

PRIMO CONTRIBUTO SUI SINKHOLES DI ORIGINE NATURALE IN CAMPANIA

DEL PRETE SOSSIO**, **DE RISO ROBERTO***,
SANTO ANTONIO*

*Dipartimento di Ingegneria Geotecnica "Sezione di Geologia Applicata"
Università di Napoli "Federicoll"

**Collaboratore esterno

INTRODUZIONE

I fenomeni da sprofondamento s.l. sono presenti in tutto il mondo e sempre più crescente è l'attenzione che gli studiosi, a livello internazionale, stanno dedicando al problema della loro prevenzione. Questa tipologia di dissesto, che può avere origini "naturali" (collasso di cavità carsiche, processi di suffosione, sifonamento, etc.) e antropiche (collasso di cavità artificiali abbandonate), rappresenta, infatti, un fattore di grande insidia per la sicurezza dell'urbanizzato, a causa della sua imprevedibilità.

In Campania frequenti e noti (ALBERTINI et alii, 1988, VALLARIO, 1992, PUNTILLO & VALLARIO, 2001) sono i fenomeni da sprofondamento indotti dalla diffusa presenza di cavità antropiche nel sottosuolo (anthropogenic sinkhole) della provincia napoletana e casertana, mentre altrettanto numerosi, quanto poco noti, sono quelli di origine naturale ampiamente diffusi nelle aree appenniniche interne che solo in pochi casi sono stati oggetto di studi di dettaglio giungendo, talora, a controverse interpretazioni riguardo la loro genesi (SCHERILLO et alii, 1965; 1966; 1968, GASPARINI, 1965; 1966).

I dati esposti nel presente contributo prendono spunto da precedenti esperienze maturate dagli scriventi nelle zone di Telesse, Contursi e Penisola Sorrentina (CORNIELLO & DE RISO, 1986; BUDETTA et alii, 1996; SANTO & TUCCIMEI, 1997).

Successivamente, dato il crescente interesse dettato dalle possibili interazioni di questi fenomeni con l'antropizzato, è stata avviata una ricerca storico-bibliografica ed una attenta analisi delle Tav. IGM in scala 1:25.000 dei contesti carbonatici campani. In questo modo sono state individuate alcune aree caratterizzate da un'alta densità di morfologie da sinkholes nelle quali si è dato seguito ad approfondimenti attraverso fotointerpretazione e sopralluoghi in campagna.

Questi ultimi hanno permesso di individuare numerose altre morfologie da collasso non evidenti sulle cartografie ufficiali, di acquisire importanti informazioni di dettaglio riguardo l'assetto geologico stratigrafico e strutturale delle aree di interesse e di giungere a formulare ipotesi preliminari sulla loro genesi. A tale riguardo preziose informazioni sono scaturite anche da testimonianze locali e da una fase di ricerca storica che è ancora in via di approfondimento.

Si precisa che nel corso dello studio non si è tenuto conto delle numerose morfologie doliniformi ampiamente diffuse sugli altipiani sommitali dei principali massicci carbonatici campani (M. del Matese, Alburno-Cervati, M. Coccovello, ecc.) le quali, pur essendo morfologicamente molto simili a sinkholes, sono in realtà più strettamente legate ai classici processi di dissoluzione carsica superficiale peraltro in zone non urbanizzate.

1. I SINKHOLES DI ORIGINE NATURALE IN CAMPANIA

Nell'ambito regionale sono state individuate almeno tre diverse tipologie di sprofondamento. In particolare, ad un primo gruppo fanno capo grandi doline da crollo di origine carsica (collapse sinkholes) che si aprono sui versanti carbonatici. In letteratura

(DEARMAN, 1981; FORD & WILLIAMS, 1989) lo sviluppo di questi fenomeni viene imputato a collassi per dissoluzione ed indebolimento della roccia costituente la volta di preesistenti cavità. I processi speleogenetici di tipo ipercarsico possono essere favoriti dalla presenza di acque minerali, soprattutto se ricche di CO₂ e H₂S, (CORNIELLO & DE RISO, 1986; FORTI & PERNA, 1986; FORTI, 1991; FORTI, 2002).

Un altro gruppo di sinkholes è rappresentato da quelle fenomenologie che si sviluppano interamente nelle coperture detritiche (brecce di versante e ghiaie di conoide) presenti alla base di massicci carbonatici (cover sinkhole). In questo caso si generano delle ampie e profonde depressioni di forma da circolare a ellittiche, con profondità di alcune decine di metri e pareti sub verticali. Nell'ambito di simili contesti geologici la letteratura, anche se con riferimento ad aree interessate da intenso sfruttamento minerario (BEZUIDENHOUT & ENSLIN, 1969; PROKOPOVICH, 1976), propone alcuni modelli genetici legati a repentine variazioni del livello della falda in terreni "sciolti" sovrastanti, con conseguente incremento delle sollecitazioni oltre il limite di resistenza di tali materiali.

Altre tipologie di sprofondamenti, infine, sono state individuate nei materiali limoso-sabbioso-ghiaiosi delle aree di piana alluvionale (piping sinkhole) le quali hanno coinvolto le sovrastanti unità piroclastiche. In questo caso si individuano morfologie nettamente circolari e con dimensioni generalmente molto inferiori rispetto ai casi precedenti. La falda è generalmente sub affiorante e la depressione che si genera è spesso occupata da un piccolo specchio d'acqua.

Nei paragrafi successivi verranno descritti i caratteri geologici e morfologici salienti delle principali morfologie da sinkholes di origine naturale individuati in Campania (Fig. 1).

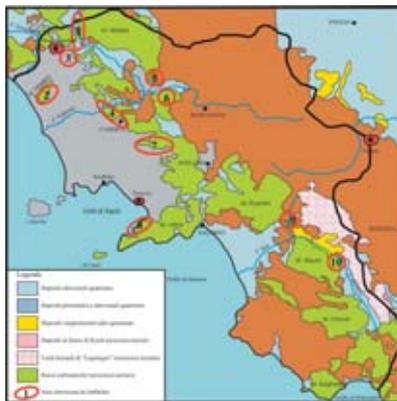


Fig. 1 - Schema geologico della Campania con l'ubicazione delle aree interessate da sinkholes. 1) area di Pratella, 2) Agro Falerno, 3) media piana del Volturno, 4) M.ti tifatini, 5) Teleso, 6) Solopaca, 7) Valle del torrente Clanio, 8) Penisola Sorrentina, 9) Contursi, 10) M.ti Alburni

1.1. L'area di Pratella – Raviscanina – Mastrati

Lungo il bordo sud-occidentale del Massiccio del Matese sono presenti alcuni sinkholes che si sono aperti in tre diversi contesti geologici. Un primo gruppo è rappresentato da sprofondamenti in calcari (zona di Pratella); nel secondo i sinkholes interessano ghiaie di conoide (Raviscanina); nel terzo si sono avuti fenomeni di liquefazione nelle sabbie alluvionali (Mastrati).

