

## Cronologia degli eventi di sprofondamento in Puglia, con particolare riferimento alle interazioni con l'ambiente antropizzato

*History of sinkhole events in Apulia, Italy, with particular regard  
to the interactions with the anthropogenic environment*

FIORE A. (\*), PARISE M. (\*\*)

RIASSUNTO - In territori carsici e in zone caratterizzate da presenza di rocce tenere, gli sprofondamenti rappresentano la tipologia più peculiare di pericolo, essendo connessi alla presenza di vuoti sotterranei, sia di origine naturale, dovuti all'azione di dissoluzione che interessa le rocce solubili, sia creati dalle attività antropiche, per mezzo di scavi di cavità artificiali nel sottosuolo. Qualunque sia l'origine, la presenza di vuoti può determinare la formazione di sprofondamenti, e causare pesanti perdite economiche, o addirittura vittime.

Negli ultimi anni, si è registrato sul territorio pugliese un preoccupante aumento nella frequenza degli eventi di sprofondamento, tanto connessi a cavità naturali che artificiali. La Puglia è, d'altra parte, nota da tempo per tali fenomenologie di eventi, come dimostrano le crisi che interessarono in decenni passati le città di Canosa di Puglia e Andria; pertanto, la possibilità che si verificano eventi di sprofondamento non è nuova per l'area. Ciò nonostante, a partire dai primi anni di questo secolo, la frequenza di eventi ha avuto un netto incremento, raggiungendo un picco tra il 2009 e il 2010. Bisogna comunque notare che gli eventi per i quali è stata reperita una documentazione rappresentano solo una piccola parte di quelli effettivamente avvenuti, poiché molti altri (presumibilmente, la maggior parte) non sono registrati a causa di carenza di informazioni, per l'essersi verificati in aree non urbanizzate, o per il rapido colmamento delle aree sprofondate da parte dei proprietari del terreno al fine di evitare vincoli e deprezzamenti dei suoli.

La nostra analisi ha preso avvio da ricerche di carattere storico, consistenti nello scrutinio di molte differenti fonti di informazione, incluse ma non limitate a pubblicazioni scien-

tifiche, quotidiani, cronache, rapporti tecnici, e interviste con liberi professionisti. L'analisi critica di tale mole di dati ha prodotto la creazione di una banca dati sugli eventi di sprofondamento in Puglia, che è stata poi integrata da rilievi eseguiti dagli autori nel corso degli ultimi anni. Complessivamente, la banca dati consiste al momento di varie decine di casi di sprofondamento per i quali è stato rinvenuto un riferimento cronologico (data, anche se generica). Le informazioni sul tempo di occorrenza sono considerate di grande importanza nella nostra ricerca. Nella analisi degli sprofondamenti, al pari di qualunque altro pericolo naturale o antropico, la conoscenza dell'occorrenza temporale dell'evento è infatti cruciale per definire nella maniera più precisa il pericolo. Mancanza di dati su tale aspetto determina l'impossibilità di valutare effettivamente la pericolosità, e costringe l'analisi a fermarsi alla fase di determinazione della suscettibilità.

Come già verificato nel corso di ricerche precedenti relative ad altre tipologie di pericoli naturali (frane, alluvioni) in Italia, l'affidabilità delle informazioni temporali può risultare ampiamente variabile, in funzione del tipo di fonte e del grado e quantità di informazioni disponibili. Nondimeno, la banca dati sugli sprofondamenti in Puglia così prodotta rappresenta un valido punto di partenza per esaminare in maggiore dettaglio l'occorrenza nel tempo di tali fenomeni in Puglia, con particolare riferimento alle loro relazioni con differenti tipi di fattori d'innesco.

PAROLE CHIAVE: sprofondamenti, cronologia, pericolosità, danni, Puglia

(\*) Autorità di Bacino della Puglia, Bari; antonello.fiore@adb.puglia.it

(\*\*) CNR-IRPI, Via Amendola 122-I, 70126 Bari; m.parise@ba.irpi.cnr.it

ABSTRACT - In karst territories, sinkholes represent the most peculiar typology of hazards, being related to the presence of underground voids. These latter may be of natural origin, due to the solutional processes which affect soluble rocks, or caused by man's activities, through excavation of anthropogenic cavities underground. Whether the origin, presence of voids may result in sinkhole formation, causing heavy economic losses, if not casualties to the human society.

