

## EVOLUZIONE DEL PAESAGGIO CARSICO E PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA NEL SALENTO LECCESE

*Giovanni Refolo\**, *Paolo Sansò\*\** & *Gianluca Selleri\*\*\**

\* Dirigente del Settore Territorio ed Ambiente, Provincia di Lecce.

\*\*Professore associato di Geografia fisica e Geomorfologia, Osservatorio di Chimica,  
Fisica e Geologia Ambientali - Università del Salento.

\*\*\*Iscritto n° 589 ORG Puglia; Osservatorio di Chimica, Fisica e Geologia Ambientali - Università del Salento.

### PREMESSA

Il Salento leccese è un'area carsica intensamente popolata ed estesamente urbanizzata, interessata come tante altre regioni carsiche da fenomeni la cui dinamica ambientale può rappresentare un ostacolo alla piena utilizzazione del territorio e localmente costituire un problema per la sicurezza degli insediamenti umani e per le opere d'ingegneria.

Nei limiti di questo territorio le problematiche di dinamica ambientale più gravose sono rappresentate dai fenomeni di subsidenza rapida e dagli allagamenti che si verificano periodicamente per il ristagno delle acque di scorrimento superficiale. Tra la fine dell'autunno e l'inizio della primavera il ristagno delle acque di ruscellamento determina, infatti, estesi allagamenti che esercitano un forte condizionamento allo sviluppo delle attività antropiche e socio-economiche, in quanto nei settori interessati ricadono spesso aree di particolare vulnerabilità ed esposizione quali zone urbane, industriali, terreni con coltivazioni di pregio, ecc..

Il problema rappresentato dal ristagno delle acque superficiali è conosciuto da sempre; già Cosimo De Giorgi nel 1884, infatti, riportava che su gran parte della penisola "si raccoglievano d'inverno le acque di vastissimi bacini idrografici e vi duravano in certi anni fino al mese di maggio, sottraendo una grande e fertilissima zona all'agricoltura.". L'estensione delle aree interne occupate dalle acque stagnanti sul finire del 1800 era secondo Raffaele Pareto (1865) e Cosimo De Giorgi (1884) di circa 15000 ettari.

Gli abbassamenti rapidi della superficie topografica interessano i settori interni della penisola, in particolar modo le aree prossime ad alcuni inghiottitoi (Selleri *et alii*, 2003), e la fascia costiera nei dintorni di Porto Cesareo e delle marine di Alliste e tra Torre Chianca e Casalabate. Anche in questi settori a condizioni di alta pericolosità si associa spesso un rischio elevato per la presenza di aree sensibili. Tale situazione è particolarmente grave

lungo la fascia costiera dove in corrispondenza delle aree ad alta pericolosità insistono intere zone residenziali nate in seguito alla diffusa urbanizzazione, in gran parte spontanea, che tra gli anni '70 del secolo scorso ed oggi, ha prodotto estesi insediamenti.

Nel corso dei secoli, per affrontare e risolvere le problematiche sopra richiamate sono stati realizzati numerosi interventi che tuttavia, nell'arco del tempo, si sono dimostrati in gran parte inefficaci o addirittura hanno determinato delle ricadute negative. In alcune località, infatti, i condizionamenti apportati alla rete idrografica ed agli inghiottitoi hanno accelerato la dinamica dei processi naturali in atto o hanno innescato nuovi processi geomorfologici (Selleri *et alii*, 2003). Queste conseguenze sono il prodotto di una carenza di conoscenze in fase di pianificazione e progettazione sulla dinamica evolutiva del paesaggio carsico e sulle interazioni complesse che esistono tra la circolazione idrica superficiale e le forme carsiche ipogee.

Consapevole di queste carenze la Provincia di Lecce da alcuni anni ha intrapreso un rapporto di collaborazione con ricercatori dell'Osservatorio di Chimica, Fisica e Geologia Ambientali dell'Università del Salento al fine di individuare fattori di pericolo e di rischio. In particolare, nell'ambito di questa collaborazione è stata affrontata la caratterizzazione degli inghiottitoi carsici del Salento leccese e sono stati proposti dei modelli della loro genesi ed evoluzione.

