

4. – LA PIANA DEL FIUME CALORE

4.1. – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-STRUTTURALE

La piana corrisponde ad una estesa depressione tettonica che si estende tra le estreme propaggini meridionali del massiccio del Matese, a nord, e il rilievo del Camposauro, a sud.

Durante il Quaternario la valle è stata parzialmente colmata da un'alternanza di depositi continentali (MALATESTA, 1958; D'ARGENIO, 1967; CIVITA *et alii*, 1970; 1971; MAGLIUOLO, 2005) costituiti da sedimenti fluvio-lacustri, da depositi di conoide alluvionale, da prodotti piroclastici, collegabili ai distretti vulcanici di Roccamonfina, dei Campi Flegrei e del Somma Vesuvio e, infine, da depositi travertinosi, originati dalla precipitazione, in ambiente palustre e/o di cascata, dei carbonati disciolti nelle acque sgorganti dalle pendici meridionali di Montepugliano.

Questi depositi nell'insieme raggiungono spessori molto elevati, affiorando per alcune centinaia di metri soprattutto in destra orografica del Fiume Calore (depositi alluvionali antichi) e sono stati carotati per spessori notevoli (oltre 150 m) al centro della piana e sul bordo settentrionale del M.te Camposauro (depositi di conoide di Solopaca).

Dal punto di vista geomorfologico-strutturale, la valle si imposta su una importante linea tettonica di carattere compressivo che vede l'accavallamento dei calcari del M.te Camposauro sui depositi terrigeni ed i calcari della zona di Teleso (BOSCAINO, 2000). Fasi tettoniche successive hanno poi disarticolato le unità tettoniche attraverso diversi sistemi di faglia, sollevando in parte anche gli stessi depositi quaternari. Il bordo meridionale della valle è marcato, infatti, da un limite molto netto, corrispondente al versante nord del massiccio del Camposauro; il settore settentrionale si presenta molto più articolato. Questo, è impostato su una faglia che borda il versante meridionale del M.te Monaco di Gioia, e da una serie di faglie trasversali su cui si impostano i rilievi di M.te Acero e di Montepugliano.

Nell'ambito dell'Agro telesino (fig. 54), l'area di interesse per la presenza di numerosi fenomeni da *sinkholes* corrisponde alla zona di piana che si sviluppa ai piedi del rilievo calcareo di Montepugliano (202 m s.l.m.), dove scaturiscono le sorgenti di Grassano, delle Terme (sorgente Bouvette), di Acqua del Cerro e di S. Stefano.

Il rilievo di Montepugliano è formato da calcari e calcari dolomitici, di età Cretacica a cui si intercalano, soprattutto verso l'alto, livelli centimetrici di marne verdastre.

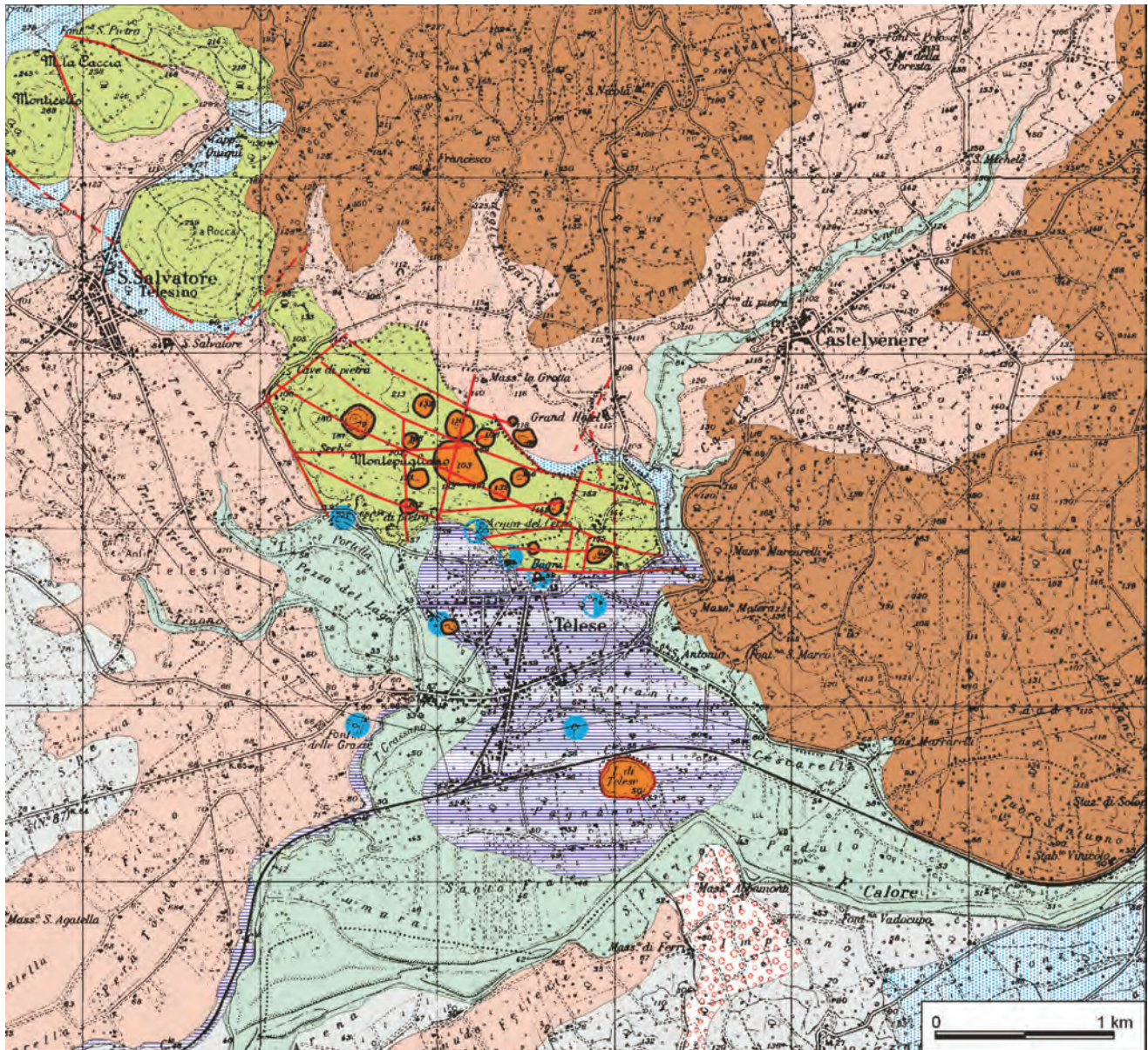


Fig. 54 - Schema geologico dell'area telesina. Legenda: 1) alluvioni attuali (Olocene); 2) detrito di versante e piroclastiti rimaneggiate (Olocene); 3) alluvioni recenti (Pleistocene sup.-Olocene); 4) depositi di conoide (Pleistocene sup.-Olocene); 5) travertini (Pleistocene sup.); 6) ignimbrite Campana (Pleistocene sup.); 7) depositi calcareo-marnoso-arenacei (Flysch miocenici); 8) calcari mesozoici; 9) faglie principali; 10) sinkhole; 11) sorgenti e sorgenti sulfuree.