In the last years, a worrying increase of sinkhole events, related to both natural and anthropogenic cavities, has been registered in Apulia, southern Italy. Apulia region is actually well known since a long time for the occurrence of such events, as experienced for instance during the crisis that hit the towns of Canosa di Puglia and Andria; therefore, the possibility of occurrence of sinkholes is not unexpected for the area. However, starting since the first years of the present century, the frequency of events have had a definite increase, which reached a peak during 2009 and 2010. It has to be noted that, in any case, the documented events represent only a small part of what is actually occurring, since many others (likely, the majority) are not registered due to lack of information, or to rapid infilling of sinkholes by the land owners.

Our analysis started from historical researches, consisting of the scrutiny of many different sources, including but not limited to scientific publications, newspapers, chronicles, technical reports, and interviews with professionals. Critical analysis of such amount of data resulted in the creation of a database about sinkhole events in Apulia, that was further integrated by direct surveys from the authors in the last years. Overall, the database consists so far in several tens of cases of sinkholes for which a chronological reference (a date, even though generic) was found. Information on timing of occurrence was considered of great importance in our research. In the analysis of sinkholes, as of any other natural or anthropogenic danger, knowledge of the temporal occurrence of the events is crucial to properly define the hazard. Lack of data about the timing of the events determines the impossibility to actually evaluate the hazard, which forces the analysis to be limited to the susceptibility assessment.

As already experienced in previous researches about other types of natural hazards (mass movements, floods) in Italy, reliability of the temporal information can be highly variable, depending upon the type of source and the degree and amount of available information. Nevertheless, the sinkhole database we produced represents a valid starting point for examining in greater detail the temporal occurrence of phenomena in Apulia, with particular reference to their relation with different types of triggering factors.

KEY WORDS: sinkholes, history, hazard, damage, Apulia

## 1. - INTRODUZIONE

La Puglia costituisce una delle aree di maggiore interesse dal punto di vista carsico in Italia, essendo quasi interamente caratterizzata dalla

presenza in affioramento di rocce solubili. Tale caratteristica la rende particolarmente soggetta a fenomeni di sprofondamento (*sinkhole*), che rappresentano indubbiamente la tipologia di pericolo naturale maggiormente diffusa in ambiente carsico (WALTHAM *et alii*, 2005; PARISE & GUNN, 2007; DE WAELE *et alii*, 2011; ZHOU & BECK, 2011). In aggiunta ai *sinkhole* di origine naturale, vanno poi considerati quelli connessi ai vuoti realizzati dall'uomo nel sottosuolo, nel corso di varie epoche e per molteplici scopi. Le cavità antropiche sono estremamente diffuse nel territorio regionale pugliese (si vedano, tra gli altri, FONSECA, 1980; MONTE, 1995; DELL'AQUILA & MESSINA, 1998; DE MARCO *et alii*, 2004), interessando anche i settori nei quali non sono presenti rocce solubili; localmente, esse costituiscono uno tra i principali elementi caratterizzanti il paesaggio (ad esempio, sui fianchi delle *gravine* dell'arco ionico tarantino). L'espansione urbana, spesso incontrollata, registrata da numerosi centri abitati negli ultimi decenni, ha portato di frequente i paesi a svilupparsi al di sopra di antiche cavità, delle quali nel frattempo si era andata perdendo la memoria. Tutti questi fattori concorrono in maniera determinante a considerare buona parte del territorio regionale pugliese potenzialmente suscettibile a fenomeni di sprofondamento (DELLE ROSE *et alii*, 2004; PARISE, 2008). Al pari di altri eventi di pericolo (siano essi di origine naturale o antropica), la definizione della relativa pericolosità (VARNES, 1984) richiede necessariamente la conoscenza della frequenza temporale di occorrenza dei fenomeni. Ciò pone un problema di non poco conto, dato che è ben nota la difficoltà di reperire dati certi ed affidabili sull'occorrenza di eventi di dissesto idrogeologico nel territorio italiano (si veda a tale proposito CALCATERRA & PARISE, 2001). Il presente lavoro, frutto di alcuni anni di ricerche storiche, integrate da rilievi diretti, illustra lo stato attuale delle conoscenze sugli eventi di sprofondamento avvenuti in Puglia, e ne presenta la relativa cronologia. Pur non avendo la pretesa di essere esaustivo, esso mostra tuttavia un quadro alquanto significativo, per quel che riguarda la scansione temporale degli eventi nonché la loro distribuzione territoriale, evidenziando tra l'altro un netto aumento nella frequenza degli stessi negli anni più recenti.