Nel presente articolo sono esposti due casi di studio che riguardano due inghiottitoi nei quali l'immissione incontrollata di acque, anche in seguito ad interventi di ingegneria idraulica, hanno innescato o accelerato la subsidenza.

### LINEAMENTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E DINAMICA GEOMORFOLOGICA

Il Salento leccese è il settore emerso più meridionale dell'avampaese apulo ed è costituito da un

potente substrato carbonatico, rappresentato da diverse unità di età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Pleistocene inferiore, su cui poggiano estese ma sottili coperture prevalentemente terrigene del Pleistocene medio - superiore.

Questa regione è una penisola poco rilevata sul livello del mare, il cui paesaggio fisico a grande scala è un complesso di numerose ed ampie superfici, quasi tutte di età quaternaria, disposte tra 160 e pochi metri s.l.m., raccordate da scarpata di faglia orientate prevalentemente NW-SE e NNW-SSE, da scarpate di erosione selettiva e da paleoripe di abrasione marina (Fig. 1).

Il paesaggio della fascia costiera è caratterizzato da una gradinata di terrazzi marini, mentre la parte interna può essere suddivisa, grossomodo lungo l'allineamento Lecce - Corigliano d'Otranto - Castiglione d'Otranto, in due settori con caratteri morfologici peculiari. A Est di questo allineamento è esposto, infatti, un paesaggio carsico caratterizzato dalla presenza di forme relitte. Tra le diverse unità fisiografiche riconoscibili si possono ricordare la superficie presente lungo la fascia costiera sud-orientale, caratterizzata da ampie doline ricolme di depositi colluviali contenenti faune continentali quaternarie di clima caldo e freddo ed intersecata dalla paleofalesia più alta in quota della gradinata di terrazzi marini. Caratteri morfologici singolari hanno anche i lembi della superficie carsica paleogenica con forme di tipo tropicale (Cotecchia & Dell'Anna, 1959; Crescenti & Vighi, 1967; Sansò, 1997), esposti

in corrispondenza di Capo d'Otranto, della Serra di Montevergine, di Poggiardo e di Martignano.

A Ovest dell'allineamento Lecce - Corigliano d'Otranto - Castiglione d'Otranto il paesaggio è invece sostanzialmente caratterizzato da tre unità geomorfologiche (Selleri, 2007):

- le aree morfologicamente depresse dove affiorano essenzialmente le unità del Cretaceo superiore e del Pleistocene inferiore o esclusivamente queste ultime, corrispondenti a lembi riesumati ed in parte riattivati di un paesaggio carsico modellato tra la fine del Pleistocene inferiore e la parte iniziale del Pleistocene medio, prima del ciclo dei Depositi marini terrazzati, in risposta alle nuove condizioni geomorfologiche e strutturali che la parte meridionale dell'avampaese apulo assunse con la fine dell'orogenesi appenninica;
- le aree di affioramento dei Depositi marini terrazzati, corrispondenti a lembi residuali della copertura sedimentaria che originariamente fossilizzava il paesaggio carsico mediopleistocenico; in queste aree si possono distinguere le superfici alte corrispondenti a porzioni più o meno estese di uno o più sedipiani e le superfici che raccordano queste ultime con le aree di affioramento del carso mediopleistocenico, modellate dai corsi d'acqua e quindi interpretabili come superfici di denudazione databili alla parte terminale del Pleistocene medio ed al Pleistocene superiore;

