

ASPETTI GEOLOGICO-STRUTTURALI IN RELAZIONE ALLA FORMAZIONE DELLA "SINKHOLE PLAIN" DI S. VITTORINO

CENTAMORE ERNESTO*, **NISIO STEFANIA**** & **ROSSI DAVID***

*Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

**APAT – Dipartimento Difesa del Suolo, Roma

INTRODUZIONE

In Italia gli sprofondamenti catastrofici genericamente indicati come sinkholes, sono sempre più frequenti, generando situazioni di notevole pericolosità e rischio per l'ambiente umano e per le infrastrutture.

Con il termine sinkhole vengono in genere indicate cavità subcircolari che si formano in differenti contesti geologici attraverso meccanismi genetici assai differenti tra loro (NEWTON 1984; THARP, 1999; CAPELLI et alii, 2000; SALVATI & SASOWSKI, 2002; NISIO, 2003 cum biblio).

Nella Piana di S. Vittorino, che rappresenta una depressione tettonica colmata da depositi continentali tardo quaternari (CENTAMORE & NISIO, 2002a), sono localizzate numerose cavità subcircolari, che spesso racchiudono piccoli laghi, talora con acque mineralizzate (sinkholes s.s.). Per questo motivo la piana è stata ed è tuttora oggetto di numerosi studi (TENORE 1872; CREMA, 1924; RICCARDI 1951; MORI, 1983; NOLASCO, 1986, 1998; FACCENNA et alii, 1993; CAPELLI & PETITTA, 1998; BIGI et alii, 1999; COLOMBI et alii, 1999; BERSANI et alii, 2000; CAPELLI et alii, 2000; CIOTOLI et alii, 2001; BERSANI & CASTELLANO, 2002; CENTAMORE & NISIO, 2002a,b; BEAUBIEN et alii, 2003); essa rappresenta una classica sinkhole plain (o sinkhole prone area), e può costituire un'area campione per lo studio di questi fenomeni.

I recenti rilevamenti per la realizzazione del F° 358 Pescorocchiano nell'ambito del Programma CARG, hanno permesso di ricostruire in dettaglio il quadro geologico-strutturale, geomorfologico e idrogeologico dell'area in cui ricade la piana in questione e di formulare nuove ipotesi sulla formazione dei sinkholes e sul condizionamento esercitato dal contesto geologico sui processi genetici di tali dissesti.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE PRE DISTENSIONE

L'area studiata, al cui interno è localizzata la Piana di S. Vittorino, ricade nella zona di convergenza di quattro unità tettoniche, caratterizzate da una differente evoluzione paleogeografica, da un diverso stile deformativo e separate tra loro da elementi strutturali di importanza regionale.

Dalla più interna e strutturalmente più rilevata alla più esterna esse sono (Fig. 1a): l'Unità dei M.^{ti} Reatini; l'Unità M.^{te} Navegna; l'Unità Salto e l'Unità M.^{te} Nuria (CENTAMORE & NISIO, 2002a).

L'Unità dei M.^{ti} Reatini, affiorante nel settore settentrionale dell'area studiata, fa parte di una più estesa unità tettonica appartenente al dominio pelagico umbro-marchigiano-sabino. Essa si accavalla sia sull'Unità M.^{te} Navegna sia sull'Unità M.^{te} Nuria, tramite il sovrascorrimento dei M.^{ti} Reatini, (Figg. 1a, 2) caratterizzato da una superficie a basso angolo a direzione NNE-SSW. Quest'ultimo costituisce un segmento intermedio della linea Anzio-Ancona Auct., che rappresenta una rampa traspressiva destra sviluppatasi sulla master fault giurassica che aveva separato il dominio umbro-marchigiano-sabino

pelagico, dal dominio laziale-abruzzese, neritico. L'unità in questione è suddivisa al suo interno in scaglie minori da alcuni splays subparalleli al sovrascorrimento principale. Nell'area sono ben visibili due di queste scaglie (Figg. 2, 4): quella superiore, costituita dalla successione calcare massiccio, corniola, marne del Serrone, calcari di Cimata del Castello e maiolica, disposta in una blanda sinclinale, e quella inferiore, al tetto del sovrascorrimento principale, è formata dalla successione scaglia rosata e scaglia cinerea in giacitura rovesciata. Quest'ultima scaglia tettonica risulta particolarmente deformata dai processi tettonici compressivi, come mostrato dalla presenza di strutture tettoniche tipo fabric S/C, foliazioni, clivaggio da dissoluzione per pressione e numerose pieghe mesoscopiche, i cui fianchi orientali risultano spesso rovesciati. L'Unità dei M.^{ti} Reatini si accavalla nei pressi della dorsale di Calcariola sull'Unità M.^{te} Navegna e lungo il versante destro della Valle del Velino sull'Unità M.^{te} Nuria.

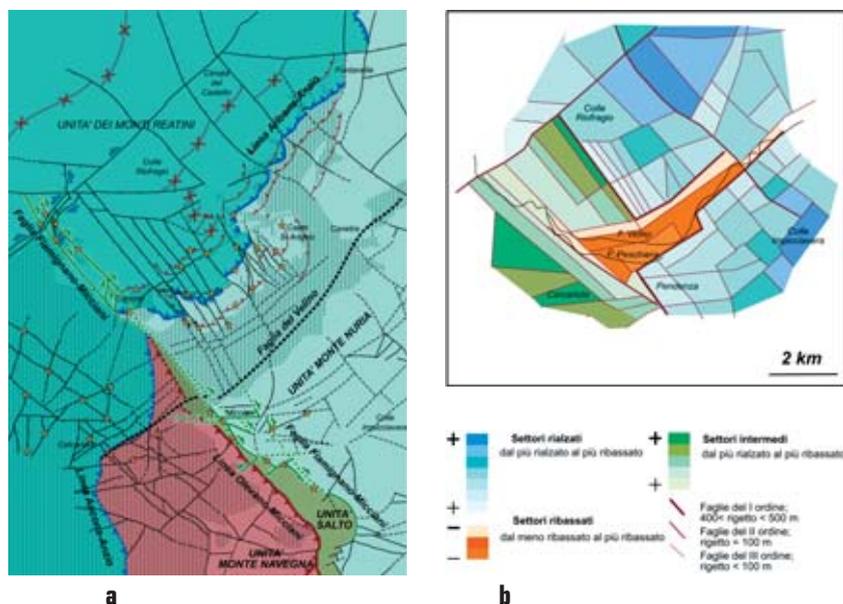


Fig. 1 - a) Schema strutturale dell'area studiata, il tratteggio verticale si riferisce alle coperture Plio-Pleistoceniche. Con le stelletle gialle sono indicate le stazioni di misura strutturale; b) Schema dei blocchi a movimenti verticali differenziati.