## 2. - EVENTI DI *SINKHOLE* IN PUGLIA

I primi eventi di sprofondamento per i quali è stata reperita documentazione risalgono agli anni '20 e agli anni '40 del secolo scorso, con dissesti avvenuti a Canosa di Puglia e a Altamura. Canosa di Puglia, in particolare, è stata certamente uno dei siti maggiormente colpiti da tali eventi, a causa della diffusa presenza di una complessa rete caveale sotterranea al di sotto dell'area urbana. Ripetuti eventi, con un aumento nella frequenza degli stessi, negli anni '80, posero all'attenzione di tutti la problematica degli sprofondamenti, per la bonifica dei quali si procedette con interventi ed opere di ingente impegno economico, riassunti in un volume a cura dell'Amministrazione Comunale (SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.P.A., 1989). Situazione analoga a quella di Canosa di Puglia si registrò poi ad Andria, dove numerosi eventi avvennero in particolare nel corso degli anni '70 (fig. 1), provocando in almeno un caso anche vittime.

Ma è in realtà l'intero territorio regionale a presentare eventi di sprofondamento, con situazioni, per quanto diversificate, che coinvolgono sia il Promontorio del Gargano che l'altopiano delle Murge e la Penisola Salentina. Si individuano chiaramente alcuni siti maggiormente propensi al verificarsi di sprofondamenti, o in corrispondenza dei quali si sono registrate fasi particolarmente critiche, legate in qualche caso ad attività antropiche. La situazione di Lesina Marina, tuttora in atto con

gravi ripercussioni sulla zona abitata (figg. 2, 3), è un evidente esempio in tal senso.

Una delle aree a maggiore criticità è quella dell'abitato di Casalabate, sul litorale adriatico nei pressi di Lecce, dove dal 1993 ad oggi sono stati registrati almeno 10 episodi di sprofondamento, che hanno provocato anche l'abbattimento di alcune costruzioni, nonché causato la chiusura del litorale in più occasioni (MARGIOTTA *et alii*, 2012). Si tratta di situazioni alquanto diffuse in più tratti della costa bassa del Salento, sia sul litorale adriatico che su quello ionico, legate a cavità anche di notevole estensione, in gran parte allagate, che si sviluppano lungo la fascia di interfaccia tra acqua dolce e acqua salata, laddove particolarmente aggressiva risulta la miscela delle acque nei riguardi delle rocce calcarenitiche presenti. Si ricordano ad esempio i casi di Torre Castiglione presso Porto Cesareo, l'area della Palude del Capitano in territorio di Nardò, l'evento della Marina di Alliste del febbraio 2004 (n. 36 in tabella 1; ALBA *et alii*, 2008).

Tra le cavità naturali di maggiore importanza, interessate da eventi di sprofondamento o da allargamento dei margini dell'imbocco delle cavità stesse, va segnalato il caso della Vora Grande di Barbarano (PEPE & PARISE, 2011), nella porzione più meridionale della Penisola Salentina, il cui margine sud-orientale è crollato nel Febbraio 2011 (fig. 4; evento n. 68 in tabella 1).

Inoltre, va considerato che, in riferimento a cavità artificiali, anche zone del territorio regionale



Fig. 1 - Eventi di sprofondamento nell'area urbana di Andria (foto dei primi anni '70; fonte: Progetto "Attività di ricognizione e reperimento dati sui dissesti legati alla presenza di cavità nel sottosuolo in Puglia e Basilicata", Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2000).