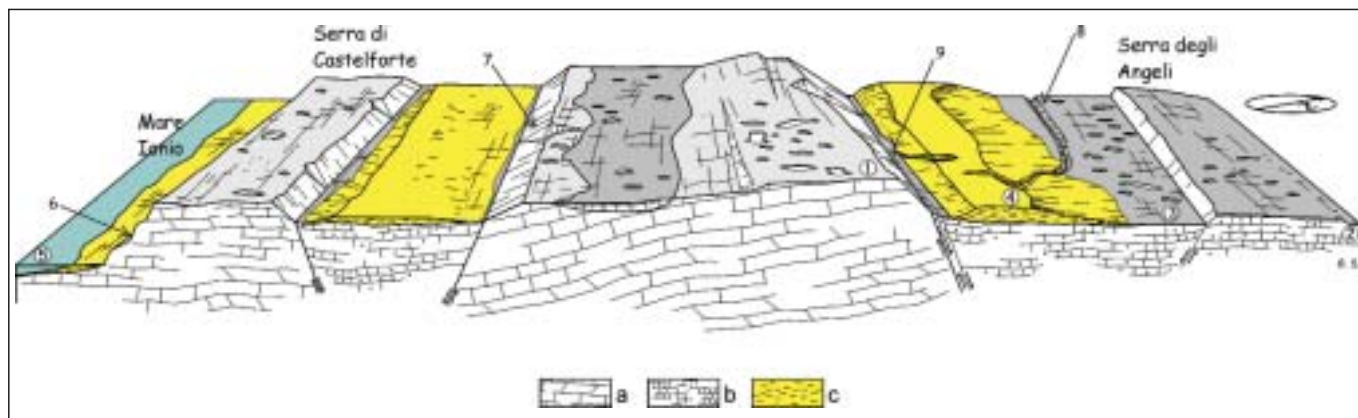


Figura 1 - Aspetto geomorfologico schematico del Salento tra la Serra di Castelforte a SW e la Serra degli Angeli a NE. I ripiani più alti in quota corrispondono alle superfici sommitali delle Serre (1) modellate, con la sola eccezione della Serra degli Angeli (2), sulle unità calcareo-dolomitiche del Cretaceo superiore; i versanti di questi rilievi sono incisi da brevi solchi erosivi (7). I ripiani più bassi corrispondono a superfici carsiche (3) modellate sulle unità carbonatiche neogenico-quaternarie ed a sedipiani e superfici di denudazione (4) modellate sulle unità prevalentemente terrigene del Pleistocene medio-superiore; queste ultime sono attraversate da corsi d'acqua a carattere temporaneo e occasionale (8) afferenti ad inghiottitoi carsici (9). Nel settore antistante il Mare Ionio (5) è presente una gradinata di terrazzi marini (6). Legenda: a - successione carbonatica cretacea; b - unità carbonatiche neogenico-quaternarie; c - unità prevalentemente terrigene del Pleistocene medio e superiore

- *i rilievi morfologico-strutturali denominati Serre*, corrispondenti ad affioramenti delle unità calcareo-dolomitiche del Cretaceo superiore dove sono esposte forme policcliche, probabilmente più antiche del Pleistocene medio.

L'assetto geomorfologico di questo territorio rappresenta un classico esempio di carsismo di contatto (Selleri *et alii*, 2002). Infatti, le aree di affioramento delle rocce carbonatiche ricevono ingenti volumi di acque allogeniche da aree adiacenti caratterizzate invece da una dinamica geomorfologica di tipo non carsico. Le prime corrispondono ai lembi riesumati del carso mediopleistocenico che quindi rappresentano le aree della provincia interessate dalla più attiva dinamica geomorfologica.

L'afflusso stagionale di acque allogeniche attiva, infatti, un complesso di processi che localmente determinano condizioni di alta pericolosità geomorfologica, a volte amplificata per intervento dell'uomo.

#### **DUE CASI DI SUBSIDENZA RAPIDA**

In località Spedicaturo (Nociglia) il 13 marzo 1996 un fenomeno di subsidenza rapida, seguito negli anni successivi da dissesti meno estesi, ha messo in evidenza la presenza di una cavità profonda 19 metri e larga 20 metri (Fig. 2). Nell'area erano già presenti due ampie doline da crollo da cui si accede ad uno dei più noti sistemi carsici del Salento leccese denominato Vore Spedicaturo (De Giorgi, 1896; De Giorgi, 1922; Stasi, 1940; Moscardino, 1957; Anelli, 1963; Beccarisi *et alii*, 1999).