L'Unità M.^{te} Navegna affiora localmente nei pressi di Micciani e nella dorsale di Calcariola (Figg. 1a, 2) ed è ricoperta dai depositi villafranchiani; essa è costituita da una successione meso-cenozoica di rampa carbonatica cui seguono le torbiditi silicoclastiche messiniane. Tale unità è delimitata al suo fronte dalla linea Olevano-AnTRODOCO Auct., la cui continuità laterale è interrotta dalla faglia Fiamignano-Micciani; per questa ragione, tale elemento verrà denominato nel presente lavoro linea Olevano-Micciani. Questo importante elemento strutturale, del tutto indipendente dalla linea Anzio-Ancona, si è sviluppato esclusivamente all'interno del settore occidentale del dominio laziale-abruzzese (CENTAMORE & NISIO, 2002b). Tale sovrascorrimento a direzione NW-SE e immersione a SW, è dislocato da una serie di tear faults destre a direzione NE-SW (CENTAMORE & NISIO, 2002a). L'Unità Salto e l'Unità M.^{te} Nuria, costituiscono elementi strutturali minori di una unità tettonica regionalmente più estesa, del dominio laziale-abruzzese, l'Unità Gran Sasso-Marsica (CENTAMORE & NISIO, 2002b). L'Unità Salto è delimitata a letto dalla linea Olevano-Micciani e a tetto dalla faglia Fiamignano-Micciani, che costituisce un elemento strutturale assai complesso, ad attività polifasica in cui si sono sviluppati in tempi diver-

si processi di inversione tettonica (CENTAMORE & NISIO, 2002a cum biblio). Nell'area in esame l'Unità Salto (Figg. 1a, 2) è rappresentata solo da un esiguo lembo delle torbiditi silicoclastiche messiniane, estesamente affioranti nella depressione del Salto con spessori notevoli e probabilmente presenti anche nell'estremo settore sud-occidentale della Piana di S. Vittorino al disotto dei depositi villafranchiani e dell'Unità M.^{te} Navegna. L'Unità M.^{te} Nuria rappresenta l'unità tettonica più esterna e strutturalmente più bassa. Essa è delimitata a SW dalla faglia Fiamignano-Micciani e a NW dal sovrascorrimento dei M.^{ti} Reatini, attraverso il quale l'Unità dei M.^{ti} Reatini si accavalla sull'unità in esame (Figg. 1a, 2). L'Unità M.^{te} Nuria è caratterizzata da una potente successione carbonatica mesozoica di piattaforma interna, cui segue nel settore nord occidentale, in destra del F. Velino, una successione miocenica di rampa carbonatica, con depositi calcareo-marnosi dello spessore di 50-100 metri, chiusa al tetto dalle torbiditi sinorogeniche messiniane.

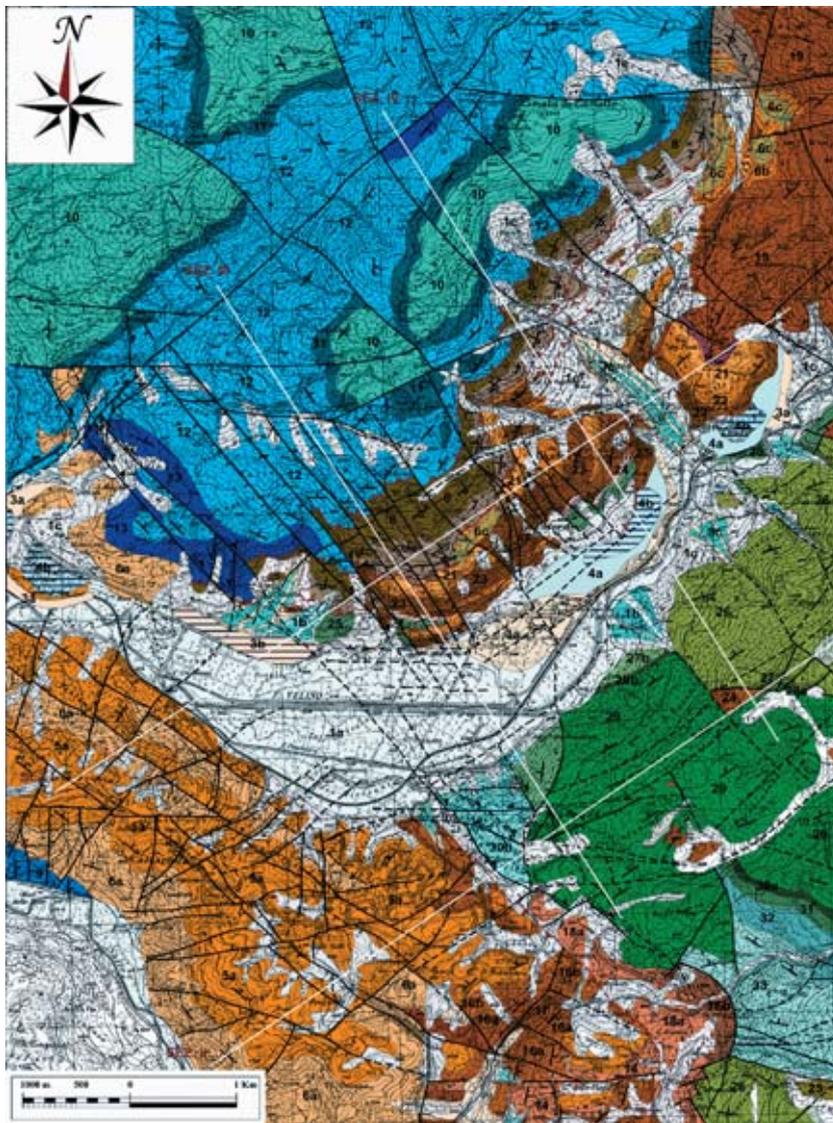


Fig. 2 – Carta geologica dell'area di studio.

Dal punto di vista strutturale l'unità in esame è organizzata in una ampia anticlinale nel blocco localizzato in sinistra del Velino (Dorsale di M. Nuria), mentre è dislocata da una serie di splays, con piani a debole immersione a NW, paralleli al sovrastante sovrascorrimento dei M.^{si} Reatini, nel blocco di M. Paterno-Canetra, in destra del Velino. Al tetto di ciascuno di questi sovrascorrimenti minori è localizzata la successione carbonatica cretaceo-miocenica mentre al letto si rinvengono i depositi marnoso-argillosi o le torbiditi silicoclastiche (CENTAMORE & NISIO, 2002b).