- Sinkhole events in the urban area of Andria (photos dating back to the early '70; source: Civil Protection Department, 2000).



Fig. 2 - Eventi di sprofondamento nei depositi evaporitici di Marina di Lesina.  
 - Sinkhole events in the evaporites at Marina di Lesina.

per le quali la possibilità di presenza di vuoti sotterranei non appare evidente, in realtà le presentano. Ci si riferisce qui al Sub-appennino Dauno, zona di affioramento di formazioni prevalentemente flyscioidi dove in numerosi centri abitati sono state scavate negli anni cavità artificiali adibite a cantine e depositi. Tra i paesi maggiormente interessati si ricordano San Marco La Catola e Sant'Agata di Puglia, dove ad esempio furono registrati alcuni dissesti nella rete stradale in occasione di significativi eventi meteorici che provocarono anche numerosi fenomeni di instabilità per movimenti in massa (PARISE & WASOWSKI, 2002). Anche altre cittadine sono interessate dai fenomeni, con sprofondamenti come quello che avvenne a Candela nell'aprile del 2006 (fig. 5), proprio per il crollo della volta di una cantina-deposito (caso n. 40 in tabella 1).

## 2.1. - ANALISI DEI DATI

L'elenco cronologico degli eventi riportato in tabella 1 presenta 71 eventi di sprofondamento per i quali è stato possibile individuare una data, seppur generica, di occorrenza. In 7 casi tale data si limita all'anno, in 17 casi essa presenta anche indicazione del mese, mentre i restanti 47 casi sono documentati con la terna giorno-mese-anno, anche se talora l'attribuzione del giorno presenta elementi di dubbio.

Le fonti considerate sono state di tipo cronachistico, oltre a archivi e documenti di enti locali, ed all'analisi critica di pubblicazioni scientifiche e di note tecniche. Nel complesso, i 71 sprofondamenti sono riconducibili in 27 casi a eventi naturali e in 44 casi ad eventi connessi a cavità artificiali. Tale risultato non appare sorprendente, dato che studi recenti avevano già evidenziato l'assoluta rilevanza delle ca-

vità artificiali in relazione al verificarsi di sprofondamenti in Puglia (BARNABA *et alii*, 2010).

La distribuzione provinciale (fig. 6) mostra la maggiore percentuale complessiva nell'ambito della provincia di Lecce, seguita da quella di Barletta-Andria-Trani, e da quelle di Foggia e Bari. Se si fa riferimento esclusivamente agli sprofondamenti legati a cavità artificiali, la provincia più colpita risulta essere Barletta-Andria-Trani, con 18 eventi.

Analizzando nello specifico i 44 eventi connessi a cavità artificiali (fig. 7) risulta evidente come la maggioranza di questi sia da porre in relazione a cave sotterranee (PARISE, 2010, 2011), con un totale di ben 30 eventi. Tra questi, da rimarcare i casi dello sprofondamento a Gallipoli in via Firenze, avvenuto il 29 marzo 2007 (DELLE ROSE, 2007; PARISE, 2011), quello di Barletta del 3 maggio 2010 (fig. 8; DI GIOVANNI *et alii*, 2011), e i vari casi registrati ad Altamura a partire dal 2006 (fig. 9; BERARDI *et alii*, 2010; MARTIMUCCI *et alii*, 2010;

SPILOTRO *et alii*, 2010; PEPE *et alii*, 2013) ed a Cutrofiano dal 2008 (fig. 10; PARISE *et alii*, 2008; DE PASCALIS *et alii*, 2010).

Altre tipologie di cavità artificiali che hanno prodotto *sinkhole* sono opere insediative civili (n. 7 casi, tra i quali spicca quello del crollo di parte della volta del frantoio Fasano a Grottaglie nel 1995, n. 26 in tabella 1) e opere idrauliche (n. 3 casi), mentre per altri 4 non è stato possibile accertare, sulla base della documentazione disponibile, il tipo di cavità (fig. 7).