Questo sistema si apre in una estesa area depressa, stretta ed allungata in direzione NNO-SSE che si sviluppa lungo il contatto tra le Calcareniti di Gravina del Pleistocene inferiore, affioranti sul fondo della depressione ed in corrispondenza della bassa dorsale di Masseria Piccola - Casale Pozzogreco che la borda a Est, ed i depositi terrigeni del Pleistocene medio affioranti in corrispondenza del vasto pianoro che si estende fino alla depressione



Figura 2 - La dolina da crollo individuata il 13 marzo 1996 in località Spedicaturo

di Supersano - Ruffano (Fig. 3).

Le Calcareniti di Gravina sono rappresentate da calcari detritico-organogeni di colore bianco o giallastro, di granulometria variabile da arenitica grossolana a siltitica, porosi, variamente cementati. La parte alta della successione è clinostratificata; nella parte bassa sono presenti lenti e strati variamente potenti di silt calcareo-marnosi giallo-verdognoli con abbondanti noduli diagenetici. Questa unità è ricoperta discontinuamente da depositi colluviali sabbioso-siltosi rossastri.

I depositi del Pleistocene medio, su cui si sviluppa il reticolo che alimenta il sistema carsico, sono costituiti da limi sabbiosi quarzoso - micacei, di colore giallognolo, con intercalazioni di sottili livelli arenacei. Sia il reticolo endoreico che gli inghiottitoi sono stati marcatamente modificati dall'uomo dalla fine del 1800. L'attuale conformazione è stata realizzata intorno al 1970; in quegli anni infatti le sponde dei canali sono state cementificate e nella parte terminale del reticolo è stata realizzata una vasca di decantazione in calcestruzzo con base di 20 x 10 metri e profondità di 4 metri. L'inghiottitoio principale della cavità è stato regolarizzato e chiuso con una griglia (Fig. 4).

La circolazione idrica ipogea è condizionata dal regime pluviometrico: durante gli eventi meteorici intensi le acque raggiungono rapidamente l'inghiottitoio attraverso i canali cementificati e penetrano nel sottosuolo dall'ingresso condizionato che si apre sullo spigolo nord-orientale della vasca di decantazione. Dopo un breve percorso a pelo libero, le