1.1.1. I sinkholes della valle del fiume Lete tra i comuni di Pratella e Prata Sannita

In quest'area sono stati rilevati numerosi sprofondamenti alcuni dei quali già segnalati in CORNIELLO et alii (1999). In particolare, sono state individuate almeno 12 morfologie riconducibili a collapse

sinkholes in calcari e 2 piping sinkholes ("Sparafunni" secondo la terminologia locale). Il settore di interesse comprende il fondovalle del fiume Lete tra gli abitati di Prata Sannita e Pratella dove l'alveo risulta impostato lungo una linea tettonica a direzione NNE-SSW. In quest'area, lungo un fronte di circa 1 Km, ha recapito il gruppo sorgivo "Pratella-Prata Sannita-Lete" caratterizzato da una serie di scaturigini lungo alveo (sorgenti lelo, Pozzo, Fontanone e Molinello), alcune delle quali mineralizzate, con portate complessive variabili da 20 a 450 l/s (CORNIELLO et alii, 1999).

A ridosso dei versanti settentrionali di Colle Pizzuto che si sviluppano a monte del fronte sorgivo, associato a lineamenti tettonici con orientazione E-W e NNE-SSW, si rilevano, a quote comprese tra 280 e 160 m s.l.m., numerose forme relitte da collapse sinkhole che hanno interessato i calcari dolomitici profondamente tettonizzati e alterati. Essi presentano forma sub circolare, con diametro di circa 100m e profondità di circa 40m.

Altri collapse sinkholes in calcari (almeno 5) sono localizzati più a nord lungo tutto il versante orientale di Colle le Tore (325 m s.l.m.) in destra del fiume Lete (Fig.2). Essi presentano tutti forma sub-circolare con diametro massimo di circa 80 m e profondi una decina. Analogamente in sinistra del fiume Lete sulla collina immediatamente ad est di Colle le Tore, sono presenti altri due sprofondamenti in corrispondenza di un incrocio di faglie orientate NNE-SSW e NW-SE. Tra questi, in particolare, il più spettacolare è quello denominato dai locali "Fossa dei Palombi" che consiste in uno sprofondamento cilindrico del diametro di circa 30 m e profondo circa 35m. Anche in questo caso i calcari affioranti lungo tutta la parete del sinkholes sono fortemente cataclastici.

A sud di Pratella, nei pressi delle sorgenti dei Bagni Minerali (Pozzo e Molinello) da alcuni anni è in atto un fenomeno deformativo caratterizzato da una lenta subsidenza del suolo che ha coinvolto un'antica casa colonica (Fig.3). La deformazione interessa un'area pianeggiante e per tale motivo difficilmente può essere giustificata da un movimento franoso, mentre è molto probabile che essa sia legata all'azione carsica operata nel substrato dalle acque minerali.

Altri fenomeni da collasso (almeno 3) sono segnalati nei depositi alluvionali del fondovalle del fiume Lete e nelle sue immediate vicinanze.



Fig. 2 - Panoramica del versante orientale di Colle le Tore ubicato in destra orografica del fiume Lete tra i comuni di Prata Sannitica e Pratella. Le frecce indicano l'ubicazione di due sinkhole.



Fig. 3 - L'abitazione interessata da subsidenza nei pressi dell'abitato di Pratella.

In particolare, viene segnalato uno sprofondamento avvenuto alcuni anni fa nei pressi dell'attuale stabilimento per l'imbottigliamento dell'acqua che è stato successivamente riempito con terreno; viceversa, più recentemente altri due sprofondamenti si sono verificati più a nord tra loc. Starze e Ponte Rio entrambi in destra del fiume Lete ed a pochi metri dal suo alveo (Fig. 2). Essi hanno forma conica con diametro di circa 10 m e profondità di circa 5 m ed hanno interessato i depositi alluvionali di tipo ghiaioso sabbiosi del Lete.

1.1.2. Area di Raviscanina

Lungo le falde sud-occidentali dei Monti Pascorocchio (830 m s.l.m.) e Monte Codarci (1126 m s.l.m.) si sviluppa un esteso corpo di conoide alluvionale sul quale insiste l'abitato di Raviscanina. Poco più a sud dell'abitato, a quote comprese tra i 200 ed i 300m s.l.m., sono stati individuati 4 morfologie da sinkholes di forma sub-circolare con diametro massimo di circa 100 m e profondi fino a 15 m. Essi si impostano interamente nei depositi ghiaioso-sabbiosi del conoide e sono stati rimodellati da erosioni sui fianchi e

da tagli antropici. In uno dei sinkholes è presente una antica masseria tuttora abitata. Tre dei quattro sprofondamenti si allineano chiaramente lungo una faglia a direzione N 120° che delimita il versante meridionale del rilievo carbonatico di "Castelluccio". Nell'area, inoltre, non sono presenti importanti gruppi sorgivi e la falda è attualmente localizzata a circa 90 m s.l.m. (CORNIELLO et alii, 1995).

Sempre in quest'area, circa 4 km a sud ovest di Raviscanina è presente un sinkhole isolato che interessa i calcari mesozoici del M. Fossato.

1.1.3. I piping sinkholes della piana alluvionale del fiume Volturno a Mastrati

L'area interessata dagli sprofondamenti corrisponde al settore di piana alluvionale del fiume Volturno compreso tra la confluenza del Rio San Bartolomeo ed il F. Volturno, a nord, e l'abitato di Mastrati, a sud. Essa corrisponde alla zona di confine tra la piana di Venafro a quella di Vairano ed è delimitata, sui due fianchi dalle dorsali carbonatiche di Monte Cappella (722 m s.l.m.), ad est, e di Monte Alto (791 m s.l.m.), ad ovest.

Tra i versanti carbonatici e la piana alluvionale si sviluppa una fascia di glacis costituita da depositi piroclastici rimaneggiati e di granulometria limo-sabbioso-ghiaiosa (BRANCACCIO et alii, 1997).

Dai dati di alcuni sondaggi risulta che la falda è sub affiorante e che fino a circa 20 m di profondità sono presenti ghiaie alluvionali in matrice sabbiosa con intercalazioni di lenti di sabbia (cca 10m) poggianti su depositi limoso-argillosi di origine palustre.