Per quel che riguarda la distribuzione cronologica degli eventi documentati (fig. 11) appare evidente che la maggiore attenzione dedicata al tema negli ultimi anni ha reso possibile il reperire più riscontri e documenti che in passato, anche per la vicinanza temporale degli eventi stessi. Si nota infatti un netto aumento nel numero di episodi di sprofondamento a partire dagli anni '90 del secolo scorso, che si incrementa ancora più negli ultimi



Fig. 3 – Vista dall'alto di una delle aree a maggiore dissesto a Marina di Lesina. In basso nella fotografia, il Canale Acquarotta scorre da sinistra verso destra, in direzione del Mar Adriatico.

– Eyebird view of the most damaged sectors at Marina di Lesina. In the lower part of the picture, the Acquarotta Channel runs from the left to the right, toward the Adriatic Sea.

Tab. 1 – *Elenco dei casi di sprofondamento connessi a cavità antropiche (in verde) e naturali (in giallo) in Puglia, per i quali è stata reperita documentazione relativa alla data di occorrenza.*

- List of the documented sinkholes in Apulia, related to anthropogenic (light green) and natural (yellow) cavities.

<i>n.</i>	<i>data</i>	<i>luogo</i>	<i>provincia</i>	<i>fonte</i>
1	1925	Canosa di Puglia	BAT	Soc. It. Cond. Acqua, 1989
2	1947	Altamura	BA	MARTIMUCCI <i>et alii</i> , 2010
3	8-mar-55	Canosa di Puglia	BAT	Soc. It. Cond. Acqua, 1989
4	lug-56	Cutrofiano	LE	PARISE <i>et alii</i> , 2008
5	8-apr-57	Canosa di Puglia	BAT	Soc. It. Cond. Acqua, 1989
6	Maggio-Giugno 1957	Cutrofiano	LE	PARISE <i>et alii</i> , 2008
7	27-nov-59	Andria	BAT	AdB Puglia
8	set-68	Castellana-Grotte	BA	ZEZZA, 1976
9	3-feb-72	Andria	BAT	AdB Puglia
10	set-72	Castellana-Grotte	BA	ZEZZA, 1976
11	13-14 Ottobre 1972	Andria	BAT	AdB Puglia
12	11-dic-72	Andria	BAT	AdB Puglia
13	3-gen-73	Andria	BAT	AdB Puglia
14	21-lug-73	Andria	BAT	AdB Puglia
15	5-mag-74	Andria	BAT	AdB Puglia
16	05 (?) Febbraio 1979	Andria	BAT	AdB Puglia
17	20-feb-80	Andria	BAT	AdB Puglia
18	1980	Torre Castiglione	LE	FSP
19	prima di Aprile 1985	Cutrofiano	LE	Comune di Cutrofiano
20	1986	Canosa di Puglia	BAT	Soc. It. Cond. Acqua, 1989
21	4-mag-90	Canosa di Puglia	BAT	AdB Puglia
22	1992	Sant'Isidoro-Torre Inserraglio	LE	DELLE ROSE, 1992
23	20-dic-92	S. Marco La Catola	FG	AdB Puglia
24	6-gen-93	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
25	1-gen-94	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
26	11-nov-95	Grottaglie	TA	Comune di Grottaglie
27	feb-96	Cutrofiano	LE	Comune di Cutrofiano
28	mar-96	Sorano	LE	FSP
29	24-gen-97	Capurso	BA	ANDRIANI <i>et alii</i> , 1998
30	20-ago-97	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
31	1998	S. Marco La Catola	FG	AdB Puglia
32	5-set-99	Canosa di Puglia	BAT	AdB Puglia
33	16-giu-00	Sant'Agata di Puglia	FG	PARISE & WASOWSKI, 2002