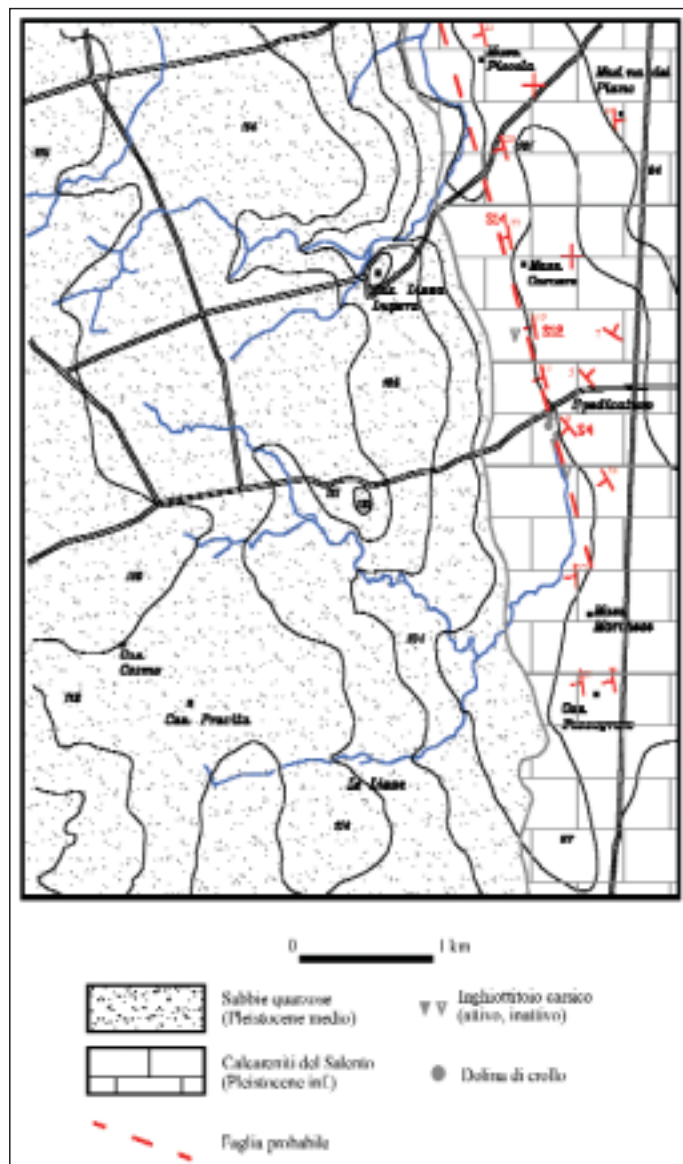


Figura 3 - Carta geologica del bacino idrografico che afferra al sistema carsico Vore Spedicaturo

acque si muovono verso Nord all'interno di condotte impraticabili, ricomparendo tuttavia in vari punti all'interno delle cavità. Le grandi gallerie che rappresentano la parte esplorata del sistema sono percorse dalle acque solo durante i maggiori eventi meteorici, frequenti nel periodo autunnale e primaverile. Questi ambienti si riempiono d'acqua rapidamente in seguito alla formazione di vari sifoni che ostacolano il deflusso e favoriscono la permanenza all'interno delle cavità di ingenti volumi d'acqua in lento movimento. In tali condizioni, probabil-

mente, si riattivano delle gallerie freatiche più superficiali parzialmente esplorate. Nelle due cavità denominate Vora Piccola e Vora Nuova non si verifica alcuna attività idrica di rilievo; solo all'interno della Vora Nuova durante l'evento di *sinkhole activity* del 1996 è stato osservato per un tempo di diverse ore un flusso idrico turbolento di portata considerevole (Selleri *et alii*, 2003).

La genesi dei dissesti è legata al particolare assetto geologico e geomorfologico dell'area che naturalmente permette l'afflusso nel sistema carsico di cospicui volumi di acque allogeniche ed alle caratteristiche litologiche, tessiturali e meccaniche della successione affiorante.

In seno alle calcareniti ed ai limi e sabbie calcareo-marnosi che rappresentano la parte bassa della successione affiorante, più omogenea e meno tenace, le cavità si ampliano conservando una forma grossomodo sferica (Fig. 5A). I vuoti ipogei incontrando il letto del corpo superiore, costituito da calcareniti cementate clinostratificate, si ampliano prevalentemente in seno al litotipo meno tenace e conservano al tetto le calcareniti, assumendo una geometria condizionata dal contatto litostratigrafico tra i due corpi e dalla geometria delle famiglie di fratture (Fig. 5B). L'aumento di volume della cavità e la intersezione tra le superfici di stratificazione e di fatturazione sono le principali cause predisponenti al crollo della volta (Fig. 5C).

La geometria e la forma delle doline da crollo sono condizionate dalle locali caratteristiche litostratigrafiche e dalla modalità secondo la quale si verificano i crolli della volta.



Figura 4 - Il principale inghiottitoio del sistema carsico Vore Spedicaturo posto sul lato della vasca di decantazione