2. EVOLUZIONE MORFOSTRUTTURALE RECENTE

Nelle fasi precoci dell'evoluzione morfodinamica dell'area si osservano una relativa quiete tettonica, un lento e progressivo sollevamento regionale accompagnato da processi di erosione areale in condizioni climatiche subaride. Si forma così un primo paesaggio dalle forme morbide, con rilievi poco accentuati, di cui rimangono solo alcuni lembi residui (Superficie sommitale Auct.), e successivamente altre superfici a debole energia del rilievo, incassate nella Superficie sommitale e disposte in vari ordini altimetrici (Superfici relitte, CENTAMORE & NISIO, 2002a, b; 2003 cum biblio;). Nella parte media del Villafranchiano inferiore, insieme ad un brusco incremento del sollevamento regionale, si osserva un primo forte impulso della fase estensionale, caratterizzato da faglie con rigetti notevoli, talora superiori ai 200-300 m; a questi si accompagna lo sviluppo di eventi sismici di forte intensità.

La concomitanza di tutti questi fattori favorisce la dislocazione delle paleosuperfici e dei primi depositi continentali, l'aumento dei dislivelli tra i versanti e le conche, la messa in posto per gravità di blocchi di notevoli dimensioni e la genesi di grandi volumi di breccie (CENTAMORE & NISIO, 2002a, b, 2003). L'intensa attività tettonica estensionale prosegue anche dopo la messa in posto delle paleofrane e delle breccie, con ulteriori dislocazioni dei depositi dei versanti e delle paleosuperfici.

L'edificio compressivo, la cui costruzione si è completata con la fase del Pliocene inferiore, è stato poi disarticolato per gli effetti dell'azione, spesso concomitante, del sollevamento regionale, della tettonica distensiva e delle variazioni climatiche. Ne risulta un complesso assetto morfostrutturale a blocchi con movimenti verticali differenziati in cui si aprono depressioni tettoniche, come la Piana di S. Vittorino (CIOTOLI et alii, 2001; CENTAMORE & NISIO, 2002a,b; 2003) (Fig. 1b).

Le dislocazioni distensive possono essere raggruppate in diversi sistemi principali; esse mostrano una organizzazione azimutale delle strutture concentrata principalmente lungo le direzioni NW-SE e NE-SW, in misura minore NNW-SSE, N-S ed E-W. Queste ultime sono presenti soprattutto nella zona a cavallo della faglia Fiamignano-Micciani (Figg. 1a, 2).

Legenda Fig. 2.

Depositi olocenici e del Pleistocene superiore: 1a) Alluvioni recenti e alluvioni terrazzate del III ordine; 1b) Conoidi alluvionali; 1c) Detriti di versante. **Depositi del Pleistocene medio finale:** 3a) Alluvioni terrazzate del II ordine; 3b) Travertini; 3c) Conoidi alluvionali. **Depositi del Pleistocene medio inferiore:** 4a) Alluvioni terrazzate del I ordine; 4b) Travertini; 4c) Conoidi alluvionali. **Depositi villafranchiani del Bacino di Rieti:** 5a) depositi fluvio-lacustri (Villafranchiano superiore); 6a) Paleofrane; 6b) Paleofrane; 6c) Breccie (Villafranchiano inferiore). **Unità dei Monti Reatini:** 7) Scaglia cinerea; 8) Scaglia rossa; 9) Maiolica; 10) Calcari di Cimata del Castello; 11) Marne del Serrone; 12) Corniola; 13) Calcarea Massiccio. **Unità Monte Navegna:** 14) Torbiditi silicoclastiche messiniane; 15) Marne a Orbulina; 16a) Unità marnoso-argillosa membro superiore; 16b) Unità marnoso-argillosa membro inferiore; 17) Calcareniti a punti rossi. **Unità Salto:** 18a) Torbiditi silicoclastiche messiniane; 18b) Torbiditi silicoclastiche messiniane con olistostromi. **Unità M. Nuria:** 19) Torbiditi silicoclastiche messiniane; 20) Marne a orbulina; 21) Unità argilloso-marnosa; 22) Calcareniti a punti rossi; 23) Calcareniti arancioni; 24) Calcareniti a macroforaminiferi; 25) Calcari a radioliti; 26) Calcari ciclotemici a requenie; 26b) Calcari intrabauxitici; 27a) Calcari e marne a Salpingoporella; 27b) Calcari a coralli; 28a) Calcari a requenie e caprotine; 28b) Calcari a clasti neri e gasteropodi; 29) Calcari ciclotemici a gasteropodi; 30a) Calcari a clasti neri e gasteropodi; 30b) Calcari a Ellipsactinie; 31) Calcari a coralli e diceratidi; 32) Calcareniti a echinodermi e coralli; 33) Unità calcarea dolomitica.