34	15-19 Maggio 2000	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
35	3-ott-00	Sant'Agata di Puglia	FG	PARISE & WASOWSKI, 2002
36	feb-04	Marina di Alliste	LE	ALBA <i>et alii</i> , 2008
37	17-nov-04	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
38	gen-05	Grumo Appula	BA	FSP
39	mar-06	Altamura	BA	MARTIMUCCI <i>et alii</i> , 2010
40	apr-06	Candela	FG	AdB Puglia
41	29-mar-07	Gallipoli	LE	DELLE ROSE, 2007
42	5-mag-07	Gallipoli	LE	Rilievi CNR-IRPI
43	7-mag-07	Altamura	BA	SPILOTRO <i>et alii</i> , 2010
44	12-feb-08	Lequile	LE	fonti cronachistiche
45	14-feb-08	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia
46	15-feb-08	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia
47	15-apr-08	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia
48	28-giu-08	Ischitella	FG	AdB Puglia
49	15-lug-08	Cutrofiano	LE	Rilievi CNR-IRPI
50	3-dic-08	Altamura	BA	fonti cronachistiche
51	2008-2009	Gravina in Puglia	BA	AdB Puglia
52	2009	Torre Castiglione	LE	fonti cronachistiche
53	feb-09	Ginosa in Puglia	TA	Rilievi CNR-IRPI
54	28-gen-10	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia
55	18-feb-10	Trani	BAT	fonti cronachistiche
56	fine Febbraio – inizio Marzo 2010	Poggiardo	LE	Rilievi CNR-IRPI
57	2-mar-10	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
58	mar-10	Cutrofiano	LE	Rilievi CNR-IRPI
59	3-mag-10	Barletta	BAT	DE GIOVANNI <i>et alii</i> , 2011
60	mag-10	Cutrofiano	LE	Rilievi CNR-IRPI
61	8-giu-10	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia
62	12-ott-10	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia
63	ott-10	Cutrofiano	LE	Rilievi CNR-IRPI
64	nov-10	Gallipoli	LE	fonti cronachistiche
65	6-nov-10	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
66	20-dic-10	Gallipoli	LE	Rilievi CNR-IRPI
67	16-feb-11	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia
68	feb-11	Morciano di Leuca	LE	Comune di Morciano
69	19-feb-11	Andria	BAT	fonti cronachistiche
70	10-mar-11	Casalabate	LE	MARGIOTTA <i>et alii</i> , 2012
71	19-mar-11	Marina di Lesina	FG	AdB Puglia



Fig. 4 - Vedute del recente crollo (Febbraio 2011, evento n. 68 in tabella 1) al margine meridionale della Vora Grande di Barbarano (PU 114 nel Catasto delle Grotte Naturali della Puglia; Comune di Morciano di Leuca).  
 - Views of the recent failure (February 2011, event no. 68 in table 1) at the southern edge of Vora Grande di Barbarano (PU 114 in the Register of the Natural Caves of Apulia; Municipality of Morciano di Leuca).



Fig. 5 - Vista complessiva (a sinistra) e particolare (a destra) dello sprofondamento avvenuto a Candela nell'aprile 2006 (evento n. 40 in tabella 1), a causa del crollo della volta di una cantina-deposito.  
 - Overall view (left) and close-up (right) of the sinkhole that occurred at Candela in April 2006 (event no. 40 in table 1), due to fall of the vault of a storage room.

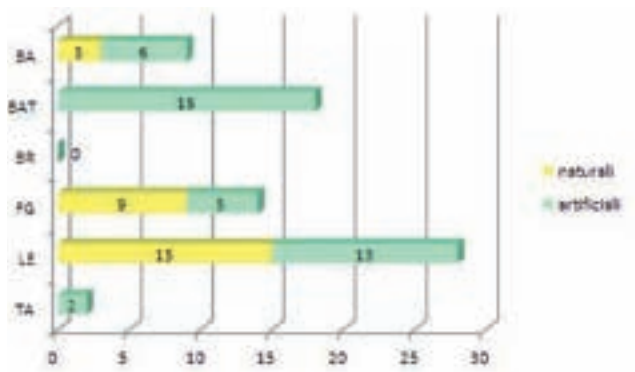


Fig. 6 - Distribuzione per provincia degli sprofondamenti per i quali è stato rinvenuto un riferimento cronologico. I colori, come in tabella 1, indicano gli sprofondamenti connessi a cavità naturali (giallo) e a cavità artificiali (verde).  
 - Distribution by province of the sinkholes with known date of occurrence. Colors as in table 1, with yellow for the sinkholes related to natural cavities, and the pale green for those related to artificial cavities.