- Geological sketch map of Telesina area. Legend: 1) present alluvial deposits (Holocene); 2) slope and pyroclastic deposits (Holocene); 3) recent alluvial deposits (upper Pleistocene-Holocene); 4) fan (upper Pleistocene-Holocene); 5) travertine (upper Pleistocene); 6) Campanian Ignimbrite (upper Pleistocene); 7) miocenic flysch; 8) Mesozoic limestones; 9) fault; 10) sinkhole; 11) spring and sulphurous spring.

Il rilievo è interessato da evidenti sistemi fessurativi prevalentemente orientati NO-SE, NE-SO ed E-O. A ridosso delle discontinuità tettoniche, e soprattutto al loro incrocio, la roccia si presenta intensamente fratturata (CORNIELLO & DE RISO, 1986).

Nell'ambito della successione carbonatica, inoltre, sono ben visibili, soprattutto lungo i fronti di cava, aree circoscritte profondamente altera-

te dove la roccia si presenta bianchissima, molto porosa, a volte pulverulenta. Simili fenomeni di alterazione sono stati riconosciuti anche da ZALAFFI (1969) nell'area di Pratella, a sud ovest del Matese, che ascrive queste alterazioni a fenomeni di dissoluzione carsica e di metasomatosi dovute alle locali manifestazioni mineralizzate (acque sulfureo-bicarbonato-calciche).

CORNIELLO & DE RISO (1986) spiegano la diversa

altezza cui si trovano le aureole di alterazione con la deposizione della coltre di Tufo dell'Ignimbrite Campana, che lungo il versante meridionale di Montepugliano avrebbe rialzato la quota di sfioro delle acque minerali.

4.2. - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'unità idrogeologica della bassa valle del Calore è costituita da depositi alluvionali e piroclastici ghiaioso sabbioso-limosi ad elevata permeabilità e produttività, poggiati su sedimenti miocenici di natura argisilloso marnoso arenacea in facies di flysch che, nel settore nord orientale, cingono con continuità, in affioramento, i rilievi carbonatici di questo settore del Matese. L'acquifero alluvionale è caratterizzato da una elevata trasmissività tanto da drenare completamente la falda di base del Camposauro, a sud, e non consentire l'affioramento di importanti sorgenti lungo questo fronte. La falda di base del Camposauro, quindi, viene drenata prima attraverso la spessa coltre detritica pedemontana e poi dalle alluvioni del Calore (fig. 55; ESPOSITO *et alii*, 2003).

Lungo il bordo settentrionale della valle, invece, le ricerche idrogeologiche (CELICO, 1983; CORNIELLO & DE RISO, 1986) hanno permesso di ricostruire l'articolato sistema di circolazione idrica sotterranea dell'agro Telesino, riconoscendo nel settore del Matese sud-orientale l'area di alimentazione delle copiose sorgenti alla base di Montepugliano e dell'acquifero alluvionale del Calore.

Lungo tale fronte, da ovest verso est ed in poco più di un chilometro, si passa da sorgenti fredde bicarbonato-calciche (sorgenti Grassano) a sorgenti ipotermali sulfureo-bicarbonato-calciche (sorgenti delle Terme di Telese).

L'ipotesi che il fronte acquifero alle falde del Montepugliano rappresenti lo sfioro della falda basale del Matese sud orientale deriva non solo dalle risultanze dei bilanci idrogeologici, ma anche da dati geognostici e geochimici. Queste indagini hanno permesso, tra l'altro, di escludere ogni legame tra queste sorgenti e il massiccio del Camposauro. Viceversa, hanno confermato che la falda basale del Matese, circolando con carattere di falda libera, viene a giorno dopo aver attraversato i calcari sepolti sotto la potente coltre di depositi detritico alluvionali della valle del Tiverno (CORNIELLO & DE RISO, 1986).

Il fronte sorgentizio emerge lungo il piede meridionale del Montepugliano e si sviluppa lungo il contatto tettonico tra calcari di piattaforma intensamente fratturati e carsificati e i depositi della piana costituiti dal complesso marnoso-arenaceo-argilloso e depositi quaternari (travertini

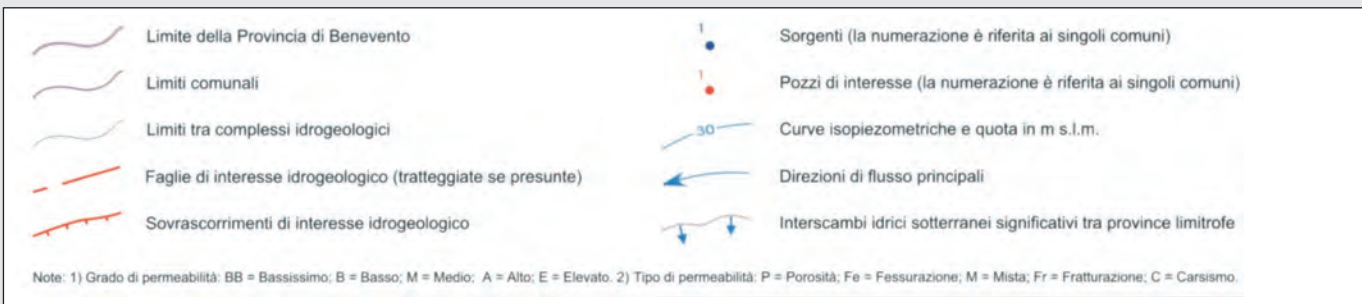
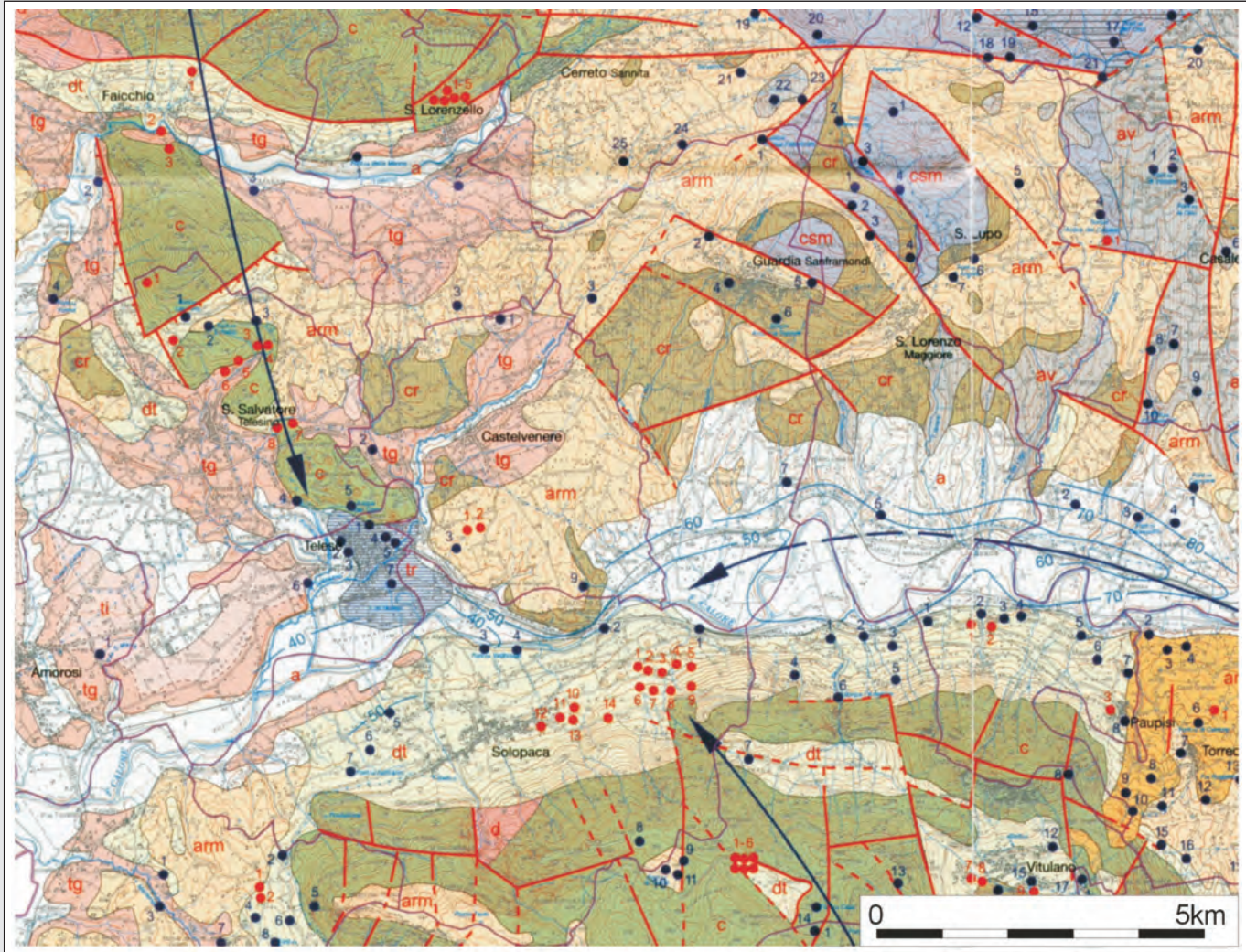
e alluvioni). Qui l'acquifero, nel suo generale deflusso verso SE, subisce una digitazione che porta ad individuare un circuito idrico più rapido e superficiale che alimenta le sorgenti del Rio Grassano (portata media 5 m³/s e temperature medie di 12 °C) ed un circuito relativamente più profondo che alimenta le emergenze mineralizzate verso SE.