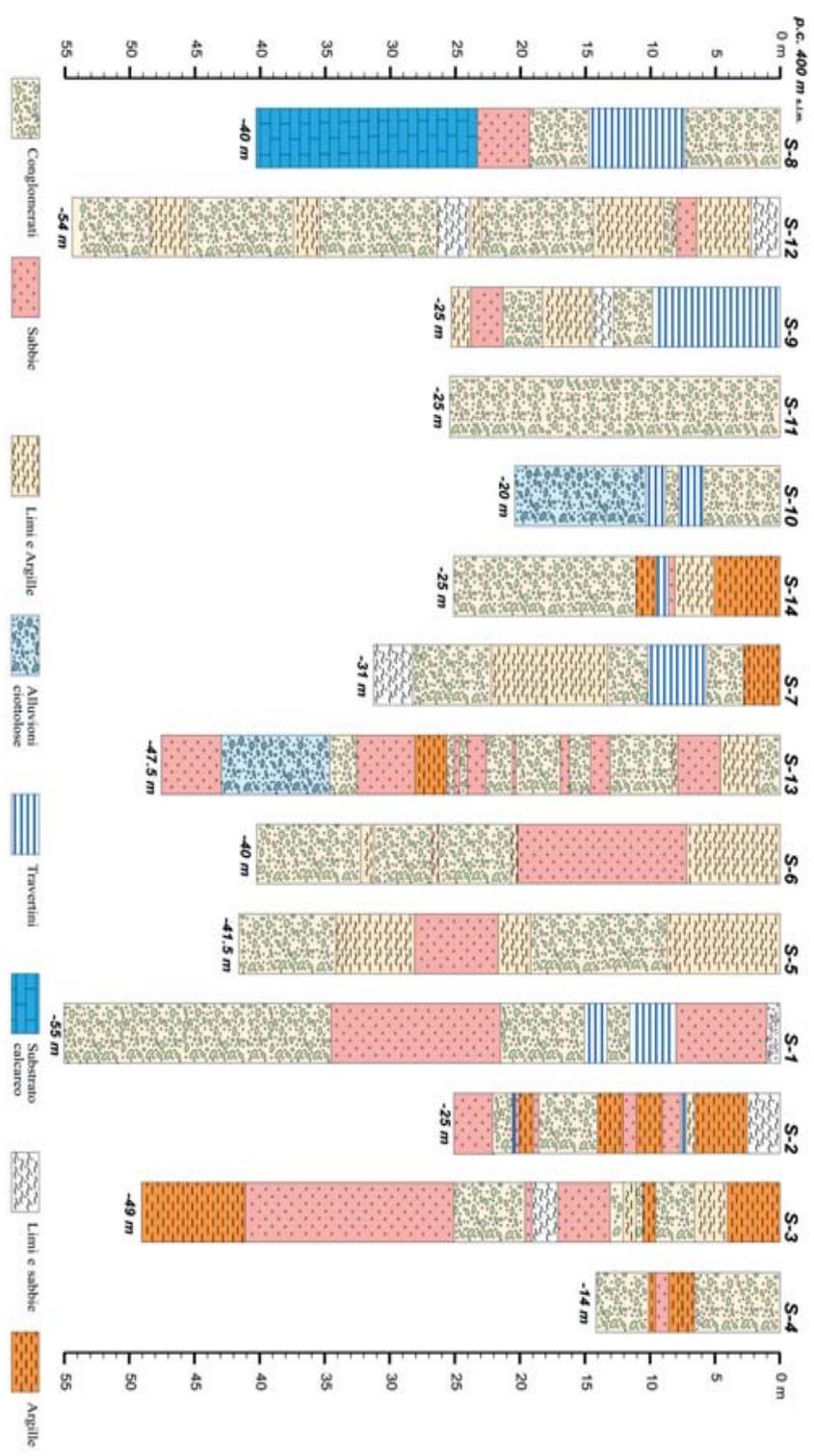


Fig. 3 – Stratigrafie dei sondaggi eseguiti nella Piana di S. Vittorino. La localizzazione dei sondaggi è riportata in Fig. 5.

L'evoluzione morfostrutturale recente dell'area è stata notevolmente condizionata dall'attività degli elementi strutturali preesistenti. Alcune faglie distensive sono sicuramente di neoformazione, ma nella maggior parte dei casi dislocazioni formatesi nelle fasi tettoniche precedenti vengono riattivate in senso normale e trastensivo, spesso con processi di inversione tettonica (CENTAMORE et alii, 2002; CENTAMORE & NISIO, 2002a, b; 2003 cum biblio). L'esempio più evidente è quello del sistema su cui si è sviluppata la faglia Fiamignano-Micciani, che è stato riattivato in più riprese in senso normale o trastensivo nelle fasi tettoniche più recenti (CENTAMORE & NISIO, 2002a, b; 2003 cum biblio). Il segmento che attraversa la Piana di S. Vittorino non è facilmente individuabile sul terreno, anche a causa dei continui e radicali interventi antropici, che dalla fine dell'ottocento hanno modificato drasticamente l'antico paesaggio lacustre, ma sembra coincidere con l'allineamento Micciani - S. Vittorino (FACCENNA et alii, 1993; CIOTOLI et alii, 2001; CENTAMORE & NISIO, 2002a). Alla tettonica quaternaria è legata la sismicità storica e recente evidenziata da trincee e faglie che dislocano depositi del Pliocene superiore e dell'Olocene (MICHETTI et alii, 1994).

Alla fine del Pleistocene inferiore si registra un nuovo intenso incremento del sollevamento regionale (fino a 2000 m) e della tettonica estensionale insieme ad una brusca variazione climatica di tipo freddo-arido. Tali fattori favoriscono la formazione di un reticolo di drenaggio caratterizzato da strette e profonde valli a "V".

Nel corso del Pleistocene medio-superiore, perdurando i processi del sollevamento regionale e della tettonica estensionale, si osservano alternanze di condizioni climatiche da freddo-aride a temperato-unide. Le alternanze tra fasi deposizionali e fasi erosionali e il persistere del sollevamento regionale hanno favorito la formazione di depositi terrazzati disposti in vari ordini altimetrici (CENTAMORE & NISIO, 2002a, b; 2003, cum biblio). Tali depositi sono costituiti da alluvioni ciottoloso-sabbiose, con lenti limoso-argillose, e da conoidi alluvionali, depositi vulcanici e da placche di travertino, di spessore variabile, che in genere chiudono la successione. Anche i depositi appartenenti ai suddetti terrazzi appaiono più o meno intensamente dislocati dalla tettonica recente.

Per quanto riguarda i travertini essi sono costituiti dall'associazione di diverse litofacies, caratteristiche di diversi ambienti (lacustre-palustre, di pendio più o meno inclinato, di cascata). La loro formazione in condizioni climatiche fredde, sembrerebbe legata all'attivazione di importanti eventi tettonici collegati a crisi sismiche, che avrebbero favorito la risalita delle acque di un circuito termominerale profondo attraverso la formazione o la riattivazione di faglie (BRANCACCIO et alii, 1992). L'esistenza di questo circuito profondo è attualmente evidenziata dalle emergenze di acque mineralizzate e di gas (CO_2 , H_2S , elio, radon). In particolare i travertini appartenenti al terrazzo del I ordine (Canetra, S. Rocco, Cittaducale), sembrano essersi depositati in una serie di vasche a gradinata, degradanti verso la conca di Rieti. Le litofacies di cascata, affioranti a S. Rocco e Cittaducale (CARRARA et alii, 1993), sono localizzate lungo allineamenti corrispondenti a dislocazioni tettoniche, e potrebbero evidenziare la formazione di modeste scarpate legate ad una fase tettonica che si sarebbe sviluppata immediatamente dopo la formazione del travertino (CENTAMORE & NISIO, 2002a,b).

Infatti nel Pleistocene medio-finale si registra un evento tettonico molto importante, con cinematiche trastensive destre (FACCENNA et alii, 1993; CENTAMORE & NISIO, 2002a, b; 2003), cui è legata la formazione della Piana di S. Vittorino, con la sua peculiare forma triangolare, nonché l'attuale assetto morfostrutturale dell'area in esame.

In questo quadro i movimenti trastensivi, già delineatisi durante la deposizione dei travertini del I ordine, si sviluppano attraverso il sistema di faglie NW-SE, in cui il ruolo più importante è assunto dalla riattivazione della faglia Fiamignano-Micciani, lungo la quale si misurano i rigetti più significativi, e in misura minore, dalla faglia Mozza-Cerquara, appartenente allo stesso sistema, che borda a NE la Piana di S. Vittorino.

La dorsale M.^{te} Paterno-Montagna dei Cesoni e i depositi del terrazzo del I ordine localizzati tra questi due importanti elementi strutturali vengono intensamente collassati attraverso una serie di blocchi ribassanti progressivamente verso SE e verso SW e vanno ad occupare gran parte della depressione, che può essere considerata una sorta di bacino di pull-apart dalla geometria irregolare (CENTAMORE & NISIO, 2002a cum biblio). La conca così formatasi viene poi colmata dai depositi alluvionali più recenti, che nella zona più depressa, raggiungono spessori superiori ai 180-200 m. Dall'analisi di alcuni sondaggi effettuati nell'area (Fig. 3), che purtroppo non raggiungono mai il substrato, i depositi che colmano la conca sono caratterizzati da numerose e rapide variazioni latero-verticali di facies. I travertini, alla cui dissoluzione molti Autori attribuiscono la causa dei collassi, sono del tutto assenti nella parte meridionale della conca e sono stati individuati solo in alcuni sondaggi più prossimi alla dorsale di M.^{te} Paterno essi sembrano appartenere ai lembi del terrazzo del I ordine, ribassati per faglia e ricoperti dai depositi più recenti.