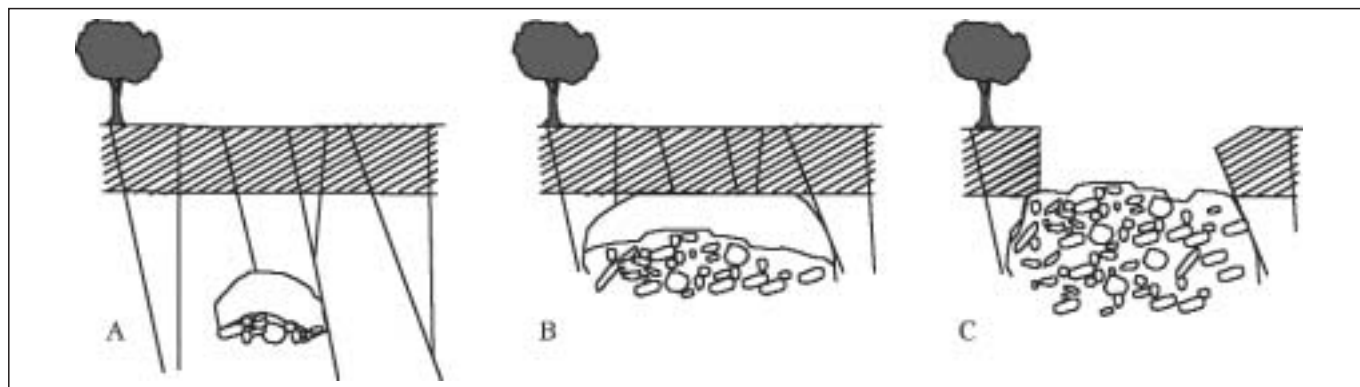


Figura 5 - Modello evolutivo delle doline da crollo

Le cause che inducono i fenomeni di subsidenza rapida sono connesse agli eventi di piena cui stagionalmente il sistema carsico Vore Spedicaturo è soggetto; la subsidenza del 13 marzo 1996 è seguita ad un evento meteorico eccezionale verificatosi l'11 ed il 12 marzo. La sinkhole activity tuttavia è favorita probabilmente dalle modificazioni apportate dall'uomo alla rete idrografica ed alle parti più superficiali delle cavità. Infatti in seguito ai condizionamenti descritti sono aumentati i volumi di acqua recapitati all'inghiottitoio, i tempi di corrivazione si sono ridotti drasticamente e sono aumentate le portate di massima piena; di conseguenza gli effetti erosivi connessi ai flussi idrici turbolenti che, durante gli eventi meteorici intensi, percorrono le parti più superficiali del sistema carsico sono stati amplificati.

Un altro fenomeno ben conosciuto di subsidenza rapida condizionato dall'attività umana è quello che ha interessato un'area alla periferia del centro abitato di Bagnolo del Salento (Selleri *et alii*, 2003) con la formazione di un'ampia dolina alluvionale (Fig. 6). Questo settore è caratterizzato da un paesaggio carsico modellato sulle unità carbonatiche del Miocene che nel corso del Pleistocene superiore è stato sepolto da depositi continentali sabbioso-siltosi. Queste coperture sono state estesamente erose e si sono conservate solo nelle doline e nelle depressioni chiuse mascherandone quasi completamente la individualità morfologica.

La dolina alluvionale si apre nel perimetro di un'area depressa di circa 2 metri

rispetto ai luoghi circostanti (Fig. 7) in cui sono recapitate le acque in eccesso emunte nel campo pozzi dell'Acquedotto Pugliese di Bagnolo del Salento. Fino agli anni '80 del secolo scorso l'afflusso d'acqua dal serbatoio alla depressione era occasionale; successivamente invece gli episodi di allagamento sono diventati sempre più frequenti e prolungati. Nel 1990, durante un periodo di allagamento durato alcune settimane, si è individuata e sviluppata una piccola dolina alluvionale che ha ospitato, fino all'inizio dell'estate 2002, uno specchio d'acqua alimentato pressoché con continuità dal serbatoio.

La ricostruzione della locale successione litostratigrafica è stata realizzata tramite sondaggi elettrici verticali, profili sismici a rifrazione e la reinterpretazione della stratigrafia di un pozzo per acqua esistente in un'area immediatamente adiacente. Nel perimetro dell'area depressa affiorano i sedimenti colluviali sabbioso-limosi del Pleistocene superiore; su questa copertura si è sviluppato un suolo bruno



Figura 6 - La dolina posta sul fondo dell'area depressa ed invasa dalle acque provenienti dal campo pozzi AQP nella primavera del 2001