A valle delle sorgenti e sotto l'abitato di Telese, l'articolata stratigrafia della piana (alternanze di livelli di travertino, fluvio-palustri e piroclastici) favorisce l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea per falde sovrapposte e localmente in pressione alimentata per travaso dai calcari retrostanti. Locali variazioni del gradiente, in particolare a sud del torrente Seneta, sono riconducibili all'alimentazione della falda da apporti in subalveo del torrente e del Fiume Calore.

Questo complesso assetto idrogeologico e stratigrafico può favorire, localmente, la miscelazione di acque con caratteristiche chimico-fisiche diverse che per effetto "Böegli", possono indurre processi di corrosione accelerata nei livelli di travertino con conseguente formazione di vuoti sotterranei in falda o innescare processi di erosione sotterranea lungo vie di deflusso preferenziale della falda, con fenomeni di *piping*.

Tra le peculiarità idrogeologiche di questo settore, inoltre, bisogna anche ricordare che l'emergenza delle acque sulfuree è da collegare alla risalita di fluidi profondi lungo faglie profonde, e ad importanti eventi sismici (ROSSI, 1857; IANNACCHINO, 1900; RICCARDI, 1927).

Infatti, sono numerose le fonti storiche che riferiscono il modo in cui le acque minerali sono venute a giorno in seguito a forti terremoti, come nel caso dei terremoti del 848 d.C. e del 9 settembre 1349, accompagnati da fenomeni di impaludamento e da sprofondamenti che alterarono il territorio della piana telesina e del colle di Montepugliano, onde "... sorse un fiume d'acque tetre e fosche, cinquanta passi di quà di un laghetto di acque minerali, e un quarto di miglio lungi da mofete, che spirano aliti sì fieri ... che ogni animale che vi dimori per un mezzo quarto d'ora infallibilmente vi muore ...", come si legge nella dissertazione sulle mofete di Leonardo Da Capua, medico e cattedratico napoletano del XVI secolo. Anche in una Relazione del 1400 inviata alla S. Sede dal Vescovo di Telese, questi motivava la sua decisione di risiedere a Cerreto Sannita essendo "insalubre e micidiale l'aere che...erasi renduto assai guasto e corrotto per le esalazioni delle mofete e delle acque stagnanti". Ma è la cronaca di S. Antonino riportata dallo IANNACCHINO (1900) a confermare senza alcun dubbio la ricomparsa delle sorgenti sulfuree a seguito dell'evento sismico "Anno Domini 1349 ...



Legenda



Descrizione dei complessi idrogeologici	PERMEABILITÀ									
	GRADO ⁽¹⁾					TIPO ⁽²⁾				
	BB	B	M	A	E	P	Fe	M	Fr	C
 Complesso detritico Depositi detritici sciolti; materiali piroclastici rielaborati; terre rosse delle depressioni morfologiche. (Olocene)										
 Complesso alluvionale Depositi ciottolosi delle alluvioni attuali e recenti; ghiaie e sabbie di fondo valle, di gola e di riempimento degli alvei abbandonati dei maggiori corsi d'acqua. Depositi fluviali antichi. (Pliocene-Olocene)										
 Complesso piroclastico tg: tufo giallastro litoide; tufo cineritico grigio-avana, incoerente, ricco di piccole pomice biancastre; ti: ignimbrite trachifonolitica grigia (tufo grigio campano), poco coerente o sciolto nella parte superficiale. (Pleistocene-Olocene)										
 Complesso dei travertini Travertini e crostoni travertinosi affioranti nell'area di Telese. (Pleistocene)										
 Complesso sabbioso-argilloso Sabbie ed arenarie di colore generalmente giallastro, con alternanza di livelli di puddinghe poligeniche, di ciottolame e di argille sabbiose grigiastre. Argille ed argille sabbiose grigio-giallastre. (Pliocene)										
 Complesso arenaceo-molassico Sabbioni ed arenarie grigio-giallastre, talora gradate; argille arenacee grigio-azzurgnole, talora alternanti a livelli di calcareniti e marne; lenti di puddinghe poligeniche. (Miocene)										
 Complesso calcarenitico Breccie, calcareniti, arenarie quarzose e calcari cristallini, talora con liste e noduli di selce, associate, nella parte basale, a livelli di marne ed argille policrome e talvolta anche a diaspri bruni e rossastri; marne policrome scagliettate con intercalazioni calcaree, calcareniti e brecciole. (Miocene)										
 Complesso argilloso-marnoso Argille e marne siltose, grigie e varicolori, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi, di calcareniti con liste di selce bruna, di arenarie talora grossolane. (Oligocene)										
 Complesso delle argille varicolori Argille ed argille siltose, generalmente con intercalazioni di calcarei silicei e di arenarie sottilmente stratificate. (Oligocene)										
 Complesso conglomeratico-marnoso Conglomerati a cemento argilloso, sabbioso o calcareo, alternati a marne e marne argillose. (Paleocene)										
 Complesso calcareo-silico-marnoso Calcareniti grigiastre, ben stratificate, e brecciole con rare intercalazioni di marne. Calcareniti e calcari bianchi, ben stratificati. (Cretacico-Paleocene)										
 Complesso carbonatico Calcari compatti e detritico-pseudoolitici con intercalazioni dolomitiche verso la base. (Lias superiore)										
 Complesso dolomitico Dolomie e calcari dolomitici, talora detritici; livelli di breccie intraformazionali nella parte superiore. (Lias inferiore - Trias superiore)										

Fig. 55 - Schema idrogeologico dell'area telesina (da ESPOSITO et alii, 2003).
 - Hydrogeological map of Telese area (from ESPOSITO et alii, 2003).