3. CENNI SUL CARISMO DELL'AREA

Nell'area in esame, dove predominano largamente le formazioni carbonatiche, sono molto sviluppati i processi carsici, che costituiscono uno degli agenti morfogenetici più importanti nell'evoluzione morfodinamica dell'area.

In base alla presenza di cavità carsiche, ipogee ed epigee, a diversa evoluzione e tipologia, si possono distinguere alcuni settori, caratterizzati ciascuno da una particolare morfologia carsica. La maggior parte delle forme carsiche presenti nella zona studiata si è sviluppata sulla paleosuperficie più bassa e più recente (paleosuperficie di Fontanelle, o paleosuperficie del II ordine, CENTAMORE & NISIO, 2002a) e la loro evoluzione risulta fortemente condizionata dall'assetto strutturale dei singoli settori (NISIO & ROSSI, 2003). Sul versante nord-occidentale della dorsale M.^{te} Impicciavera-M.^{te} Serrasecca, costituita da una potente successione carbonatica mesozoica, si rinven-gono numerose doline in genere allineate lungo il sistema di faglie a direzione NE-SW e localizzate all'intersezione con le dislocazioni NW-SE. La loro tipologia è caratteristica di un carsismo giovane che si è sviluppato in un'area caratterizzata da un notevole tasso di sollevamento recente (NISIO & ROSSI, 2003). All'interno di tale unità è sviluppato anche un carsismo ipogeo evidenziato dalle cavità carsiche presenti all'interno dell'emergenza delle sorgenti del Peschiera.

Sulla sommità della dorsale Montagna dei Cesoni-M.^{te} Paterno-Pratomiccio, dove affiorano le formazioni carbonatiche giurassiche, sono presenti numerose doline, con tipologie pressochè simili e quelle del settore M.^{te} Impicciavera-M.^{te} Serrasecca; anche queste forme si sviluppano all'intersezione delle dislocazioni.

Il versante Paterno-Castel S. Angelo, è caratterizzato invece da cavità carsiche diverse dalle altre per tipologia ed evoluzione. La caratteristica principale di tali forme, interessate tra l'altro da fenomeni di collasso e di crollo, è quella di essere posizionate al contatto calcari-marne al tetto degli splays che suddividono in diverse scaglie tettoniche questo settore dell'Unità M.^{te} Nuria. Tra l'altro al contatto calcari-marne dei sovrascorrimenti citati sono localizzate le emergenze di alcune falde sospese, che alimentano locali acquedotti e molto probabilmente, anche il Lago di Paterno.

La Piana di S. Vittorino è invece caratterizzata, come già detto in precedenza, dalla presenza di numerose cavità circolari legate a fenomeni di collasso (sinkholes), che racchiudono laghetti o piccole fosse, spesso con acque mineralizzate, solfifere o ferruginose. I sinkholes, la cui formazione è legata, come si vedrà più avanti, alla presenza di un substrato carbonatico carsificato, sono concentrati per la massima parte nella zona settentrionale della Piana, delimitata a SW dalla faglia Fiamignano-Micciani e a NE dalla

faglia Mozza-Cerchiarà. Essi sono allineati secondo direzioni NE-SW tra Vasche e Case Paterno, E-W tra le Terme di Cotilia e S. Vittorino, e NW-SE in una stretta fascia a direzione appenninica, compresa tra le Terme di Cotilia-S. Vittorino a NW, e le sorgenti del Peschiera-Micciani a SE (Fig. 5). Inoltre essi sono localizzati all'intersezione tra i vari sistemi di dislocazioni. I fenomeni di collasso si sviluppano in concomitanza di crisi sismiche o di eventi meteorici estremi.

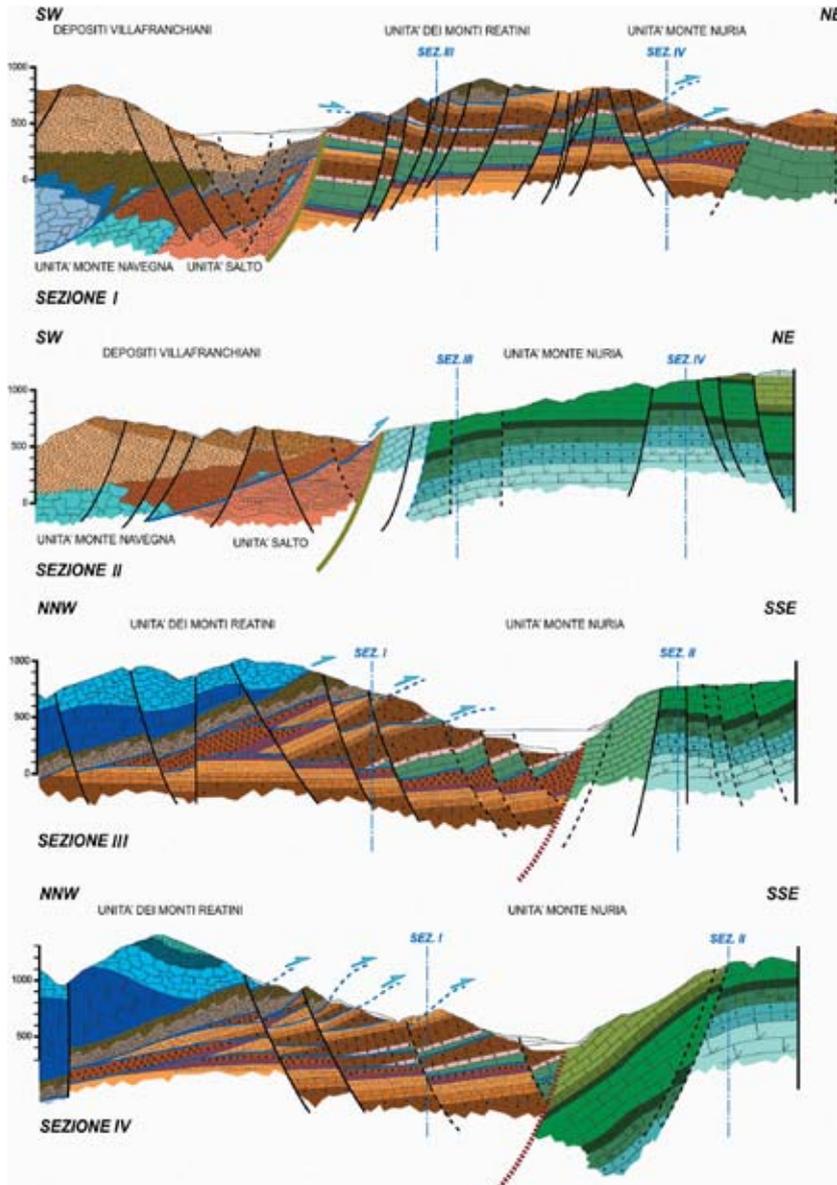


Fig. 4 – Sezioni geologiche dell'area di studio. Le tracce delle sezioni sono riportate sulla carta geologica di Fig. 2.

