua e di morfologie subcircolari asciutte all'interno della piana ha pertanto fatto ipotizzare che fenomeni di sprofondamento (tipo *sinkhole*) si sono manifestati durante quel terremoto ma il fenomeno potrebbe essere precedente e essersi ripetuto successivamente al sisma.

Nella piana sono state individuate 22 forme, tra piccoli laghi e depressioni asciutte (fig. 69) di morfologia sub-circolare, con diametri compresi tra 30 a 5 metri e profondità di pochi metri, alcune di queste sono riportate su mappe storiche ma oggi ricolmate artificialmente. Paleoforme sub-circolari sono state invece individuate con l'ausilio delle foto aeree.

I *sinkholes* individuati si allineano nel settore nord-occidentale nei pressi di Celano; altri fenomeni sono presenti ad Avezzano e uno a Pescina, secondo un trend E-O che ricalca la direzione di ACF (fig. 68).

Alcune cavità, oggi attive, ospitano polle d'acqua e piccoli laghi (figg. 70, 71, 72, 73), a volte utilizzati per la pesca sportiva, altre cavità sono state ricolmate artificialmente (piccolo lago d'Angelo). In alcuni dei piccoli laghi individuati sono presenti sorgenti perenni.

La forma di tali piccoli laghi è prevalentemente sub-circolare, talvolta irregolare, e può derivare dalla fusione di più cavità.

Per quanto riguarda la formazione delle cavità, esse sono tutte successive al 1876, anno in cui iniziò la bonifica dell'area. Alcune si sono originate in occasione del terremoto di Avezzano nel 1915. Le cronache del terremoto riportano la formazione di almeno tre cavità di piccolo diametro presso Pescina (nella porzione orientale della piana), la strada 11 (al centro della piana), e la strada 24 (nella porzione sud-orientale nei Pressi di S. Benedetto dei Marsi) che attraversano la piana (BERARDI *et alii*, 1988).

In alcuni piccoli laghi sono stati prelevati campioni d'acqua per le analisi chimico-fisiche (tab. 7; Pozzone 1, 2, 3 e Piccolo Lago di Papacqua).

Il Pozzone 1 (fig. 74) in particolare, è una cavità









Fig. 70 - Ubicazione di due piccoli laghi sul bordo settentrionale della Piana: a) Ortofoto; b) stralcio topografico della tavoletta (scala 1:25.000).  
 - Location of two little lakes on the northern border of the Fucino plain: a) ortophoto; b) I.G.M. topographic map (1:25,000 scale).



Fig. 71 - Piccolo Lago Papacqua ed un esempio di paleoforma sub-circolare in località Le Mole (Avezzano).  
 - Papacqua lake and sub-circular ancient depression example near Avezzano.



Fig. 72 - Piccolo lago in località Pietragrossa: a) ortofoto; b) stralcio della tavoletta I.G.M. (scala 1:25.000).  
 - Little lake near Pietragrossa area; a) ortophoto; b) I.G.M. topographic map (1:25,000 scale).





Fig. 73 - Stralcio topografico dell'area interessata dagli sprofondamenti da I.G.M. in scala 1: 25.000; ubicazione di alcuni piccoli laghi.  
- *Topographic I.G.M. sketch (scale 1: 25.000).*



Fig. 74 - Il Lago Pozzone 1.  
- *Pozzone 1 lake view.*

### 3.5. - ANALISI E CONSIDERAZIONI

La piana del Fucino è una piana di origine tettonica, bordata ed attraversata da faglie attive. L'area è stata interessata da alcuni eventi sismici tra cui il disastroso terremoto del 1915. La piana è colmata da potenti spessori di depositi fluvio-lacustri in prevalenza costituiti da argille organiche e limi che hanno subito una cementazione ed una modesta sovraconsolidazione. La piana è area di recapito di acque provenienti dalle dorsali carbonatiche circostanti; ai bordi della piana, soprattutto sui versanti N e E-SE, sono presenti gruppi di sorgenti di acque bicarbonato-alcalino-terrose. In tale area sono presenti concentrazioni anomale di gas del suolo e di  $\text{CO}_2$  (CIOTOLI *et alii*, 1998).

Le condizioni al contorno appaiono predisponenti la formazione di *deep piping sinkhole*.