Die vero 9 mensis Septembris anni praedicti sequenti post festum gloriosae Nativitatis Mariae in hora media tertiae fuit terraemotus tam magnus e tam ingentissimae potentiae, quod nemo recordatur similem terraemotum a tempore Creationis. ... Et quod majoris admirationis est, omnes aquae totius patriae, quae tunc clarissimae scaturiebant, statim post terraemotum factae fuerunt turbidae sicut lutum ad colorem sanguinem”.

Le notizie storiche sull'Agro Telesino evidenziano, quindi, fenomeni di intermittenza idrotermale con il mutare delle condizioni geologiche. In particolare, le scaturigini mineralizzate non erano sicuramente presenti in epoca romana, non essendo menzionate negli scritti di Tito Livio e Strabone sull'antica ed importante colonia di Telesia risalente almeno al 214 a.C., né negli Statuti Telesini, redatti intorno al 1100-1200, che fissano rigide e dettagliate norme in materia giuridica, civile e commerciale e parlano delle acque del Rio Grassano ma non delle sorgenti sulfuree che affiorarono nel 1349.

4.3. – I FENOMENI DI SPROFONDAMENTO NELL'AREA DI TELESE

Il territorio dell'Agro telesino è ubicato in un'area pianeggiante delimitata verso nord dai rilievi calcarei di Montepugliano (190 m s.l.m.), La Rocca (259 m s.l.m.) e M.te Acero (736 m s.l.m.) e verso sud dal corso del Fiume Calore affluente, presso Amorosi, del Fiume Volturno.

Al piede del versante meridionale di Montepugliano si sviluppa un fronte sorgivo di circa 1 km lungo cui scaturiscono le sorgenti di Grassano che alimentano il torrente omonimo; sono costituite da 5 punti d'acqua aventi una portata complessiva di



Fig. 56 - Panoramica da foto aerea dei *sinkholes* presenti sul rilievo di Montepugliano.
- *The sinkholes of Montepugliano from aerial photo view.*

circa 5 m³/s ed alcune sorgenti ipotermali e sulfuree utilizzate a scopi terapeutici, aventi portata di alcune decine di l/s.

Ricerche a carattere idrogeologico (CORNIELLO & DE RISO, 1986) hanno permesso di ricostruire l'articolato sistema di circolazione idrica sotterranea del comprensorio portando ad identificare nel Matese sud-orientale la sua area di alimentazione.

In particolare, essi evidenziano che l'emergenza delle acque sulfuree sia da connettere a faglie profonde e ad importanti eventi sismici. A tal proposito sono numerose le fonti storiche locali che riferiscono di catastrofiche alterazioni ambientali e morfologiche prodotte dal terremoto del 9 settembre 1349 in occasione del quale si ebbe la fuoriuscita delle acque minerali con conseguenti fenomeni di impaludamento, esalazioni gassose e numerosi sprofondamenti (nel gergo dell'epoca denominati "puri" o "putei") sia sul colle di Montepugliano e di M.te Acero che nell'area di piana (ROSSI, 1857; GAUTHIER, 1910; RICCARDI, 1927).

4.3.1. – *I collapse sinkhole del colle di Montepugliano*

Il rilievo di Montepugliano costituisce l'estremo settore meridionale del massiccio del Matese. Esso è costituito da una successione di calcari e calcari dolomitici cretaci che si presentano sovente interessati da un alto grado di fratturazione per effetto dell'incrocio di diversi sistemi di discontinuità tettoniche orientate E-O, NNE-SSO, e NO-SE. Strettamente correlato a questi elementi tettonici, nonché all'assetto idrogeologico locale, è la distribuzione di almeno 15 *collapse sinkhole* sul rilievo di Montepugliano i quali raggiungono diametri fino a 250 m per 100 m di profondità (fig. 56).

Secondo le fonti storiche locali, alcuni di loro ebbero origine in seguito alla crisi sismica del 1349 culminata nel catastrofico terremoto del 9 settembre; successivamente anche in occasione del terremoto del 26 luglio 1805 le fonti riportano di ulteriori sprofondamenti (ROSSI, 1857). In base ad evidenze di carattere morfologico ed idrogeologico la loro genesi è da imputare soprattutto alla presenza di un reticolo carsico sotterraneo molto sviluppato, strettamente connesso ad oscillazioni del livello di base della falda e a fenomeni speleogenetici ipercarsici per miscelazione di acque ricche di CO₂ e H₂S (CORNIELLO & DE RISO, 1986). La conseguente formazione di ortovacui isolati o coalescenti in corrispondenza delle principali linee tettoniche, ove la roccia più facilmente si prestava all'azione ipercarsica, ha portato alla formazione di ipogei che, ampliandosi anche per fenomeni di crollo, sono collassati, in parte, in oc-

casione dell'evento sismico del 1349.

GAUTHIER (1910) scrive "... Questa regione non fu sede di conflagrazioni vulcaniche e malamente furono ritenuti per crateri le cavità imbutiformi che si veggono alla sommità del Montepugliano, giacchè non sono altro che sprofondamenti di caverne nel calcare dolomitico di cui si compone detto monte...".

In ROSSI (1857), si legge inoltre che durante il terremoto del 1349:

in detta epoca siasi manifestato un vulcano, e precisamente nel vicino M.te detto Montacelo (M.te Acero, nda), e che per poco tempo durassero le sue eruzioni. Infatti la vetta di quel monte vedesi troncata con uno straripamento verso occidente, ed ivi osservansi gli orli dell'antico cratere nel cui fondo si scorgono ancora le vestigia della voragine. ...Dalla parte orientale del detto M.te si dilunga una catena di colline. Tra queste la più grande e quella detta Pugliano che conta molti sprofondamenti, la maggior parte inaccessibili, della cui formazione non si ha memoria, e si suppone avvenuti come gli altri che ebbero luogo nello stesso territorio alla ripetuta epoca del 1349. Nel tremuoto ultimo del 26 luglio 1805 i cennati sprofondamenti si dilatarono anche di più come dai contemporanei viene assicurato.

Come si può notare in figura 56 i *collapse sinkhole* della collina di Montepugliano si allineano prevalentemente in direzione NO-SE come la faglia perimetrale del rilievo. È molto probabile che i *sinkholes* più ampi (diametro di oltre 250 m) siano quelli più antichi e che abbiano raggiunto queste dimensioni anche a seguito di fenomeni di dissoluzione di lunga durata (*solution sinkhole*).

Gli sprofondamenti più recenti hanno dimensioni più ridotte come quelli che hanno interessato anche la coltre alluvionale del piccolo bacino localizzato a nord del rilievo di Montepugliano.

4.3.2. – I sinkholes della piana di Teleso

Nell'area di piana che si sviluppa alle falde sud-occidentali di Montepugliano, si sono verificati sicuramente i più importanti sconvolgimenti ambientali e morfologici associati al terremoto del 1349 che hanno avuto per lungo tempo una profonda influenza sugli insediamenti antropici del territorio.