4. DISCUSSIONE DEI DATI E CONCLUSIONI

Dai dati sopra esposti emergono alcuni importanti elementi di discussione che permettono di individuare le relazioni esistenti tra il contesto geologico s.l. e la genesi degli sprofondamenti.

- L'attuale assetto morfo-strutturale a blocchi con movimenti verticali differenziali (Fig. 1b), tra i quali si apre la Conca di S. Vittorino, è stato notevolmente condizionato dalla presenza di elementi strutturali formatisi durante le fasi tettoniche precedenti, e riattivatisi più volte, anche con processi di inversione tettonica.
- La conca di S. Vittorino ha assunto la sua particolare geometria per gli effetti di una fase tettonica con caratteri trastensivi, principalmente destri, che si è sviluppata dopo il Pleistocene medio.
- La faglia Fiamignano-Micciani, la faglia Mozza-Cerquara e la faglia del Velino (Fig. 1a) suddividono l'area in esame in blocchi con caratteristiche litologiche, strutturali e idrogeologiche differenti.

In questo contesto il blocco sudoccidentale, corrispondente alla dorsale di Calcariola, delimitata a NE dalla faglia Fiamignano-Micciani, è costituito, al disotto dei depositi villafranchiani del Bacino di Rieti, dall'appilamento di tre unità tettoniche (Unità dei M.^{ti} Reatini, l'Unità M.^{te} Navegna e l'Unità Salto) localmente composte per la gran parte da depositi a bassa permeabilità (scaglia cinerea, formazione Guadagnolo, unità argilloso-marnosa e torbiditi silicoclastiche messiniane) (Figg. 1a, 2). Il blocco in questione esercita perciò una funzione di "tampono" per la circolazione dei fluidi, e non presenta tracce evidenti di un significativo carsismo.

Il blocco sudorientale (dorsale M.^{te} Impicciavera-M.^{te} Serrasecca), formato da una potente successione carbonatica ad alta permeabilità, è caratterizzato dalla presenza di una falda regionale, le cui emergenze principali sono localizzate nelle sorgenti del Peschiera (Fig. 5).

L'estremo blocco nordoccidentale (Montagna dei Cesoni-M.^{te} Paterno) rappresenta invece un elemento molto articolato sia dal punto di vista strutturale sia da quello idrogeologico. La scaglia tettonica superiore dell'Unità dei M.^{ti} Reatini, costituita in gran parte dalla successione carbonatica triassico-giurassica umbro-marchigiano-sabina, disposta in una blanda sinclinale, rappresenta un buon acquifero tamponato alla base dall'acquiclude della scaglia cinerea che viene drenato in gran parte al di fuori dell'area studiata. Il sottostante settore di M.^{te} Paterno, suddiviso al suo interno da una serie di sovrascorrimenti minori, al cui letto sono presenti depositi argilloso-marnosi a bassa o nulla permeabilità, rappresenta un sistema idrogeologico complesso, costituito da una serie di acquiferi, delimitati a letto e a tetto da livelli impermeabili. Il più importante di questi livelli rappresentato dalle torbiditi silicoclastiche localizzate alla base del sovrascorrimento inferiore e di notevole spessore; tale orizzonte potrebbe perciò assumere un ruolo significativo nell'intero contesto idrogeologico dell'area studiata. Lungo il versante questi acquiferi alimentano piccole sorgenti localizzate all'emergenza dei piani di sovrascorrimento, mentre nei settori ribassati nella conca di S. Vittorino ricoperti da depositi alluvionali recenti, costituiscono il recapito delle falde confinate a pressione (Fig. 4). Le acque mineralizzate, i gas e le anomalie di elio e di radon sono concentrati principalmente nell'estremo settore settentrionale della piana tra S. Vittorino e Vasche, e lungo gli allineamenti Mozza-Cerquara e S. Vittorino-Micciani (CIOTOLI et alii, 2001; CENTAMORE & NISIO, 2002a cum biblio) (Fig. 5).

- Le acque mineralizzate, i gas, le anomalie di radon ed elio sembrano collegati con un circuito termominerale profondo che è messo in comunicazione con la superficie tramite gli elementi tettonici più profondi, quali la faglia Fiamignano-Micciani. Questi fluidi termominerali, caratterizzati dall'associazione di H₂S, CO₂ e radon ed elio, possono essere legati alla fase tardiva di un magmatismo locale, tra l'altro evidenziato dal vicino affioramento lavico di Cupaello, oppure possono far parte di acque fossili, legate alla presenza di idrocarburi, che risalgono in superficie attraverso le faglie profonde.
- I depositi continentali che colmano la conca in esame, presentano rapide e continue variazioni latero-verticali di facies (Fig. 3); i depositi travertinosi sono alquanto discontinui e non sempre sono presenti in tutte le successioni. Nell'insieme tali depositi costituiscono un complesso idrogeologico a bassa permeabilità e sede di falde minori.
- Al bordo del versante settentrionale e del versante sud-orientale sono localizzate le emergenze di sorgenti di acqua dolce, che appartengono a sistemi idrogeologici diversi. Le portate delle sorgenti ubicate lungo il bordo settentrionale della conca, che fanno parte del complesso sistema idrogeologico di M.^{te} Paterno presentano portate di circa 2000 l/s, mentre quelle presenti sul bordo sud-orientale, cui appartengono le importanti sorgenti del Peschiera, e che rappresentano l'emergenza di una importante falda regionale del sistema carbonatico M.^{te} Giano-M.^{te} Nuria-M.^{te} Velino, raggiungono i 18.000 l/s (BONI et alii, 1995).
- Si osserva un confinamento tra le due principali facies idrogeochimiche, quelle bicarbonato-solfato-calciche, prevalenti sul margine settentrionale. Inoltre si rileva un mixing particolarmente sviluppato nel settore settentrionale, quasi assente in quello meridionale con una riduzione del mixing stesso lungo le principali dislocazioni appenniniche (CIOTOLI et alii, 2001).

Gli improvvisi collassi catastrofici sono in genere associati ad anomalie dei fluidi e dei gas lungo le principali dislocazioni e sono talora accompagnati da boati e tremori.

In conclusione analizzando i dati sopra esposti si possono trarre alcune considerazioni sulla genesi dei sinkholes presenti nella Piana di S. Vittorino e sul controllo esercitato dal contesto geologico-strutturale nell'evoluzione di questi fenomeni di sprofondamento.