Fig. 75 - Panoramiche dei Laghi Pozzone 2 e Pozzone 3.  
- *Pozzone 2 and Pozzone 3 lakes view.*



Fenomeni di liquefazione avvenuti in occasione del terremoto del 1915 confermano la possibilità di innesco di fenomeni di *piping*. Le presunte aree dove tali fenomeni si sarebbero verificati (strada 13, 24 Pescina, etc.), sottoposti a successiva aratura, non mostrano più evidenze di tali episodi.

Tuttavia le analisi delle foto aeree dell'area, nonché i sopralluoghi sul terreno, hanno evidenziato la presenza di piccoli laghi e polle d'acqua subcircolari (con diametri compresi tra i 5 e i 20 m) nonché anormale forme circolari asciutte con dislivelli dal piano di campagna di pochi metri. È stato pertanto ipotizzato che tali morfologie o una parte di esse potrebbero essere ricondotte a sprofondamenti da *piping*.

I fenomeni ipotizzati sono concentrati al bordo settentrionale ed orientale del bacino (località Avezzano-Le Mole, Pozzone e Pescina) dove il tetto del substrato carbonatico, al di sotto della

copertura impermeabile dovrebbe attestarsi intorno ai 100-200 m, mentre non si sono registrati fenomeni presso il centro della piana dove il *bedrock* carbonatico raggiunge profondità maggiori (sino a 800 m) e non sarebbe possibile ammettere un fenomeno di erosione dal basso con eventi di liquefazione per tali spessori.

I valori misurati nelle acque presenti all'interno di alcuni piccoli laghi mostrano conducibilità più elevate (fino a  $770 \mu\sigma/\text{sec}$ ) rispetto alle sorgenti poste a bordo piana (le conducibilità delle sorgenti si attestano tra i  $250 \mu\sigma/\text{sec}$  di Fonte grande e i  $350 \mu\sigma/\text{sec}$  di Cerqueto). I valori del pH sono leggermente inferiori rispetto a quelli delle suddette sorgenti (da 7,1-7,4 a 7,7 delle sorgenti), dato che potrebbe essere compatibile con un aumento della concentrazione di anidride carbonica. Le concentrazioni ioniche misurate risultano compatibili con uno scorrimento della piana all'interno dei depositi terrigeni fluvio-lacustri.

Le ipotesi relative ai meccanismi genetici di tali cavità escludono pertanto una connessione con il carsismo dell'area, ma si ammette una probabile liquefazione di orizzonti alluvionali di granulometria medio-fine. La liquefazione potrebbe avvenire a differenti profondità all'interno dei depositi anche nei primi metri della copertura. Altresì potrebbe essere ipotizzato un fenomeno di *piping* più profondo in relazione ai sistemi di faglia e frattura che attraversano la piana all'interno dei quali può avvenire una circolazione di fluidi aggressivi risalenti dal basso. Tale ipotesi spiegherebbe perché le forme osservate si concentrano lungo i bordi della piana (dove la profondità del *bedrock* non supera i 100-200 m), mentre la porzione centrale non è interessata dal fenomeno.



Fig. 76 - Il piccolo Lago di Papacqua adibito a pesca sportiva.  
- Papacqua lake: used for sportive fishing.