Dal punto di vista geologico i terreni affioranti sono principalmente rappresentati dalla coltre tufacea dell'Ignimbrite Campana (39.000 ybp) su cui poggiano i depositi alluvionali del torrente Portella, del Rio Grassano e del Vallone Truono e, verso est, i depositi travertinosi associati alle emergenze minerali delle sorgenti presenti lungo le falde sud-orientali del Montepugliano. Depositi travertinosi (in facies litoide e cavernosa o in facies sabbiosa) con associati terreni limo palustri, sono presenti tra i 12 ed i 30 m di profondità (fig. 57).

In questo contesto di piana alluvionale si sono sviluppati, recentemente, alcuni *piping sinkhole*, generalmente di limitate dimensioni, ma che hanno già arrecato alcuni danni al centro abitato come la voragine che si è aperta il 7 febbraio 2002 che per fortuna non ha causato vittime.

Il Lago di Teleso

Il fenomeno più significativo dell'agro telesino è sicuramente quello del lago di Teleso formatosi, secondo le fonti storiche, in occasione dell'evento sismico del settembre 1349 (ROSSI, 1857; RICCARDI, 1927).

Fin da gennaio del 1349 spessi tremuoti scossero il molo di tutta l'Italia, ma nella notte del 9 settembre dello stesso anno, avvenne una scossa così tremenda, che atterrò molte

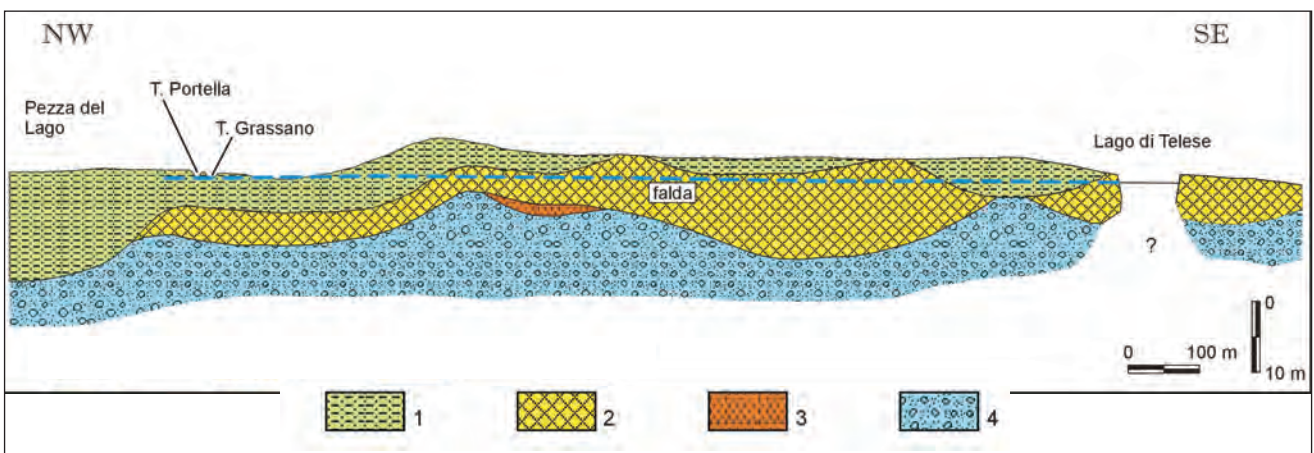


Fig. 57 - Sezione geologica della piana di Teleso (BN). Legenda: 1) depositi sabbioso ghiaiosi delle alluvioni attuali (Olocene); 2) travertino sabbioso con livelli torbosi (Pleistocene sup.-Olocene); 3) ignimbrite Campana (Pleistocene sup.); 4) depositi alluvionali ghiaiosi poligenici con matrice sabbioso-argillosa di colore giallastra (Pleistocene sup.).

- Geological cross section of Teleso plain. Legend: 1) sandy-gravel present alluvial deposits (Holocene); 2) sandy travertine with peat level (upper Pleistocene-Holocene); 3) Campanian Ignimbrite (upper Pleistocene); 4) gravel alluvial deposits with sandy-clayey matrix (upper Pleistocene).

città e villaggi, e fra le altre la disgraziata Telese. Fu allora che nella campagna di detta città verso il lato orientale sgorgarono copiose sorgenti di acque acidole epatizzate, e si manifestarono delle mofete, che diurne alle acque stagnanti, ne resero l'atmosfera micidiale. Il territorio circostante ne rimase non poco alterato, e dietro molti sprofondamenti di terra, comparvero vari piccoli stagni, tra i quali uno di circa un miglio di circonferenza di non piccola profondità, che esiste tuttora (l'attuale lago di Telese).

Con particolare riferimento al lago, RICCARDI (1927) riporta: "Nella piana di S. Aniello, poco lungi dal fiume Calore, un vasto appezzamento di terreno sprofondò di colpo, abbassandosi di circa 30 metri, e nel suo vuoto a forma di painuolo avente un circuito di 900 metri, apparve il lago che tuttora si vede benissimo dalla ferrovia Napoli-Foggia, la quale rasenta ad un chilometro a monte dello scalo di Telese".

In proposito, anche GAUTHIER (1910) riporta quanto segue "... Rimasero così allo scoperto delle cavità circolari più o meno grandi, veri imbuto, le cui pareti son fatte da calcare dolomitico, riempite d'acqua, dando luogo a stagni e laghetti, dei quali ancora oggi se ne riscontra uno accanto alla strada ferrata, chiamato lago di Telese. Gli altri più piccoli come gli stagni sono stati prosciugati per ragione di bonifica, ed oggi ancora si veggono alcune cavità circolari all'asciutto, massime lungo il viale che dallo stabilimento mena alla stazione ferroviaria...".

Il lago di Telese (figg. 58, 59) oggi presenta un diametro di circa 300 m, una profondità di circa 10 m ed è bordato da una ripida scarpata di alcuni metri di altezza. Lo sprofondamento è evidenziato da ripide scarpate intagliate nel travertino e nei limi sabbiosi che presentano uno spessore di circa 6 m. Fenomeni di subsidenza, che si possono ricondurre a normali processi morfoevolutivi dello sprofondamento, interessano tutto il perimetro dello specchio lacustre. Tali fenomeni sono evidenziati sia dall'inclinazione degli alberi



Fig. 58 - Panoramica del Lago di Telese.
- View of Telese lake.



Fig. 59 - Panoramica da foto aerea del Lago di Telese.
- Aerial view of Telese lake.

ad alto fusto presenti lungo le sponde, sia da disesti diffusi di manufatti e altre strutture a contorno (avvallamenti della strada circumlacuale, disarticolazione delle gabbionate a protezione delle sponde, etc.).