Dalla distribuzione dei sinkholes, delle acque mineralizzate, e dall'andamento delle anomalie dei gas sembra evidente che i sinkholes si siano sviluppati in un'area localizzata sul settore sprofondato del blocco di M.^{te} Paterno.

Infatti le caratteristiche geologico-strutturali e idrogeologiche di questo blocco, e dall'assetto piuttosto complesso, sembrerebbero favorire la formazione e la localizzazione dei collassi catastrofici.

- a) Il settore in esame, come descritto in precedenza, è caratterizzato da un substrato carbonatico carsificato, strutturato da una serie di sovrascorrimenti, alla cui base sono presenti depositi argilloso-marnosi o torbiditi silicoclastiche, e dislocato da vari sistemi di faglie;
- b) Gli acquiferi delimitati a tetto e a letto da depositi a bassa permeabilità favoriscono la formazione di falde confinate in pressione;
- c) La presenza alla base del sovrascorrimento inferiore di un potente orizzonte silicoclastico, che rappresenta l'acquicluda più importante del blocco, isola dal contesto geologico generale il blocco stesso. Probabilmente a questo potente acquicluda è legato il relativo confinamento tra le acque dolci del settore settentrionale e quelle del settore meridionale, il controllo della risalita delle acque del circuito termominerale profondo verso il settore settentrionale e il ridotto mixing tra il settore settentrionale e quello meridionale;
- d) La presenza, al disopra del blocco in esame, di una potente copertura continentale, caratterizzata da una notevole eterogenità dei depositi e dalla presenza discontinua di livelli travertinosi. Tale copertura costituisce un complesso a bassa permeabilità in cui hanno sede falde minori.

Le cause principali degli sprofondamenti vanno ricercate principalmente nei processi di suffusione, che si sviluppano per la risalita delle acque attraverso le faglie e le fratture che dislocano il substrato carbonatico, provocando la mobilizzazione e l'erosione dal basso (piping) dei depositi continentali sovrastanti, cui si aggiungono gli effetti dei processi di dissoluzione legati alla risalita di H_2S e CO_2 attraverso le stesse dislocazioni (Nisio, 2003).

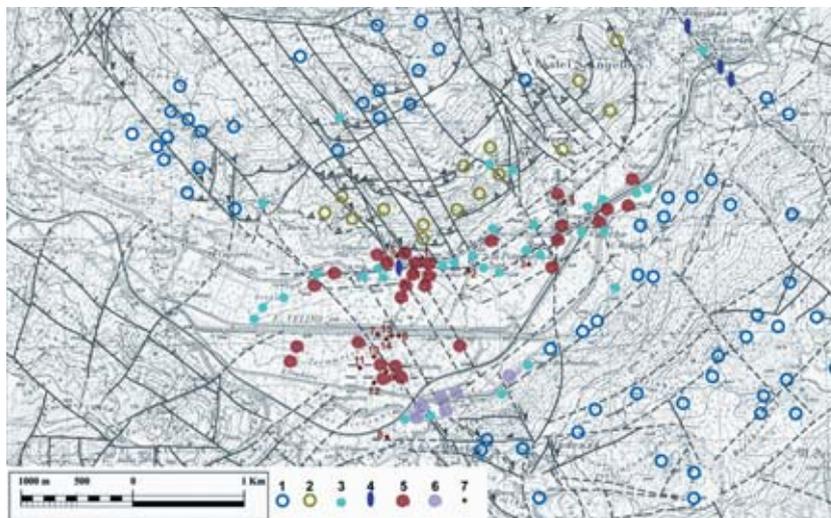


Fig. 5 – Schema della distribuzione delle doline, dei sinkholes e delle sorgenti: 1) doline; 2) doline sfondate; 3) sorgenti; 4) sorgenti solfuree; 5) sinkholes; 6) sinkholes “estinti”; 7) ubicazione dei sondaggi

Tali processi subirebbero degli incrementi rilevanti in occasione di eventi sismici o di eventi meteorici di notevole intensità, a causa delle variazioni di pressione nelle falde confinate nel substrato carbonatico. Sembra del tutto irrilevante invece il ruolo dei travertini, alla cui dissoluzione molti Autori fanno risalire l’innescò degli sprofondamenti. Tra l’altro questi depositi sono molto discontinui e in alcune aree del tutto assenti.

Per quanto riguarda la mancanza di fenomeni di sprofondamento recenti nel settore sud-orientale della piana e la quasi totale assenza in quello localizzato a SW dell’allineamento Micciani-S. Vittorino (prolungamento della faglia Fiamignano-Micciani) le cause vanno ricercate nel contesto geologico-strutturale e idrogeologico di questi due settori, molto diverso da quello desunto per il blocco di M.^{te} Paterno.

Nell’estremo settore sud-orientale della piana non si individuano fenomeni di sprofondamento recenti od attuali, ne sono state segnalate delle forme riferibili a tali fenomeni, ormai riempite da materiali franati e livellati da pratiche antropiche. Le tracce di tali sprofondamenti sarebbero localizzate lungo l’allineamento della faglia bordiera del blocco di Pendenza, lungo la quale si sarebbe verificato lo sprofondamento verso la conca di un settore della dorsale di M.^{te} Nuria. Quest’ultimo fa parte di un grande acquifero, recapito di una grande falda di base regionale. Nel settore ribassato, tale falda rimane confinata tra i livelli a bassa permeabilità del settore a SW della faglia Fiamignano-Micciani e dei soprastanti depositi quaternari, mentre più a N tale blocco viene a contatto con il complesso sistema idrografico del settore ribassato di M.^{te} Paterno. In questo quadro i fenomeni di piping si sarebbero sviluppati, con meno efficacia, essenzialmente lungo la faglia bordiera anzidetta, mentre all’interno della dorsale gli effetti delle crisi sismiche e degli eventi meteorici estremi si esplicherebbero solamente tramite fluttuazioni del livello della falda libera, cui sarebbero legate le variazioni delle portate all’emergenza delle sorgenti e modificazioni della morfologia carsica ipogea.