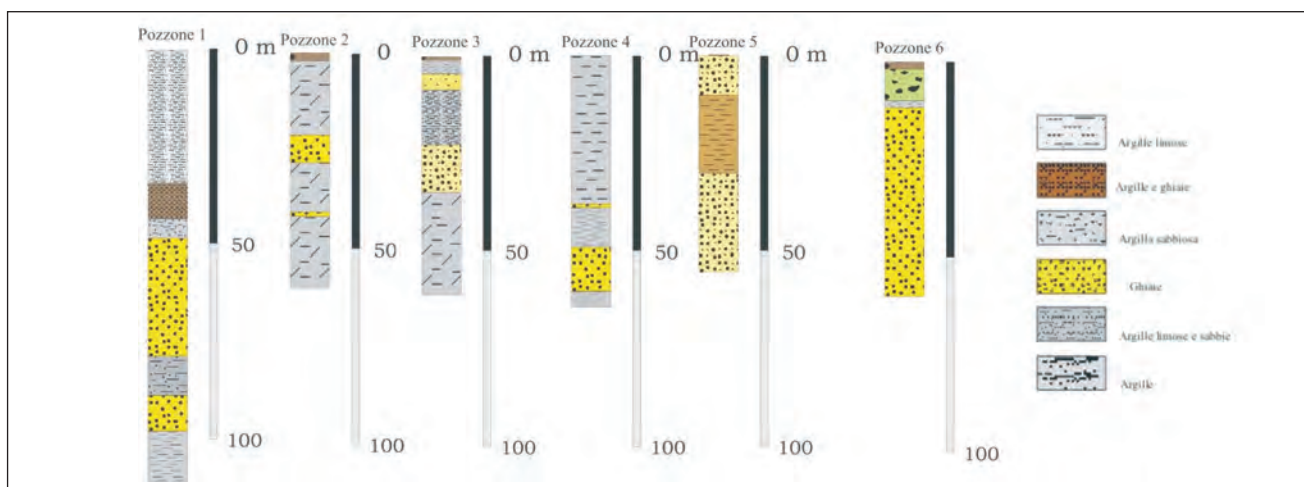
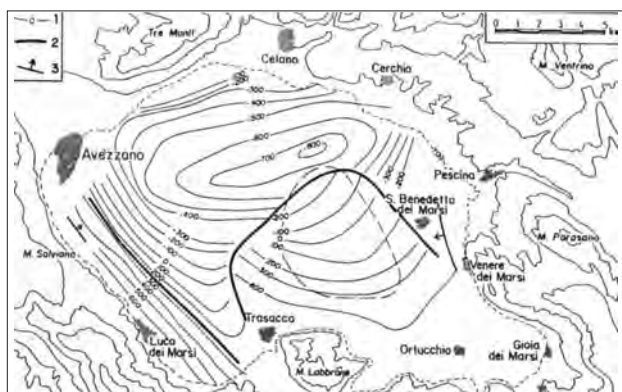


Fig. 77 - Stratigrafie nei pressi del lago il Pozzone.  
- Borehole data in Pozzone lake area.





bestiame. Tali strutture sono state realizzate in epoca antica, romana o precedente. A titolo di esempio si mostra il piccolo lago di Secinaro o lago del Sirente (secondo alcuni Autori di formazione per impatto meteoritico!), al cui bordo è stata rinvenuta una moneta di epoca imperiale (fig. 79).

Le altre forme da sprofondamento, presenti in aree di pianura, interessano coperture continentali di spessori considerevoli, e si rinvencono nella valle del Fiume Aterno (in cui sono presenti cinque distinte aree suscettibili) e nella piana del Fucino.

I fenomeni censiti mostrano età secolare, alcune di esse sono riferibili alla metà del trecento e i primi del novecento. Molte di esse sono connesse ai grandi episodi sismici che hanno sconvolto la regione.

Per alcune di queste cavità sono necessari ulteriori approfondimenti, in quanto i dati raccolti suggeriscono probabili meccanismi di innesco più complessi dei semplici processi carsici: si rinvencono in aree di pianura su depositi alluvionali molto potenti e suscettibili a fenomeni di liquefazione, in aree di recapito di acque.

In alcuni casi, i meccanismi di formazione possono essere attribuiti a liquefazione sub-superficiale e/o più profonda, e alla circolazione di fluidi aggressivi all'interno di un reticolo di faglie e fratture attive che attraversa la copertura.

Episodi di sprofondamento sono stati individuati in altre aree dell'Abruzzo: ulteriori studi potrebbero interessare l'area della Conca di Sulmona-Pratola Peligna, valle del Sagittario per esempio. Ivi sono presenti piccoli laghi, di origine non ancora accertata (sprofondamenti, meandri abbandonati, cave di materiale?). Altra area probabilmente suscettibile è quella di Pacentro, dove sono stati segnalati episodi presso l'attuale sede dell'autostrada.

#### 4. - CONCLUSIONI

Il territorio della regione Abruzzo è prevalentemente montuoso, la regione è caratterizzata da dorsali carbonatiche, con cime che superano frequentemente i 2000 m, e da un imponente sviluppo di forme carsiche epigee lungo i versanti.

Le morfologie di collasso, verificatesi in aree in pianura, che interessano i terreni continentali, sono in gran parte connesse al carsismo sub-superficiale o coperto (doline alluvionali che si formano generalmente su depositi alluvionali o conoidi alluvionali).

Inoltre nella regione sono presenti molti piccoli laghi di forma ovale o sub-circolare in conche intramontane di alta quota (per la maggior parte dell'anno coperte da neve) che sono da attribuirsi a realizzazioni antropiche per l'abbveraggio del