L'assetto stratigrafico dell'area lacuale (fig. 60), è caratterizzato, dall'alto verso il basso, da 1 m di suolo vegetale poggiante su un'alternanza di depositi travertinosi a granulometria sabbiosa, livelli piroclastici rimaneggiati con elementi di Ignimbrite Campana e strati di limo argilloso sab-

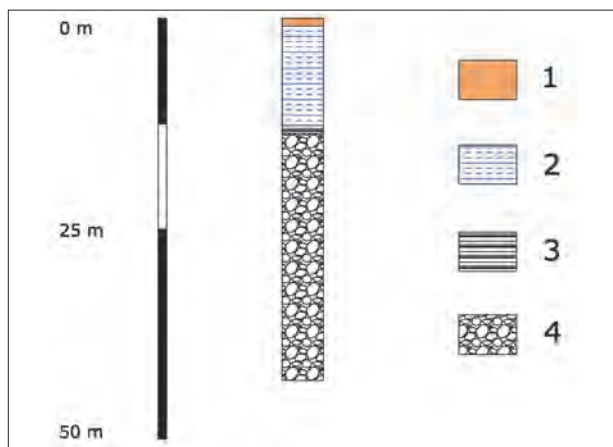


Fig. 60 - Ricostruzione stratigrafica del sottosuolo del Lago di Telese.
Legenda: 1) sabbia; 2) travertino, con intercalazioni di livelli piroclastici e limo-argilloso; 3) limo argilloso; 4) ghiaia in matrice sabbiosa.

- Stratigraphy of Telese lake area. Legend: 1) sand; 2) travertine, with pyroclastic and clay levels; 3) clayey mud; 4) gravel with sandy matrix.

bioso per uno spessore variabile di 10-12 m; in profondità seguono poi alcuni metri di sedimenti limo-argilloso di origine fluvio-palustre con incrostazioni di travertino ed almeno 30 m di depositi alluvionali antichi costituiti da ghiaie poligeniche in matrice sabbioso limosa.

I sinkholes recenti nel centro abitato

Recentemente, altri fenomeni da sprofondamento si sono verificati nel centro abitato, due dei quali nei pressi dell'ospedale e della caserma dei pompieri; le voragini sono state ricolmate artificialmente.

Con riferimento all'ultimo *sinkhole* apertosi in via Udine il 7 febbraio 2002 alle ore 19.30 (figg. 61, 62), è stato possibile consultare le indagini commissionate dal comune dopo l'evento che, tra l'altro, hanno visto sia l'esecuzione di un sondaggio geognostico all'interno del *sinkhole*, dopo che questo era stato preventivamente riempito, sia indagini di tipo sismico (ORTOLANI *et alii*, 2002).

Il *sinkhole*, al momento della sua formazione, presentava una forma sub circolare con un dia-



Fig. 61 - Panoramica da foto aerea del *sinkhole* di via Udine del 7 febbraio 2002.
- View from aerial photo of via Udine sinkhole (2002, February 7).



Fig. 62 - Immagine del *sinkhole* di via Udine del 7 febbraio 2002 (fonte: www.vivitelese.it).
- View of 2002 February 7 sinkhole in via Udine (from: www.vivitelese.it).

metro di circa 25 m per una profondità di circa 6 m; dopo lo sprofondamento si è subito riempito d'acqua che ha raggiunto praticamente il piano campagna a testimonianza della presenza di una falda in pressione.

Nel *sinkhole* è stato eseguito un sondaggio geognostico, dopo aver riempito e compattato i detriti e gli inerti per garantire il consolidamento della fascia spondale dell'area collassata e consentire l'accesso alla sonda; la perforazione ha evidenziato la presenza di una falda in pressione artesianiana (collocata tra i 25 ed i 32 m dal p.c. e risalente a circa +1 m dal p.c. attuale e ad oltre +2 m da quello naturale sottostante al terreno di riporto).

I sondaggi circostanti l'area collassata, nei pressi della Sorgente Occola, hanno evidenziato una stratificazione con andamento sub-orizzontale che dall'alto verso il basso (fig. 63) vede la presenza di materiale piroclastico incoerente a granulometria sabbioso-limosa che ingloba elementi litici di natura calcarea di piccole dimensioni, per uno spessore di circa 4 m. Questi terreni poggiano su un'alternanza di travertini sabbiosi e sabbie limose travertinosi, contenenti frustoli vegetali e piroclastiti rimaneggiate per uno spessore complessivo di 20-30 m.

Le prove geotecniche di laboratorio eseguite su campioni indisturbati, hanno mostrato litotipi sat-

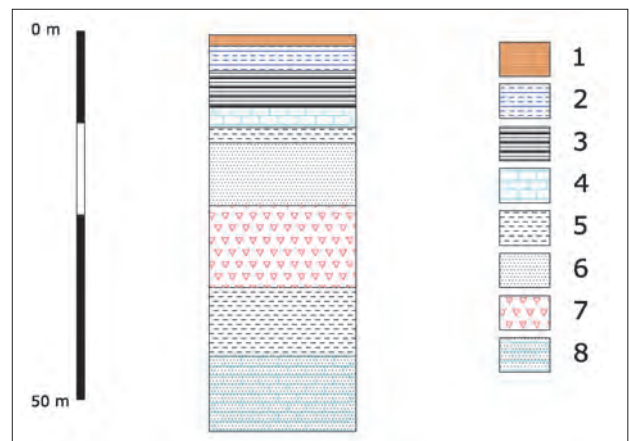


Fig. 63 - Stratigrafia dell'area del *sinkhole* di via Udine a Telesse. Legenda: 1) suolo; 2) limo con lenti di travertino; 3) torba; 4) travertino; 5) limo argilloso; 6) sabbie; 7) piroclastiti con lenti di sabbia; 8) sabbia travertinosi.
- Stratigraphy of via Udine sinkhole area at Telesse. Legend: 1) soil; 2) mud with travertine levels; 3) peat; 4) travertine; 5) clayey mud; 6) sands; 7) pyroclastics with sand levels; 8) travertinous sand.

uri, con caratteristiche fisico-meccaniche molto scadenti per i primi 6-8 metri (limi argillosi-torbosi prevalenti rispetto ai limi sabbiosi-travertinosi) e tra mediocri e scadenti oltre tali profondità e fino a 19-20 metri dal p.c. (frazione sabbiosa travertinosi prevalente su quella limoso-torbosa).

Ancora più in profondità, fino a 32-34 metri dal p.c., i parametri sono discreti, trattandosi di un deposito di piroclastiti rimaneggiate, da sciolte a bene addensate. Oltre i 34 metri dal p.c. i litotipi presentano buone ed ottime proprietà fisico-mecchaniche, trattandosi di sedimenti più francamente fluvio-lacustri.

Le indagini sismiche del tipo *Cross-Hole* e *Down-Hole*, hanno permesso di accertare la presenza di una "cavità" piena di acqua a circa 26 m dal p.c., profondità alla quale le V_p (velocità delle onde di compressione) mostrano i valori minori (300 m/sec) e le V_s (velocità delle onde di taglio) non si propagano.

4.4. – I FENOMENI DI SPROFONDAMENTO DI SOLOPACA

Nei pressi di Solopaca (fig. 64), in sinistra orografica del Fiume Calore, sono presenti almeno 11 depressioni subcircolari (D'ARGENIO, 1967;

DEL PRETE *et alii*, 2004) che si aprono lungo la fascia pedemontana del versante settentrionale del M.te Camposauro ed il fondovalle del F. Calore.

I *sinkholes* sono chiaramente allineati in direzione NE-SO lungo una fascia di circa 3 km, seguendo la faglia bordiera che delimita il versante nord del M.te Camposauro (figg. 64, 65); essi si aprono a quote comprese tra i 100 ed i 300 m s.l.m.; nel gergo locale sono denominati "Laghi", sebbene a memoria d'uomo non vi sia mai stata presenza di ristagno di acqua sul fondo. Presentano dimensioni non molto diverse tra loro con diametri di circa 50-70 m e profondità di 20-30 m.