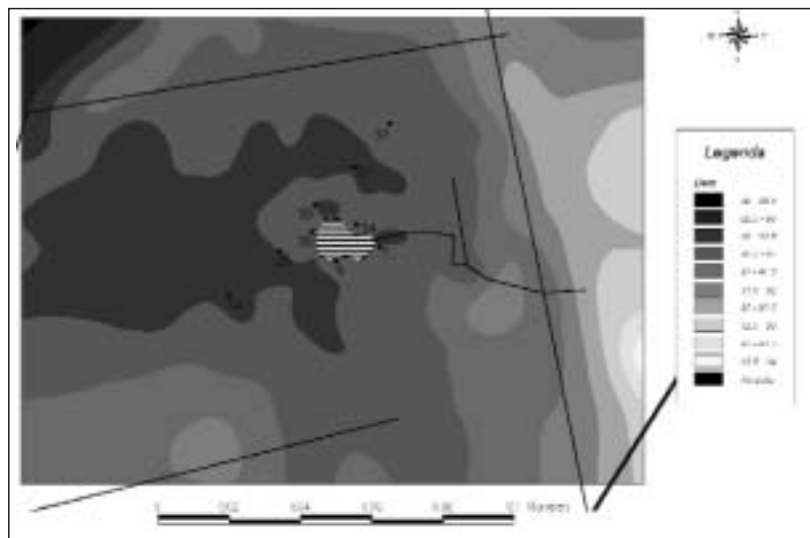


Figura 7 - Modello digitale del terreno della depressione interessata dalla subsidenza rapida. Il retinato indica il perimetro della dolina alluvionale

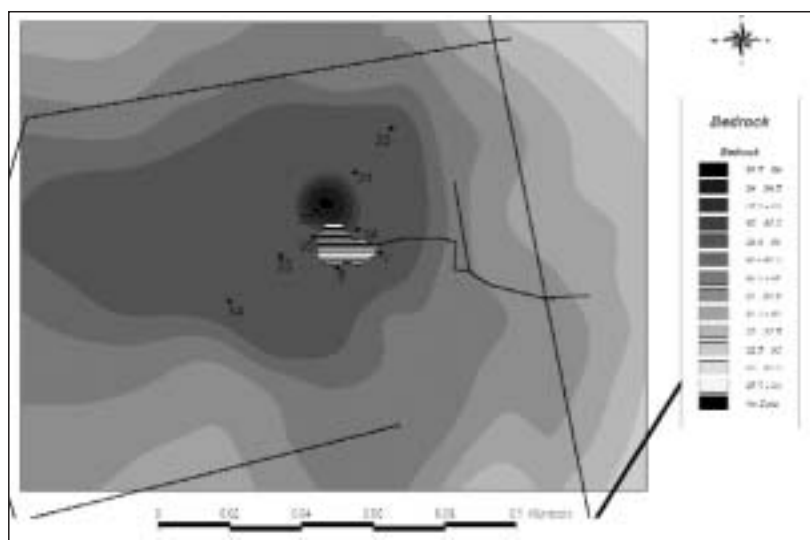


Figura 8 - Modello digitale della superficie del bedrock. E' ben evidente la depressione imbutiforme sepolta; il retinato indica il perimetro della dolina alluvionale



Figura 9 - La dolina riesposta in seguito alla evoluzione della subsidenza nell'estate del 2002

di potenza variabile da pochi decimetri a circa 2 metri. I sedimenti colluviali e localmente il suolo brunastro poggiano su calcareniti bioclastiche molto porose e poco tenaci, ascrivibili alla Formazione delle Calcareniti di Andrano del Messiniano pre-evaporitico.

La geometria sepolta del substrato carbonatico è stata ricostruita attraverso 35 sondaggi penetrometrici ed un accurato rilievo topografico. Lo studio ha evidenziato sulla verticale del crollo la presenza di una piccola dolina sepolta a forma di tronco di cono rovesciato ampia da 25 metri a 4 metri e profonda circa 7 metri (Fig. 8). Tale forma sepolta è stata esposta a seguito di un ulteriore crollo verificatosi nell'estate del 2002 (Fig. 9).

Il fenomeno di subsidenza descritto è stato innescato dai frequenti e prolungati allagamenti cui l'area è stata sottoposta soprattutto negli anni immediatamente precedenti il fenomeno. Le acque di infiltrazione, infatti, hanno causato il trascinarsi verso il basso dei depositi sciolti colluviali che colmano la piccola dolina.