Nel periodo antecedente al 1950 testimonianze locali affermano che nella piana si sono verificati almeno 3 sprofondamenti con diametro di circa 20 m i quali, in effetti, risultano ancora cartografati sul 25.000 IGM sebbene attualmente risultino obliterati poiché riempiti con terreno.

A seguito di questi sprofondamenti, per la presenza della falda sub affiorante, si sono sempre creati piccoli laghetti localmente denominati "Tonzi" o "Occhi d'acqua".

Uno di questi sinkhole si è aperto recentemente il 10 febbraio 2004 (Fig. 4) nelle immediate vicinanze di un pilone dell'ENEL; esso presenta un diametro di circa 15 m ed è profondo circa 6 m. A seguito dello sprofondamento il violento "ribollire" dell'acqua e del terreno ha portato in superficie numerosi resti legnosi e frustoli vegetali.



Fig. 4 - Il sinkhole apertosi il 10 febbraio 2004 nei terreni alluvionali del fiume Volturno in loc. Martina Rotonda nella piana a ovest dell'abitato di Mastrati.

Da alcuni sondaggi effettuati in loco dopo lo sprofondamento (Fig. 5) sono emerse repentine variazioni laterali di granulometria dei terreni (alternanze di limi sabbie e ghiaie). I dati di sottosuolo al momento fanno ipotizzare locali fenomeni di liquefazione in corrispondenza di livelli sabbioso-torbosi dovuti, probabilmente, a variazioni di carico della falda conseguenti alle intense piogge dei giorni precedenti.

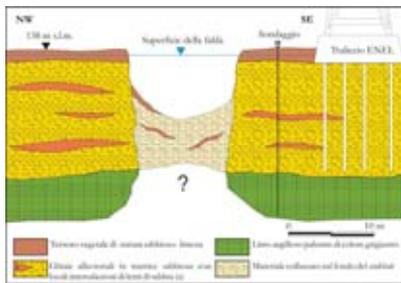


Fig. 5 - Sezione geologica dell'area interessata dallo sprofondamento del 10 febbraio 2004.

1.2 L'area del versante meridionale di M. Massico

Lungo la fascia pedemontana che si sviluppa alla base del versante sud-orientale del Monte Massico (Agro Falerno), sono state individuate 5 depressioni chiuse le cui morfologie sembrano riconducibili a sinkholes.

Nell'area di piana in oggetto affiora estesamente la formazione piroclastica dell'Ignimbrite Campana (39.000 y b.p.; De Vivo et alii, 2001) che si presenta,

generalmente, in una facies poco coerente (Cinerazzo). Localmente verso le pendici di Monte Massico ed in corrispondenza dello sbocco di alcuni impluvi, si rinvengono sovrapposti al tufo lembi di ghiaie carbonatiche di conoide.

I sinkholes risultano distribuiti lungo una ristretta fascia che si sviluppa per circa 6 Km in direzione NE-SW in corrispondenza dell'allineamento strutturale a carattere regionale, orientato N 40°, che delimita il versante di Monte Massico e coincidente con il limite nord occidentale del Graben della Piana Campana. Tutte le depressioni rilevate coinvolgono e si impostano nei depositi dell'Ignimbrite Campana, sempre ben affiorante lungo le pareti delle depressioni. Il fondo attualmente è in genere sede di attività agricole che ne hanno parzialmente rimodellato le forme. Molto spesso è stato possibile rilevare, a contorno della depressione, un'area caratterizzata da una debole pendenza centripeta che evidentemente sembra risentire degli effetti dello sprofondamento principale. Inoltre, è frequente la presenza lungo i bordi interni dei sinkhole di più ordini di terrazzi che fanno supporre ad una evoluzione complessa e probabilmente policiclica di più eventi di collasso.

Alcuni Autori, in passato, hanno interpretato queste depressioni (insieme a quelle del Lago di Corree e di Vairano descritte nel paragrafo successivo), come maaren generati da eruzioni vulcaniche di tipo freatico o "gassoso" post Ignimbrite Campana e da mettere in relazione alle ultime manifestazioni del vulcano del Roccamonfina (SCHERILLO, 1965, SCHERILLO et alii, 1965; 1966; 1968, GASPARINI, 1965; 1966). In particolare, gli Autori riconoscono che questi sono allineati lungo la direttrice regionale del M. Massico lungo la quale ritengono possano essersi verificate intrusioni di masse magmatiche (ipotizzate in base ad indagini gravimetriche) che surriscaldando le acque freatiche abbiano innescato le esplosioni freatiche. In base a tale meccanismo eruttivo giustificerebbero anche l'assenza di materiali autigeni e di un "colletto" di materiali eruttati a contorno delle depressioni crateriche.

Gli scriventi al momento ritengono più probabile si tratti di fenomeni da sprofondamento in analogia ai numerosi casi riscontrati in Campania e in Italia centrale (BERSANI & CASTELLANO, 2002; NISIO, 2003), per la particolare morfologia da collasso, per l'assoluta mancanza di depositi lungo il perimetro da collegarsi ad eventuali piccole eruzioni.

1.2.1. I sinkholes dell'Agro Falerno.

Una prima depressione "Fossa Ballerino" è ubicata circa 2 Km a NE dell'abitato di Mondragone, a 1 Km a SE della base del versante del Monte Massico in un'area pianeggiante ad una quota di 43m s.l.m.

Presenta una forma irregolare sub-ellittica con asse maggiore (orientato NE-SW) di 375m e asse minore di 225m. La sua forma insolita e la presenza di un fondo pianeggiante dislocato a due quote differenti, lascia presupporre che essa sia il frutto della coalescenza di due sinkholes adiacenti. La profondità è di circa 14m, l'area del ciglio si presenta con



Fig. 6 - La Fossa Barbata in una foto del marzo 1965 (da Scherillo et alii, 1965).

una leggera pendenza verso la depressione per una fascia a contorno di circa 100m. Lungo i bordi della depressione sono ben affioranti i depositi piroclastici della formazione dell'Ignimbrite campana che si presentano in facies poco coerente, e facilmente erodibile. Le pareti ed il fondo si presentano molto articolati per la presenza di numerose superfici terrazzate immergenti verso il centro del sinkhole con pendenze dell'ordine dei 10-15°.