Alcune depressioni si presentano ancora allo stato "naturale", mentre molte altre risultano alterate da attività antropiche. La maggior parte di queste ultime, infatti, è stata riutilizzata a scopi agricoli (fig. 66) e purtroppo in alcuni casi sono state utilizzate anche come luogo di discarica.

Lo sprofondamento più giovane, Fondo di Vitale, nei pressi di Casino Perlinceri, potrebbe

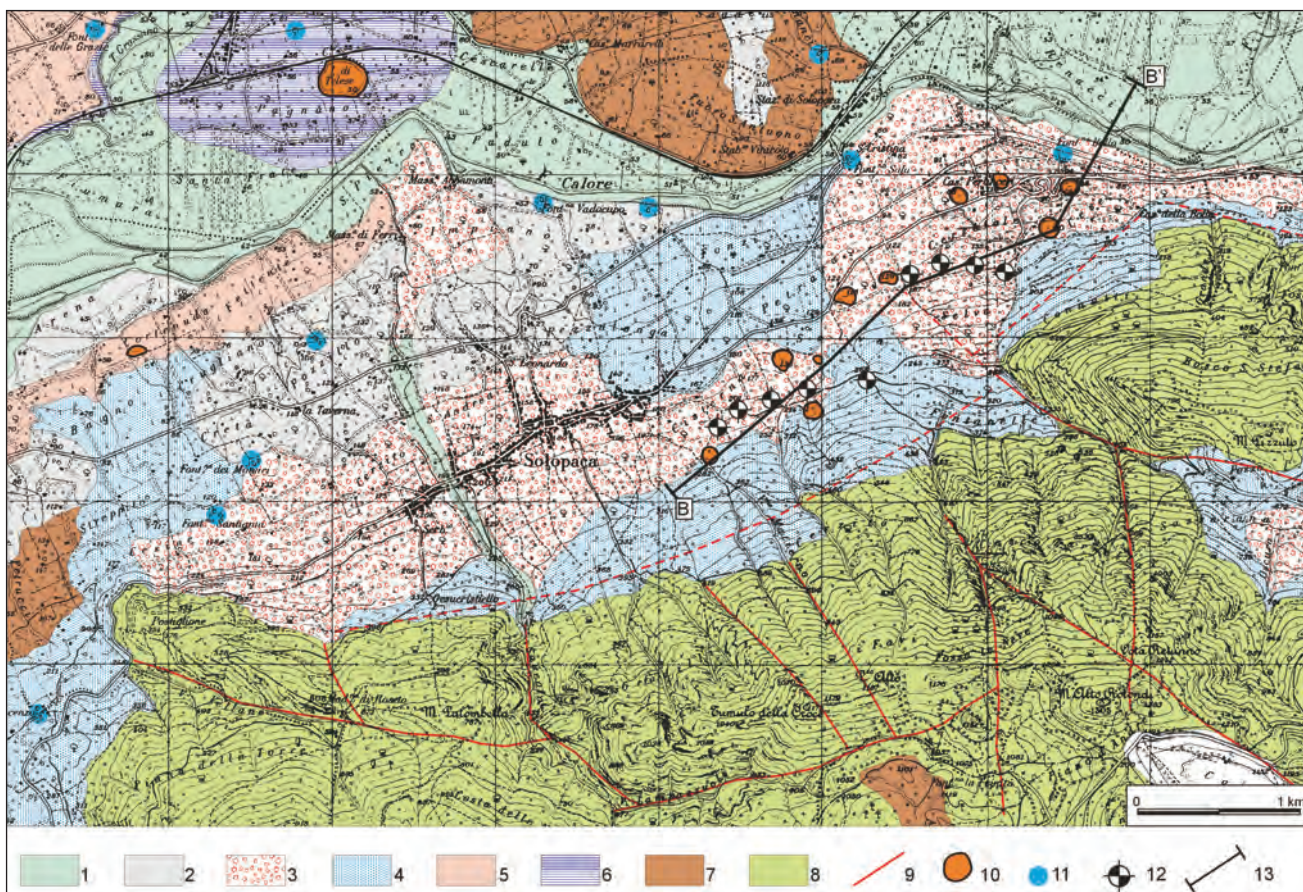


Fig. 64 - Schema geologico dell'area di Solopaca. Legenda: 1) alluvioni attuali (Olocene); 2) alluvioni recenti (Pleistocene sup.- Olocene); 3) depositi di conoide (Pleistocene sup. - Olocene); 4) detrito di versante e piroclastiti rimaneggiate (Pleistocene sup.- Olocene); 5) ignimbrite Campana (Pleistocene sup.); 6) travertini (Pleistocene sup.); 7) depositi calcareo-marnoso-arenacci (Miocene); 8) calcari (Mesozoico); 9) faglie principali; 10) *sinkhole*; 11) sorgenti e sorgenti sulfuree; 12) sondaggio; 13) traccia di sezione.

- Geological map of Solopaca area. Legend: 1) present alluvial deposits (Holocene); 2) recent alluvial deposits (upper Pleistocene-Holocene); 3) fan (upper Pleistocene-Holocene); 4) slope and pyroclastic deposits (upper Pleistocene-Holocene); 5) Campanian Ignimbrite (upper Pleistocene); 6) travertine (upper Pleistocene); 7) Miocene flysch; 8) Mesozoic limestones; 9) faults; 10) *sinkhole*; 11) spring; 12) borehole; 13) geological cross section.

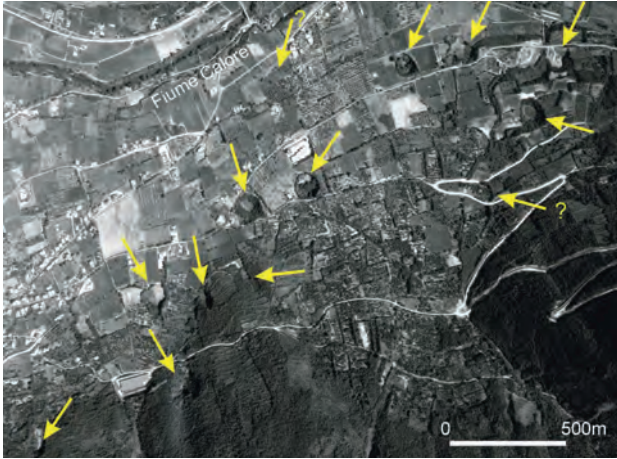


Fig. 65 - Panoramica da foto aerea dei *sinkholes* presenti presso l'abitato di Solopaca (BN) lungo le falde settentrionali del massiccio del Camposauro.
- View from aerial photo of *sinkholes* near Solopaca village at the foot of Camposauro Mountain.



Fig. 66 - *Sinkhole* coltivato a vigneto in località Petraia, nei pressi di Solopaca.
- Vineyard cultivated *sinkhole* near Solopaca.

risalire al 1840; tutti gli altri dovrebbero essere molto più antichi.

Dal punto di vista morfologico, generalmente presentano una morfologia circolare o ellittica, con pareti raramente verticali. Più frequentemente, infatti, presentano forma troncoconica con pareti talora rimodellate da piccoli fenomeni franosi sui cigli. Il fondo è generalmente piatto. In alcuni casi, inoltre, non mancano evidenze di una riattivazione del singolo fenomeno per la presenza di più ordini di scarpate all'interno del *sinkhole*.