## CONCLUSIONI

I due esempi sopra descritti evidenziano i rischi connessi allo smaltimento incontrollato delle acque su superfici carsificate e l'importanza dell'individuazione e caratterizzazione morfologica delle forme carsiche sepolte per la previsione e mitigazione degli eventuali fattori di rischio connessi a questa pratica. Attraverso gli studi condotti fino ad oggi, è risultato evidente, infatti, che la preventiva definizione dei caratteri geologici, strutturali, morfologici ed idrogeologici di un'area e la comprensione della loro evoluzione nel tempo permettono sempre di individuare e definire gli effetti negativi connessi a qualsiasi tipo di intervento umano e di limitare le zone potenzialmente a rischio.

Dagli studi condotti emerge quindi che una razionale gestione del territorio salentino non può prescindere dalla acquisizione di una dettagliata base conoscitiva dei fenomeni carsici epigei e delle loro complesse relazioni con la rete idrografica superficiale e con l'evoluzione delle forme ipogee.

**RINGRAZIAMENTI**

Gli autori ringraziano sentitamente il Dott. Geol. G.L. Miggiano per i dati forniti, il fotografo R. Puce ed il Gruppo Speleologico Leccese 'Ndronico per aver messo a disposizione le immagini fotografiche.

**BIBLIOGRAFIA**

ANELLI F. (1964) – *Fenomeni Paracarsici nei calcari grossolani terziari e quaternari delle Murge e del salento in Puglia*. – Third International Congress of Speleology, 2, pp.199-206, Wienn.

BECCARISI L., CHIRIACÒ L., DELLE ROSE M. (1999) - *Il sistema carsico Vore Spedicaturo Nociglia-Surano, Provincia di Lecce*. – Itinerari Speleologici. Serie II, n. 8, pp. 5-36. La Litografica. Martina Franca.

COTECCHIA V & DELL'ANNA L. (1959) – *Contributo alla conoscenza delle bauxiti e terre rosse del Salento*. Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata dell'Università di Napoli, VII, 5-20.

CRESCENTI V. & VIGHI L. (1964) – *Caratteristiche, genesi e stratigrafia dei depositi bauxitici cretacici del Gargano e delle Murge; cenni sulle argille con pisoliti bauxitiche del Salento (Puglia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 83, 285-338.

DE GIORGI C (1884) – *Cenni di Geografia Fisica della Provincia di Lecce*. Tipo-Litografia Ed. Salentina, 121.

DE GIORGI C. (1896) – *Le Vore di Barbarano*. L'Universo, n. 9, 129-131, Milano.

DE GIORGI C. (1922) – *Descrizione geologica ed idrografica della Provincia di Lecce*. Ed. Salomi. Lecce.

MOSCARDINO M. (1957) - *Paleontologia e speleologia in Terra d'Otranto*. Nuovo Annuario di Terra d'Otranto, Op. in 8°, pp. 67, Galatina.

PARETO R. (1865) – *Sulle bonificazioni, risaje ed irrigazioni del regno d'Italia*. Vol. in 8°. Tipografia e Litografia degli Ingegneri, Milano

SANSÒ P. (1997) – *The ancient landforms of Apulia region*. Abstract IV International Symposium on Geomorphology, Bologna, Italy, august 1997.

SELLERI G. (2007) - *Karstic landscape evolution of southern Apulia foreland during the Pleistocene*. Geografia Fisica e Dinamica quaternaria, in press.

SELLERI G., SANSÒ P., WALSH N. (2003). *The karst of Salento region (Apulia, Southern Italy): constraints for management*. Acta Carsologica, 32 (1), 19-28.

SELLERI, G., SANSÒ, P. & WALSH, N. (2002) - *The contact karst landscape of Salento peninsula (Apulia, southern Italy)*. Evolution of Karst from prekarst to cessation, 275-281, Postojna.

STASI G. (1949) – *Esplorazioni speleologiche nel Salento*. Rinascenza Salentina.