La "Fossa Barbata" è ubicata a poche decine di metri più a sud della Fossa Ballerino. Ha una forma sub-circolare con un diametro di circa 200m ed un dislivello rispetto al piano campagna circostante

(45 m s.l.m.) di 22m. Anche lungo le sue scarpate interne sono ben affioranti i depositi della formazione dell'Ignimbrite Campana. Lungo il suo bordo meridionale sono ancora preservati, sebbene rimodellati dall'azione antropica, 3 lembi di superfici terrazzate da collasso delimitate da scarpate sub-verticali di 4-5 m di altezza. Dalla foto di Fig. 6 e risalente al marzo 1965 (SCHERILLO, 1965), si nota la presenza di un modesto specchio d'acqua temporaneo sul fondo della Fossa legato alla falda sub affiorante (29 m s.l.m.) la quale ha subito un progressivo abbassamento nel tempo localizzandosi ad una quota variabile tra i 15 e i 20 m s.l.m. (BUDETTA et alii, 1994).

Un altro sinkhole la "Fossa l'Annunziata" è ubicato a circa 1 Km ad est dell'abitato di Falciano del Massico, anch'esso è impostato nei depositi della formazione dell'Ignimbrite Campana, ha una profondità di circa 8m e forma sub-ellittica con asse maggiore della lunghezza di 150m, orientato NW-SE, ed asse minore di 100m di lunghezza. Nel suo settore più settentrionale si rilevano evidenze di una fagliazione recente per la presenza di una scarpata rettilinea a direzione N40° localizzata nel fondo della dolina avente rigetto di circa 1m.

Secondo l'interpretazione data da SCHERILLO (1965) di un passo dello storico latino Paolo Orosio si tratterebbe di un cratere generato da un'eruzione "gassosa" avvenuta nel 276 a.C. ed associata all'ultima manifestazione vulcanica del Roccamonfina. Da segnalare che nell'area delle fosse dell'Agro Falerno SCHERILLO et alii 1966, riportano i dati di una perforazione, che ha incontrato, a partire dalla superficie, 60m di tufo grigio campano, 2 metri di travertino, alcuni metri di ghiaie ed, infine, sabbie.

Questo dato a nostro avviso risulta importante in quanto escluderebbe l'azione carsica come responsabile della genesi dei sinkholes per l'assenza di calcari o di significativi corpi travertinosi in profondità.

1.2.2. Il sinkhole del Lago di Carinola o di Falciano

Il lago di Carinola o di Falciano è ubicato al centro di una vasta area sub-circolare depressa che proprio in corrispondenza del lago si approfondisce con pareti sub-verticali. Anche in questo caso lungo le pareti sono ben affioranti i depositi della formazione dell'Ignimbrite Campana. Il sinkhole ha un diametro medio di circa 250 m e la sua formazione ha permesso l'affioramento della falda che, insieme alla sorgente presente sul suo bordo nord-orientale e alle acque del Rio Fontanelle, suo immissario ed emissario, contribuiscono alla sua diretta alimentazione. In realtà il Rio Fontanelle è stato artificialmente deviato nel lago per evitare il ristagno delle acque al suo interno determinando, però, un suo rapido interrimento.

1.3 L'area della media piana del Volturno

Lungo le pendici orientali dell'edificio vulcanico del Roccamonfina, più precisamente nell'area alluvionale del medio corso del F. Volturno, nei comuni di Vairano e di Caianello sono presenti due grandi sinkholes rappresentati dal lago di Vairano e da quello di Corree. Queste morfologie sono state segnalate per la prima volta da GUSSONE & TENORE (1835) e SCACCHI (1885) che le avevano già interpretate come sprofondamenti. Successivamente altri Autori (SCHERILLO, 1965, SCHERILLO et alii, 1965; 1966; 1968, GASPARINI, 1965; 1966), in analogia alle supposizioni avanzate per le "Fosse falerne" (cfr. § 3.2), hanno reinterpretato queste forme come crateri vulcanici "gassosi" da mettere in relazione al vulcanismo del Roccamonfina.

A nostro avviso, in funzione delle osservazioni geologiche e geomorfologiche effettuate nell'area siamo più favorevoli alla prima ipotesi ritenendo che si tratti di grandi sinkholes per i quali, però, al momento non è facile definire l'età e le modalità degli sprofondamenti.

1.3.1. Il sinkhole del Lago di Vairano

Il lago di Vairano è ubicato nella piana alluvionale del Volturno a pochi km tra l'abitato di Presenzano e quello di Vairano Patenora. Si presenta come una ampia depressione circolare avente un diametro di circa 200 m ed impostata nei depositi ghiaioso-sabbiosi della piana alluvionale. Le sponde e la base del sinkhole risultano in parte rimodellate da interventi antropici che lo hanno parzialmente bonificato mediante rinterro e piantumazione di pioppi. Il dislivello tra piana alluvionale circostante la depressione ed il livello del lago è di circa 5m, la falda è affiorante e viene drenata da un canale artificiale di bonifica.

Non si hanno notizie storiche riguardo l'età precisa ma lo sprofondamento ha interessato i depositi olocenici alluvionali della piana del Volturno.

1.3.2. Il sinkhole del Lago di Corree

Il lago di Corree (o Correie) è ubicato nella piana alluvionale del F. Volturno compresa tra le pendici nord-orientali del vulcano del Roccamonfina e i rilievi calcarei di Vairano Patenora ed è a soli 100m dalla Via Casilina (SS n. 6). Si tratta di uno spettacolare esempio di sprofondamento sub-cilindrico avente una profondità di circa 36 m e più 200 m di diametro (Fig. 7). In passato SCACCHI (1885) e GUSSONE & TENORE (1835) avevano già considerato l'ipotesi di uno "sprofondamento" per giustificare la sua genesi.



Fig. 7: Panoramica del Lago di Corree.

Lungo le pareti affiorano dal basso stratigrafico tufi antichi, sabbie e ghiaie piroclastiche rimaneggiate in ambiente alluvionale, tufi recenti e nella parte sommitale, alluvioni sabbioso-limose oloceniche anch'esse interessate dallo sprofondamento. A mezza costa, sul suo bordo settentrionale, è presente una modesta emergenza sorgiva, probabilmente stagionale, ed il fondo è occupato dal lago alimentato dalla falda di base.

Lungo le pareti subverticali sono presenti numerosi fenomeni franosi riconducibili a crolli e a colate rapide che contribuiscono al rimodellamento del ciglio.

1.4 L'area dei Monti di Caserta e Tifatini

Sulle pendici delle dorsali carbonatiche dei Monti di Caserta, Maddaloni e Tifatini, sono stati censiti al momento almeno 7 collapse sinkholes tutti localizzati su versanti calcarei.

Un primo gruppo comprende sprofondamenti di limitate dimensioni (20-30m) ubicati sul versante settentrionale della Collina di S. Iorio presso S. Angelo in Formis, poco lontano dal gruppo sorgivo termale di Trifisco. I sinkholes, già segnalati in CORNIELLO & SANTO (1995), si aprono a circa 150 m s.l.m. e si allineano lungo faglie e fratture a prevalente direzione N40.