Dal punto di vista litostratigrafico, quasi tutti gli sprofondamenti si sviluppano nei depositi clastici di conoide alluvionale quaternari che ricoprono, con spessori di alcune decine di metri, il substrato calcareo; solo in alcuni dei *sinkholes* più alti in quota affiora il substrato calcareo fratturato e carsificato.

La consultazione di alcuni sondaggi forniti dall'Ente Alto Calore e realizzati in zone limitrofe agli sprofondamenti, evidenzia la presenza di potenti spessori di conglomerati di conoide o breccie carbonatiche (oltre 200 m di spessore) con sottili intercalazioni piroclastiche, al di sotto di una esigua copertura di materiali piroclastici incoerenti e suolo.

La falda basale risulta localizzata a circa 50 m s.l.m. (ESPOSITO *et alii*, 2003), e pertanto dista a pochi metri dal piano campagna, nel caso dei *sinkholes* più orientali; più bassa di circa 70-80 m per quelle più occidentali e più alte in quota (fig. 67).

L'assetto stratigrafico ed idrogeologico dei *sinkholes* di Solopaca (presenza di potenti successioni di conoide alluvionale di natura calcarea a tetto del calcare carsificato) lascia ipotizzare fenomeni di intensa dissoluzione e formazione di sprofondamenti o nel substrato o nelle ghiaie di conoide ed induce ad ipotizzare un meccanismo genetico di tipo *cover collapse sinkhole*.

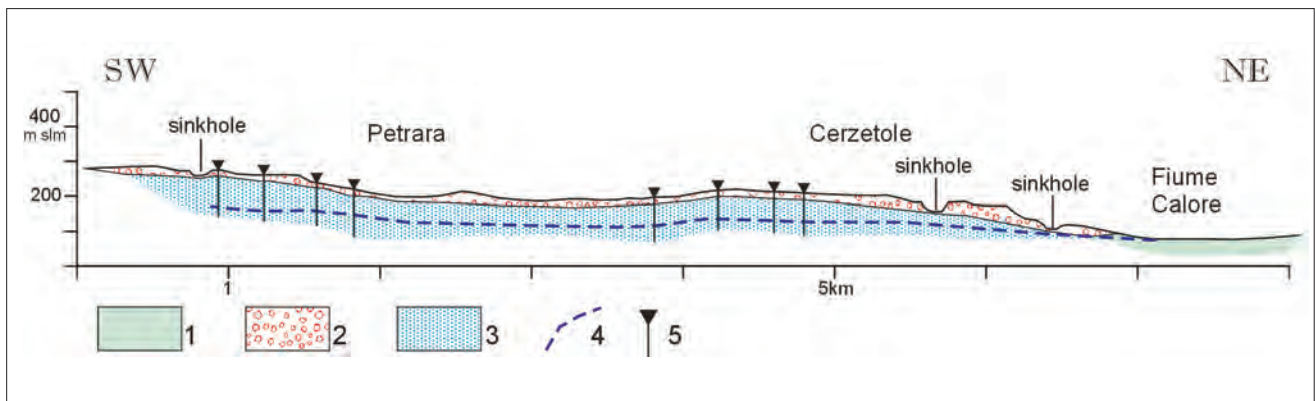


Fig. 67 - Sezione geologica dell'area a SE dell'abitato di Solopaca. Legenda: 1) alluvioni attuali (Olocene); 2) depositi di conoide (Pleistocene sup.-Olocene); 3) detrito di versante e piroclastiti rimaneggiate (Pleistocene sup. - Olocene); 4) falda; 5) sondaggio.
- Geological cross section of south eastern area of Solopaca village. Legend: 1) present alluvial deposits (Holocene); 2) fan deposits (upper Pleistocene-Holocene); 3) slope and pyroclastic deposits (upper Pleistocene-Holocene); 4) watertable; 5) borehole.

La carsificazione potrebbe essere facilitata dalla risalita di fluidi mineralizzati ed aggressivi lungo la faglia bordiera del M.te Camposauro (vedi presenza di alcune sorgenti minerali); non sono ancora chiari invece, il ruolo svolto dalla falda basale, che sembra essere più profonda rispetto al fondo delle depressioni e il rapporto tra sviluppo dei *sinkholes* e terremoti. Di fatto, per gli sprofondamenti di Solopaca non si hanno dati certi sulla loro età e probabilmente, in alcuni casi, potrebbero essere anche antichi e slegati dall'attuale assetto geomorfologico ed idrogeologico.

4.5 – ANALISI E CONSIDERAZIONI

Relativamente alla piana del Fiume Calore, sono noti numerosi fenomeni di sprofondamento che si sono manifestati nel corso dei secoli, come in occasione dell'evento sismico del 1349, quando si ebbe la formazione di diverse aperture subcircolari, fra cui il Lago di Teleso.

Dal 1349 ad oggi si sono verificati molti altri sprofondamenti (ad esempio, nel 2000 nei pressi della caserma dei pompieri), l'ultimo nel 7 febbraio 2002. L'attività microsismica del periodo 1-15 febbraio 2002, lungo la linea Fortore-Vulture, potrebbe aver contribuito alla attivazione di tali fenomeni.

I dati geologici raccolti possono essere così sintetizzati:

- presenza di travertini in alcuni settori della piana (con spessore variabile tra 7 e 14 metri);
- diffusi fenomeni carsici sui versanti che circondano l'area (in particolare sul rilievo di Montepugliano);
- profondità del substrato carbonatico nella piana maggiore di 55 metri;
- presenza di depositi alluvionali, costituiti in prevalenza da alternanze limoso-sabbiose;
- esistenza di un acquifero confinato in pressione che può operare un'escavazione nei depositi, sia perché questi ultimi sono facilmente erodibili, sia per le caratteristiche chimico-fisiche delle acque stesse;
- presenza di acque termali sulfuree di risalita profonda, la cui mineralizzazione ha origine dai depositi evaporitici presenti nel *bedrock* triassico.

Alla luce degli studi realizzati, la formazione degli sprofondamenti appare riconducibile a meccanismi genetici diversi.

Nel caso del Lago di Teleso, certamente rilevante appare la presenza di travertino in affioramento, anche se un ruolo determinante è svolto dalla circolazione sotterranea e quindi i meccanismi genetici responsabili potrebbero essere diversi (*collapse sinkhole* o *piping sinkhole*).

Il *sinkhole* del 2002 è un fenomeno più pro-

fondo, in assenza di travertino, legato all'aggressività delle acque nei confronti dei terreni incassanti, dalle caratteristiche geotecniche piuttosto modeste. Tale fenomeno può essere classificato come *piping sinkhole*.

La cavità riportata nella carta topografica del 1880 in località Pezza del Lago, e quelle attivate nella stessa area nel 2000, possono essere ricondotte allo stesso meccanismo genetico di *piping sinkhole*. Per quanto riguarda invece i fenomeni di Montepugliano, essi possono essere classificati come fenomeni carsici di superficie (*collapse sinkhole*). Infine, gli episodi di Solopaca, localizzati su coperture detritiche e collegati anch'essi ad episodi di carsismo, vanno classificati come *cover sinkhole*.