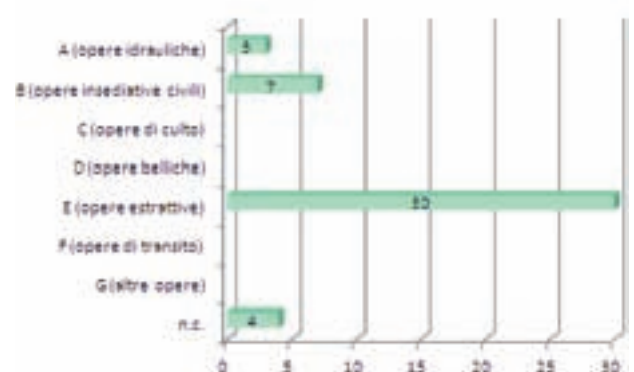


Fig. 7 - Tipologia delle cavità artificiali che hanno causato sprofondamenti in Puglia (campione di 44 eventi). Le categorie tipologiche seguono la classificazione della Commissione Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana.  
 - Typology of the artificial caves that have caused occurrence of sinkholes in Puglia (sample of 44 events). Categories of typologies according to the classification by the Commission on Artificial Cavities of the Italian Speleological Society.

mesi, con ben 18 casi avvenuti nel solo biennio 2010-2011. Un tale incremento negli ultimi anni può presumibilmente essere messo in relazione alle interazioni sempre più frequenti tra nuove costruzioni e attività antropiche in superficie ed aree sulle quali insistono nel sottosuolo vuoti di origine naturale e/o artificiale. Tra le interazioni che presentano maggiore incidenza nello scatenare gli eventi di sprofondamento, oltre all'aumento di carichi in superficie dovuto alle nuove costruzioni e al traffico veicolare, si evidenzia la realizzazione di trincee per la messa in opera di sottoservizi (acqua, fogna, gas, cavi elettrici e telefonici). Le trincee mo-

dificano infatti in maniera significativa la permeabilità locale in prossimità della superficie, convogliando e trasferendo, a volte anche a grandi distanze, le acque superficiali nel sottosuolo.

### 3. - CONCLUSIONI

I risultati di questa prima analisi storica relativa ai casi di *sinkhole* avvenuti nel territorio della Regione Puglia evidenziano con chiarezza l'importanza della tematica, che pone non pochi problemi in termini di protezione civile al territorio regio-



Fig. 8 - Sprofondamento del 3 Maggio 2010 a Barletta (evento n. 59 in tabella 1). A, B) vista generale dello sprofondamento; C) margine occidentale dello sprofondamento; D, E) esempi di distacchi dalla volta nella cava sotterranea di calcarenite all'origine dello sprofondamento.

- The May, 3, 2010 sinkhole at Barletta (event no. 59 in table 1). A, B) views of the sinkhole; C) western edge of the sinkhole; D, E) failures from the vaults of the underground calcarenite quarry that caused the sinkhole.



Fig. 9 - Immagini di eventi di sprofondamento ad Altamura, e evidenze dei dissesti e degli ambienti allagati nelle cave sotterranee (fotografie del Centro Altamurano Ricerche Speleologiche).

- Sinkhole events at Altamura, and examples of the failures and of the flooded rooms in the underground system of quarries (photos by Centro Altamurano Ricerche Speleologiche).

nale, e che è all'origine di ingenti danni economici subiti da proprietà private, beni pubblici e dalla rete stradale. La materia meriterebbe certamente una maggiore attenzione da parte degli enti locali, che dovrebbero fare ad esempio tesoro delle conoscenze sul sottosuolo in possesso della Federazione Speleologica Pugliese, associazione che unisce gli oltre 20 gruppi speleologici attivi in regione, e che gestisce il catasto delle grotte naturali, nonché quello delle cavità artificiali (le informazioni essenziali sono disponibili al sito <http://www.fspuglia.it/>).