Altri due grandi sprofondamenti nei calcari sono localizzati a sud di Castelmorrone, qui denominate "Còmmole", la più grande

delle quali presenta una profondità di circa 100m ed un diametro di 200m (Fig.8).

Altre fenomenologie simili sono presenti in località "il Castello" a Valle di Maddaloni e lungo le pendici occidentali dei versanti calcarei che bordano la piana campana tra Caserta e Maddaloni.

In SCHERILLO et alii, 1966 si segnala, nell'area di Castelmorrone, uno sprofondamento di circa 25m di diametro e 15 di profondità avvenuto nel tufo grigio campano il 28 marzo del 1960, la cui morfologia è ancora ben evidente.



Fig. 7: Panoramica del Lago di Corree.

1.5 L'area di Teleso

Il territorio dell'Agro telesino è ubicato in un'area pianeggiante solcata dal T. Grassano, dal F. Calore e dal F. Volturno ed è delimitato verso nord dai rilievi calcarei di Montepugliano (190 m s.l.m.), La Rocca (259 m s.l.m.) e Monte Acero (736 m s.l.m.). Al piede del versante meridionale di Montepugliano si sviluppa un fronte sorgivo di circa 1 Km lungo cui scaturiscono le sorgenti di Grassano (costituite da 5 punti d'acqua per una portata complessiva di circa 5 m³/s) e 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 a cui sono associati 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 Monte Acero che nell'area di piana (ROSSI, 1857; RICCARDI, 1927).

1.5.1. I collapse sinkholes 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 almeno tre sistemi di discontinuità tettoniche orientate E-W, NNE-SSW, e NW-

SE. Strettamente correlato a questi elementi tettonici, nonché all'assetto idrogeologico locale, è la distribuzione dei numerosi collapse sinkhole (almeno 15) sul rilievo di Montepugliano i quali raggiungono diametri fino a 250 m per 100 m di profondità. 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. In base a evidenze di carattere morfologico ed idrogeologico la loro genesi è da imputare soprattutto alla presenza di uno sviluppatissimo reticolo carsico sotterraneo 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 occasione dell'evento sismico del 1349.

1.5.2. I cover sinkholes della piana di Telese

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. 9).

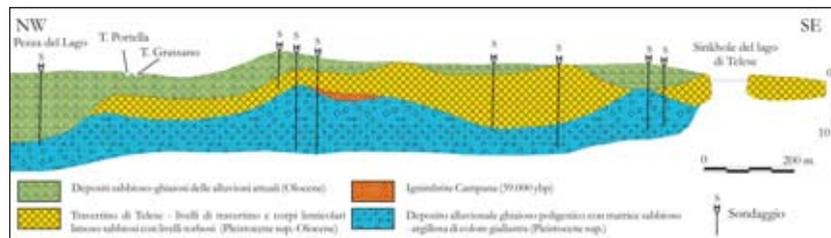


Fig. 9 - Sezione geologica della piana di Telese (BN).

In questo contesto di piana alluvionale si sono sviluppati numerosi cover 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 avente diametro di circa 30m e 6 m di profondità che per fortuna non ha causato vittime.

Più significativa è sicuramente la fenomenologia del lago di Telese anch'esso formatosi, secondo le fonti storiche in occasione dell'evento sismico del settembre 1349 (ROSSI, 1857; RICCARDI, 1927)

Esso presenta un diametro di circa 300m ed una profondità di pochi metri. Lo sprofondamento è evidenziato da ripide scarpate intagliate nel travertino e nei limi sabbiosi che presentano uno spessore di circa 6m.

1.6 L'area di Solopaca

I sinkholes di Solopaca (almeno 11) si aprono lungo la fascia di raccordo delle pendici carbonatiche del versante settentrionale del M. Camposauro ed il fondovalle del fiume Calore (Fig.10).

Essi sono distribuiti lungo una fascia allineata in direzione NE-SW cioè secondo la direzione della faglia che delimita il versante nord del Camposauro; essi si aprono a quote comprese tra le quote di 300 e 100 m s.l.m. Nel gergo locale sono denominati "Laghi" sebbene a memoria d'uomo non vi sia mai stata presenza di acqua di ristagno sul fondo. Alcuni si presentano ancora allo stato "naturale", mentre molti altri risultano più o meno alterati da attività antropiche. La maggior parte di questi ultimi è stata riutilizzata a scopi agricoli con la realizzazione di vigneti; tuttavia in altri casi sono stati utilizzati come luogo di discarica.

Dal punto di vista morfologico generalmente presentano una morfologia da circolare ad ellittica con pareti raramente verticali. Più frequentemente, infatti, presentano pareti a "V" talora rimodellate da piccoli fenomeni franosi sui cigli. Il fondo è generalmente piatto ed, in alcuni casi, sono state rilevate leggere contropendenze.

In due casi le evidenze morfologiche indicano che in alcuni sinkholes si possano essere verificati almeno due diversi momenti di sprofondamento come è avvalorato dalla presenza nella depressione di diversi lembi di superfici sospese bordate da scarpate emicicliche.

Dal punto di vista litostratigrafico, quasi tutti i sinkholes interessano depositi quaternari di conoide alluvionale, detrito di falda, depositi fluvio-lacustri e anche piroclastici. Solo i due più meridionali (che sono anche quelli altimetricamente più alti) si impostano in calcari fortemente cataclasiati.

Per quanto riguarda i rapporti con la falda essa risulta localizzata a circa 60m s.l.m. (Esposito et alii, 2003) e cioè a pochi metri rispetto ai sinkholes più orientali, e più bassa di circa 70-80m per quelli più orientali e più alti in quota. E' possibile ipotizzare al momento una sorta di migrazione dei sinkholes da ovest verso est da mettere in relazione alla complesse interazioni tra tettonica, sorgenti minerali e falda di base.