Nel settore a SW della faglia Fiamignano-Micciani dove è localizzato un articolato complesso idrogeologico a bassa permeabilità e poco o nulla carsificato, i processi di sprofondamento non si sviluppano, poichè mancano i requisiti necessari per l'innescio di tali fenomeni. Il quadro sopra esposto sembra del tutto compatibile con il contesto geologico ricavato dai recenti rilevamenti di superficie. La mancanza di sondaggi profondi non permette purtroppo di delineare con esattezza la profondità del substrato carbonatico ed in particolare il limite tra il blocco di M.^{te} Nuria e quello di M.^{te} Paterno, che presentano caratteristiche idrogeologiche molto diverse.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BERSANI P., BIAGI P. F., FERRANTI C. & PIOTTI A. (2000) – Gli sprofondamenti della Piana di S. Vittorino (Rieti). *L'Aquila*, 1/2000, 39-48.
- BERSANI P. & CASTELLANO F. (2002) – I sinkhole della Piana di S. Vittorino (Rieti) e il rischio idraulico connesso. In: *Le voragini catastrofiche, un nuovo problema per la Toscana*. Atti del Convegno 31 marzo 2000 (GR). Regione Toscana, 47-61.
- BIGI G., CAPELLI G., MAZZA R., PAROTTO M., PETITTA M. & SALVATI R. (1999) – Strutture di collasso del piana di S. Vittorino (Fiume Velino, Lazio): interazione tra circolazione idrica sotterranea e tettonica attiva. Convegno Conoscenza e salvaguardia delle aree di Pianura. Ferrara Italy, 8-11 novembre 1999.
- BEAUBIEN S.E., CIOTOLI G., LOMBARDI S., NISIO S. & NOLASCO F. (2003) - Indagini Geologiche E Geochimiche per lo Studio del Rischio Sinkholes nella Piana di S. Vittorino Atti Conv. 4° Forum FIST Bellaria (Rimini) 16-18 sett. 2003. Vol Abs., 357-359.
- BONI C., CAPELLI G. & PETITTA M. (1995) – Carta idrogeologica dell'alta e media valle del F. Velino. *Sistem cart*, Roma.
- BRANCACCIO L., D'ARGENIO B., FERREOLI V., STANZIONE D, TADDEUCCI A. & VOLTAGGIO M. (1992) - I travertini di Rocchetta a Volturmo (Molise): datazioni con ²³⁰Th e modello deposizionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, **41** (1998), 673-683.
- CAPELLI G. & PETITTA M. (1998) – La Piana di S. Vittorino: rischi geologici e idrogeologici. *Tevere rivista dell'Autorità di Bacino del Tevere*.
- CAPELLI G., PETITTA M. & SALVATI R. (2000) – Relationships between catastrophic subsidence hazards and groundwater in the Velino Valley (Central Italy) – *Proceedings Sixth International Symposium on Land Subsidence SISOLS 2000*, Ravenna, Italy. **1**, 123-136.
- CARRARA C., BRUNAMONTE F., FERRELLI L., LORENZONI P., MARGHERITI L., MICHETTI A.M., RAGLIONE M., ROSATI M. & SERVA L. (1993) - I terrazzi della medio-bassa Valle del Fiume Velino. *Studi Geologici Camerti*, Vol. Spec. 1992/**1**: 97-102.
- CENTAMORE E., FUMANTI F. & NISIO S. (2002) – The central-northern Apennines geological evolution from Triassic to Neogene time. *Boll. Soc. Geol. It. Vol. Spec.* **1**(1), 181-197.
- CENTAMORE E. & NISIO S. (2002a) – Quaternary morphodynamics between the Velino and Salto Valleys. *International Workshops on Large-Scale vertical movements and related gravitational processes*. Rome-Camerino, June 21-26, 1999. *Studi Geologici Camerti*, Vol. Spec(**1**/2002): 33-44.
- CENTAMORE E. & NISIO S. (2002b) - Tettonica e sedimentazione (Lias-Pleistocene) nella media Valle del Salto (Rieti, Italia Centrale). *Studi Geologici Camerti* 2002/**2**: 53-70.
- CENTAMORE E. & NISIO S. (2003) - The effects of uplift and tilting in the Central Apennine. *Quaternary International*, **101-102**, 93-101.
- CIOTOLI G., DI FILIPPO M., NISIO S., ROMAGNOLI C. (1998) - La piana di S. Vittorino: dati preliminari sugli studi geologici, strutturali, geomorfologici, geofisici e geochimica. *Atti Conv. Giovani Ricercatori di Geologia Applicata*. Chieti 22-24 Ott. 1998, Vol. abs. 200-201.
- CIOTOLI G., DI FILIPPO M., NISIO S. & ROMAGNOLI C. (2001) – La Piana di S. Vittorino: dati preliminari sugli studi geologici, strutturali, geomorfologici, geofisici e geochimici. *Mem. Soc. Geol. It.*, **56**; 297-308.

- COLOMBI A., SALVATI R., CAPELLI G., SERICOLA A., COLASANTO F., CRESCENZI R., MAZZA R., MELONI F. & ORAZI A. (1999) – Problematiche da sprofondamento catastrofico nelle aree di pianura della Regione Lazio. Il Progetto Sinkhole del Lazio. Convegno Conoscenza e salvaguardia delle aree di Pianura. Ferrara Italy, 8-11 novembre 1999.
- CREMA C. (1924) – Sprofondamenti carsici del Gennaio 1915 nella Valle del Velino. In: Tra i monti del Lazio e dell'Abruzzo, 1, 3-14.
- FACCENNA C., FLORINDO F., FUNICIELLO R., & LOMBARDI S. (1993) – Tectonic setting and Sinkhole Features: case histories from western Central Italy. Quaternary Proceeding **3**, 47-56.
- MICHETTI A. M., BRUNAMONTE F., SERVA L. & WHITNEY R. A. (1994) – Seismic hazard assessment from paleoseismological evidence in the Rieti region, Central Italy. Bull. Ass. Eng. Geologist. Special Vol., 63-82.
- MORI A. (1983) – Sulla formazione di alcuni laghetti presso Cittaducale. In: la petrografia per tutti.
- NEWTON J.C. (1984) - Review of induced sinkhole development. In: Beck Barry F. (1984) Sinkholes: their geology, engineering & environmental impact. Ed. A.A. Balkema/Rotterdam/Boston.
- NISIO S. (2003) – I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia Centrale. Il Quaternario, **16**(1), 121-132.
- NISIO S. & ROSSI D. (2003) – Relazioni tra carsismo e tettonica nell'area compresa tra la conca aquilana e la Valle del Velino (Italia Centrale). FIST Geitalia 2003, Abstracts, 376-378.
- NOLASCO F. (1986) - Sprofondamenti del terreno in località Sciamargutta presso Cotilia Terme. Roma.
- NOLASCO F. (1998) - La Piana di S. Vittorino. Contributo allo studio dei processi evolutivi dei rischi e della prevenzione. Regione Lazio-Acea.
- RICCARDI M. (1951) – Nuove ricerche sulla Piana di S. Vittorino. Boll. Soc. Geogr. It., IV, Fasc. V.
- SALVATI R. & SASOWSKY I.D. (2002) - Development of collapse sinkholes in areas of groundwater discharge. Journal of Hydrology **264**, 1-11.
- TENORE G. (1872) – Sulle azioni chimiche e meccaniche dell'acqua come cagioni attuali modificatrici nella Valle del Velino nel secondo Abruzzo Ulteriore (Piana di San Vittorino).
- THARP T.M.(1999) Mechanism of upward propagation of cover collapse sinkhole. Engineering Geology, 52: 23-33.