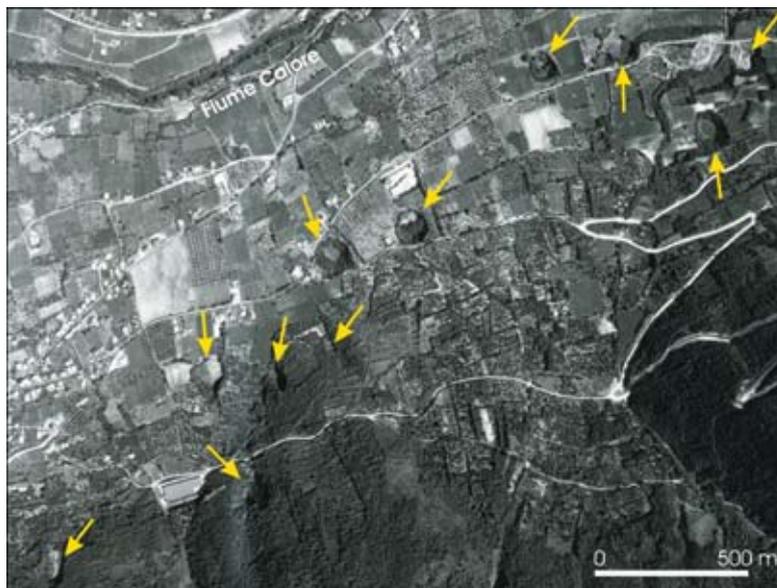


Fig. 10 - Panoramica da foto aerea dei sinkholes presenti presso l'abitato di Solopaca (BN) lungo le falde settentrionali del massiccio del Camposauro.

1.7 L'area della Valle del torrente Clanio

Lungo la valle del torrente Clanio, sulla dorsale dei Monti di Avella e di Sarno sono stati riconosciuti almeno 4 morfologie riconducibili a collapse sinkholes che interessano versanti in calcari cretacici.

Un primo approfondimento è presente lungo il versante settentrionale di M. Fellino ad una quota di circa 250m s.l.m. e presenta una forma sub circolare, con diametro di circa 130m. Gli altri tre si aprono su alti morfologici, in corrispondenza di antichi relitti di paelosuperfici intagliate nei calcari mesozoici e si ubicano, precisamente, sulla sommità del rilievo calcareo di M. Spraghera (475m sl.m), nei pressi di Casamarciano, in vicinanza dell'abitato di Mugnano del Cardinale ("La Fossa") e sulla collina di S. Felice a Canello (Fig. 11).

Particolarmente interessante è questo ultimo sinkhole per la presenza, immediatamente a valle, di una grande cava che ha ormai l'ha quasi del tutto catturato (Fig. 11) e sul cui fronte è possibile notare l'assenza di forme carsiche, mentre è ben evidente l'estrema fatturazione della roccia.



Fig. 11 - Il collapse sinkhole presente sul versante meridionale della collina di San Felice a Canello (CE).

Le caratteristiche dell'ammasso dimostrerebbero che non necessariamente l'esistenza di una cavità carsica completamente sviluppata rappresenti un fattore predisponente per la genesi di un collapse sinkhole; viceversa in ammassi simili e per effetto della dissoluzione carsica, può essere sufficiente anche una "modesta" riduzione dei volumi di roccia nel sottosuolo per il loro innesco. Tuttavia, da rilievi diretti e da bibliografia (Davide, 1977), non mancano in queste aree ortovacui ben sviluppati e prossimi alla superficie topografica.

Da segnalare che alla base del versante del sinkhole di Canello, a circa 30 m s.l.m. è stata attiva fino a pochi anni fa una sorgente sulfurea "Mofito".

1.8 La Penisola Sorrentina

In Penisola Sorrentina alcuni collapse sinkholes si aprono sui versanti carbonatici compresi tra Gragnano e Vico Equense; al momento ne sono stati censiti 4 che interessano tutti versanti in calcari cretaci. Nella zona di Gragnano uno di essi è localizzato sul versante occidentale di M. Pendolo ad una quota di circa 400m s.l.m. Esso si presenta con una netta concavità sul versante del diametro di circa 150m delimitata da una scarpata di pochi m lungo il lato di monte.

Nella zona di Vico Equense esistono altre tre vistose fenomenologie da collasso quali i sinkholes di: S. Francesco, di Sperlonga, della Jala. Nel primo è ubicato il cimitero di Vico e presenta un'ampiezza di 150 m con una altezza della parete di monte di circa 70m. La dolina di Sperlonga invece presenta dimensioni più limitate (circa 50m di diametro), mentre sicuramente più interessante risulta il sinkhole della Jala.

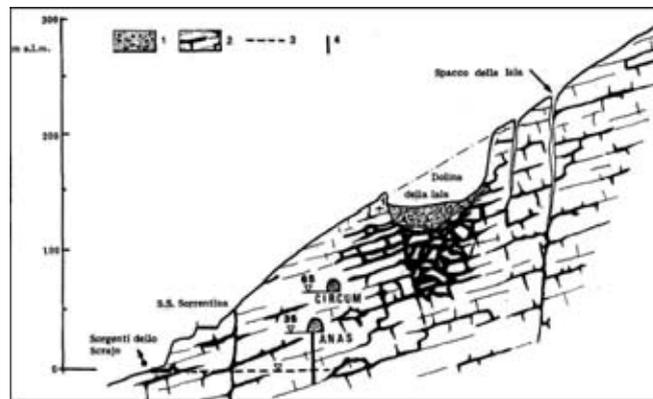


Fig. 12 - Sezione geologica del versante della dolina della Jala in Penisola Sorrentina (da Budetta et alii, 1996). 1) Detrito da crollo; 2) Calcari cretacei fratturati e carsificati; 3) livello piezometrico; 4) sondaggio meccanico.

Questa dolina da crollo (Fig.12) si presenta come un netto sprofondamento, di forma rombica, impostato su faglie trascorrenti, orientati N-S, e normali, orientati N40° (Budetta et alii, 1996; Santo & Tuccimei, 1997; De riso & budetta, 1988). Lungo le pareti verticali si conservano numerose testimonianze di un intenso carsismo ipogeo evidenziato da alcune cavità da interstrato poste a giorno dallo sprofondamento. Lo stato di alta carsificazione deve imputarsi anche alla risalita ed alla condensazione di fluidi aggressivi provenienti dalla falda fortemente mineralizzata, attualmente sgorgante lungo il perimetro costiero, in corrispondenza della sorgente dello Scrajo e di molte altre emergenze (circa 30) localizzate tra Vico Equense e Castellammare (Nota D'Elogio, 1979).

Circa 40 metri a monte della dolina della Jala si rinviene un'estesa e profonda fenditura beante denominata "Spacco o Senga della Jala" impostata su una faglia trascorrente a direzione N-S, avente una larghezza massima di 5 metri ed uno sviluppo complessivo di circa 800 m.

La presenza di queste fenomenologie ha condizionato le fasi di scavo di due importanti infrastrutture che attraversano in galleria il costone (linea ferroviaria della Circumvesuviana e, di recente, la variante ANAS alla statale Sorrentina) che hanno comportato una serie di problemi connessi all'intenso stato di fratturazione dell'ammasso roccioso carsificato.

Al momento non si dispone di dati storici sull'età degli sprofondamenti ma alcune datazioni effettuate su concrezioni sicuramente dislocate durante l'apertura dello Spacco della Jala farebbero risalire le dislocazioni a circa 300 anni fa (SANTO & TUCCIMEI, 1997).

1.10 Il Massiccio dei M. Alburni

Sul massiccio calcareo dei M. Alburni sono stati censiti 3 collapse sinkholes che hanno interessato calcari cretaci. Il primo è rappresentato dalla Grava Morta di Ottati e si presenta come una voragine di circa 30m di profondità e di 50 di diametro localizzata a monte dell'importante gruppo sorgivo dell'Auso a sua volta collegato ad un esteso sistema carsico ipogeo (BELLUCCI et alii, 1991; 1995). Questo sprofondamento è chiaramente da mettere in relazione ad un crollo della volta di una sottostante cavità.



Fig. 15 - Panoramica del collapse sinkhole di Pertosa.

Altri due grandi sinkholes sono localizzati al limite tra il settore nord-orientale dei M. Alburni ed il Vallo di Diano; essi presentano diametri di circa 200m e si aprono nelle immediate vicinanze dell'autostrada SA-RC (Fig. 15). La loro genesi è da collegarsi, molto probabilmente, alla presenza di sistemi carsici profondi in comunicazione con la nota Grotta di Pertosa.

CONCLUSIONI

Questa prima sintesi sui sinkholes di origine naturale in Campania ha permesso di riconoscere al momento circa 90 fenomenologie che si concentrano in 10 diverse aree e almeno tre diversi contesti geomorfologici.

In generale è stato rilevato che la loro genesi interessa e coinvolge diverse tipologie di terreni sia litoidi (calcarei mesozoici) che sciolti ed a granulometria variabile (dal detrito di falda alle ghiaie di conoide, a depositi alluvionali limo sabbiosi, a depositi piroclastici incoerenti o poco coerenti).

Le prime analisi strutturali hanno permesso di constatare che essi si sviluppano, generalmente, lungo linee di faglia localizzate alla base di massicci carbonatici ed orientate per lo più in direzione N120° e N40°. In alcuni casi secondo faglie orientate in direzione E-W.

In quasi tutte le aree interessate da sinkholes sono presenti emergenze di falde mineralizzate. È chiaro quindi, come già proposto da diversi autori (CORNIELLO & DE RISO, 1986; CORNIELLO et alii, 1999; FORTI & PERNA, 1986; FORTI, 1991; FORTI, 2002), che esiste una stretta relazione tra tettonica recente, falde mineralizzate, fenomeni di ipercarsismo e collassi di sinkholes.

Per quanto riguarda le età dei terreni più recenti coinvolti dagli sprofondamenti, fatta eccezione per i sinkholes in calcari, tutti gli altri hanno interessato depositi clastici e piroclastici del Pleistocene superiore e spesso dell'Olocene. Solo in alcuni casi esistono date certe su sprofondamenti storici come a Telese (1349; 2002), Castelmorrone (1960), Contursi (1980) e probabilmente nell'area di Vico Equense (XVIII sec.).

Alcuni sprofondamenti hanno già coinvolto aree urbanizzate (Telese) altri, anche se antichi, sono ubicati in aree con diffusa presenza di strutture ed infrastrutture (Penisola Sorrentina) e alcuni sono prossimi a centri abitati in espansione (Solopaca, Contursi). Restano, tuttavia, casi in cui ancora sono poco chiari i meccanismi genetici che hanno portato alla formazione di alcuni sinkholes come quelli dell'Agro Falerno e dei laghi di Corree e di Vairano.

Allo stato attuale le ricerche poste in essere hanno per obiettivo la definizione del ruolo svolto dall'assetto geologico – stratigrafico, idrogeologico, e la sismicità ai fini della definizione della suscettibilità e del rischio a fenomeni da sprofondamento.

Queste problematiche saranno oggetto di approfondimenti attraverso studi di maggiore dettaglio che sin intende svolgere nell'ambito del Progetto Speciale Sinkholes (C.N.R. – Dipartimento Protezione Civile) in vista della individuazione di aree di "pericolosità" connessa a sprofondamenti di origine antropica o naturale e conseguenti proposte di metodologie di monitoraggio e di intervento.

BIBLIOGRAFIA

ALBERTINI V., BALDI A., BARTOLI L., COLLINI F., ESPOSITO C., GUERRA V., MIRAGLINO P., SCHIATTARELLA F., VALLARIO A. (1988) – Le cavità sotterranee del napoletano: pericolosità e possibili utilizzazioni. *Geol. Tec.*, **3**.

AMATO A., CINQUE A., SANTANGELO N., SANTO A. (1992) - Il bordo meridionale del M. Marzano e la valle del Bianco: geologia e geomorfologia. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec. 1992/**1**, 191-200.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A. (1991) – Carsismo ed idrogeologia del settore centrale dei Monti Alburni (Campania). *Geologia Tecnica*, **3/91**, 5-12.

BELLUCCI F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTO A. (1991) – Monti Alburni – ricerche speleologiche. *De Angelis Ed.*, 302.

BERSANI P. & CASTELLANO F. (2002) – I sinkholes della Piana di S. Vittorino (Rieti) e il rischio idraulico connesso. *Atti Conv. "Le voragini catastrofiche – un nuovo problema per la Toscana"*, Grosseto, p. 47-61, Regione Toscana.

BRANCACCIO L., CINQUE A., DI CRESCENZO G., SANTANGELO N. & SCARCIGLIA F. (1997) - Alcune osservazioni sulla tettonica quaternaria nell'alta valle del F. Volturno. *Il Quaternario*, **10**.

BEZUIDENHOULT C.A. & ENSLIN J.F. (1969) – Surface subsidence in the dolomitic areas of the Far West Rand, Transvaal, Republic of South Africa. *UNESCO Proc. Int. Symp. on Land Subsidence*, Tokio, p. 482-495.

BUDETTA P., NICOTERA P., SANTO A. (1996) - Controlli e monitoraggio di fenomeni deformativi indotti da carsismo in versanti carbonatici dell'Appennino campano. *Atti Conv. Int. "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica"*, C.N.R. – G.N.D.C.I., Alba 5-7 Novembre 1996, 383-395.

BUDETTA P., DE RISO R. (1992) – Studio delle condizioni di stabilità di alcuni versanti in roccia dell'Appennino campano. *Mem. Soc. Geol. It.*, **41**, p. 917-927.

BUDETTA P., CELICO P., CORNIELLO A., DE RISO R., DUCCI D., NICOTERA P. (1994) - Carta Idrogeologica della Campania 1:200.000 – Memoria illustrativa. *Atti Convegno Int. Geingegneria, "Difesa e Valorizzazione dei suoli e degli Acquiferi"*, Torino, marzo 1994, p. 565-586.

CELICO P., DE GENNARO M., FERRERI M., GHIARA M.R., STANZIONE D., ZENONE F. (1979) – La composizione chimica ed isotopica delle acque sotterranee dell'alta valle del F. Sele in relazione all'idrodinamica delle falde. *Mem. e Note Ist. Geol. Appl. Napoli*, **15**.

CORNIELLO A. & DE RISO R. (1986) - Idrogeologia e idrochimica delle sorgenti dell'Agro Telesino. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **21**, 53-84.

CORNIELLO A., DUCCI D., NAPOLITANO P. (1995) – Piana del medio corso del F. Volturno (Campania): Carta della qualità delle acque sotterranee. *Quaderni di Geol. Appl.*, **3**, p. 3499-3505, Pitagora ed.

CORNIELLO A. & SANTO A. (1995) - I dissesti della Basilica Benedettina (XI secolo) di Sant'Angelo in Formis (Capua) ed il complesso assetto geologico dell'area. *Geol. Appl. e Idrog.*, **30**, 125-137.

CORNIELLO A., DUCCI D., GUARINO P.M. (1999) – I rilievi carbonatici del Matese occidentale e la piana di Venafro: idrogeologia ed idrogeochimica. *Boll. Soc. Geol. It.*, **118**, 523-535.

- DAVIDE B. (1977) - Descrizione di un particolare aspetto speleogenetico in calcari mesozoici a forte tettonicizzazione (la grotta nuova di Fellino, 866 Cp). Atti del Circolo Culturale "B. G. Duns Scoto" di Roccarainola, dicembre 1977, 33-40.
- DEARMAN W.R. (1981) - Engineering properties of carbonate rocks. Symp. on Eng. Geol. Problems of Construction on soluble rocks. Aachen /Essen. Bull. IAEG, **24**, 3-17.
- DE VIVO B., ROLANDI G., GANS P. B., CALVERT A., BOHRSON W. A., SPERA F. J., BELKIN H. E. (2001) - New constraints on the pyroclastic eruptive history of Campanian volcanic Plain (Italy). Mineralogy and Petrology, **73**, p. 47-65.
- ESPOSITO L., CELICO P., GUADAGNO F.M. AQUINO S. (2003)- Aspetti idrogeologici del territorio sannita. Con saggio cartografico alla scala 1:100.000. Techne Edt. Napoli, pp.58.
- FORD D. & WILLIAMS P. (1989) - Karst geomorphology and hydrology. Chapman & Hall. Editors London, 60.
- FORTI P. (1991) – Processi ipercarsici e speleogenesi. Speleologia, **24**, p. 42-46, **26**, p. 11-15.
- FORTI P. (2002) – Evoluzione ipercarsica all'interno di acquiferi termali e in rapporto a possibili problemi di suffosione. Atti Conv. "Le voragini catastrofiche – un nuovo problema per la Toscana", Grosseto, p. 11-26, Regione Toscana.
- FORTI P. & PERNA G. (1986) – L'ipercarsismo con particolare riguardo all'Iglesiente (Sardegna Sud Occidentale). Atti Museo Sc. Nat. Trento, **34**, 85-99.
- GASPARINI P. (1965) - Contributo allo studio di alcune forme crateriche in prossimità del Monte Massico (Caserta) mediante misure di gravità. Ann. Oss. Ves, serie 6, **7**, 23-43.
- GASPARINI P. (1966) - Indagini gravimetriche su alcune forme crateriche della Campania settentrionale. Atti Acc. Pontaniana, nuova serie, **15**, 53-55.
- GUSSONE G. & TENORE M. (1835) – Osservazioni fisiche e geognostiche fatte in un viaggio per diversi luoghi delle province di Terra di Lavoro e di Abruzzo nella estate del 1834 (laghetto delle Correie). Ann. Civili del Regno delle Due Sicilie, **9** (17), Napoli.
- NISIO S. (2003) – I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia centrale. Il Quaternario, **16** (1), p. 121-132.
- NOTA D'ELOGIO E. (1979) – Le acque minerali e termali della provincia di Napoli. Mem. e Note Ist. Geol Appl., **15**, p. 1-108.
- PROKOPOVICH N.P. (1976) – Some geologic factors determinino land subsidence. Bull. IAEG, **14**, p. 75-81.
- PUNTILLO E., VALLARIO A. (2001) – Il sottosuolo napoletano da risorsa a rischio. In "L'Ambiente geologico della Campania", Vallario Eds, p. 437-458.
- RICCARDI L. (1927) - Telesia – Ricordi e Speranze. Tip. Nazzareno Borrelli, Benevento 1927.
- ROSSI D. (1857) - Sulle acque minerali di Teleso e sullo Stabilimento dei Bagni quivi costruito. Annali Civili del Regno delle due Sicilie, Napoli, **61** (121), sett/ott 1857.
- SANTO A. & TUCCIMEI P. (1997) - Ricostruzione di eventi deformativi di versante tardo-quaternari ed olocenici attraverso studi geomorfologici e datazioni radiometriche Th/U: l'esempio dell'area di Vico Equense (Campania). Il Quaternario, **10** (2), 477-484.
- SCACCHI A. (1885) – La regione vulcanica fluorifera della Campania. Atti Acc. Sc. Fis. E Mat., serie 2, **2**, Napoli.
- SCHERILLO A. (1965) – Latino e vulcanologia "... apud agrum calenum flamma eructata ...". Atti Acc. Pontaniana, nuova serie, **14**, 97-100.
- SCHERILLO A., FRANCO E., DI GIROLAMO P., STANZIONE D., VALLANTE G. (1965) - Forme crateriche tra Mondragone e Vairano. Per. di Min., **34** (2-3), 497-513.
- SCHERILLO A., FRANCO E., DI GIROLAMO P., STANZIONE D. (1966) - Guida alle forme crateriche della Campania settentrionale. Atti Acc. Pontaniana, nuova serie, **15**, 49-52.
- SCHERILLO A., FRANCO E., DI GIROLAMO P., STANZIONE D. (1966) - Precisazione sulle forme crateriche dell'Agro Falerno. Atti Acc. Pontaniana, nuova serie, **17**, 261-278.
- VALLARIO A. (1992) – Sprofondamenti e crolli nelle cavità del sottosuolo napoletano. In "Frane e Territorio", Liguori Ed., p. 427-458.