Un ulteriore, utile strumento ai fini della individuazione, seppur relativa, dei tempi di occorrenza di sprofondamenti è poi l'analisi multi-temporale di fotografie aeree. L'interpretazione di coppie stereoscopiche di fotografie aeree consente infatti di

apprezzare variazioni avvenute sul territorio a seguito di eventi di sprofondamento, ed eventualmente anche di metterle in relazione con cambiamenti di uso del suolo o con altre attività antropiche (scavi, attività estrattive, sovraccarichi presenti in superficie, ecc.), fornendo così significative informazioni anche laddove la documentazione di altro tipo risulta assente. Uno studio del genere è stato ad esempio proposto da FESTA *et alii*, (2010) nel caso del *sinkhole* di Masseria Forte di Morello, nei pressi di Lecce, ed ha portato alla individuazione di almeno tre fasi di riattivazione al sito nel corso degli ultimi 25 anni. Ovviamente, tale tecnica non può sopperire alla documentazione storica, o a osservazioni e rilievi dirette, ma ne rappresenta un utile e necessaria integrazione ai fini della



Fig. 10 - Eventi di sprofondamento a Cutrofiano connessi alla presenza di cave sotterranee di calcarenite: a sinistra e in alto, lo sprofondamento del Maggio 2010 (evento n. 58 in tabella 1); da notare la prossimità dello sprofondamento alla Strada Provinciale. A destra, un antico sprofondamento attualmente con presenza di acqua.

- Sinkhole events at Cutrofiano, related to presence of underground calcarenite quarries: left and above, the May 2010 sinkhole (event no. 58 in table 1); note the proximity of the sinkhole to the province road. To the right, an ancient sinkhole, at present filled with water.

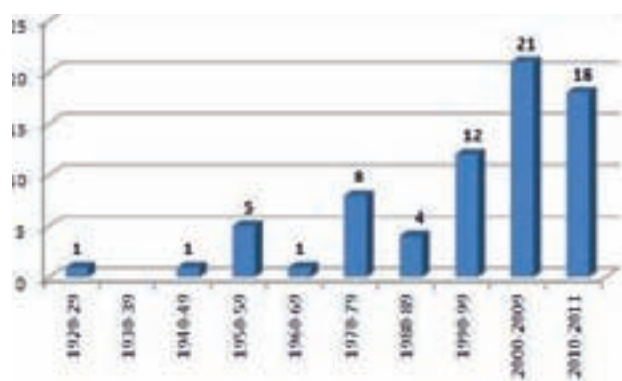


Fig. 11 - Distribuzione cronologica degli eventi di sprofondamento.  
- Chronological distribution of the sinkholes.

completa caratterizzazione dei siti suscettibili a fenomeni di sprofondamento. Tra l'altro, va tenuto presente che le potenzialità di tale metodologia sono fortemente dipendenti dalle dimensioni degli sprofondamenti (nelle fasi iniziali di frequente molto limitate) e della scala dei fotogrammi aerei.

In conclusione, si auspica che la banca dati qui presentata possa arricchirsi con ulteriori informazioni (al momento non disponibili) su altri eventi avvenuti nel passato, al fine di meglio delineare l'effettivo quadro sul territorio regionale, e di poter procedere con maggiore precisione alla definizione della suscettibilità e della pericolosità da *sinkhole*, nei diversi contesti territoriali della Puglia. Si ritiene infatti che i casi qui presentati siano solo una piccola parte di quelli effettivamente avvenuti, dato che in molti casi gli eventi di sprofondamento non sono segnalati, per timore di un deprezzamento dei terreni coinvolti, o perché le aree interessate vengono rapidamente colmate. L'implementazione dei dati raccolti, oltre alle geometrie delle cavità note, degli elementi di urbanizzazione (edifici, strade, sottoservizi) e delle loro caratteristiche (data di esecuzione, carichi trasmessi al sottosuolo, profondità delle opere) può essere certamente utile alle fasi di pianificazione territoriale e di risanamento e prevenzione dei dissesti.

## BIBLIOGRAFIA

- ALBA A., BESUSSO L., DE NATALE F., INGROSSO E., LENTINI M., LEUCCI G., PAGLIARA V., SANSÒ P., SELLERI G. & TREGLIA G. (2008) - *La pericolosità carsica lungo la fascia costiera di Alliste in Provincia di Lecce*. Atti XI Incontro della Speleologia Pugliese "Spelaion 2006", Borgo Celano, 8-10 dicembre 2006, Appendice: 21-31.
- ANDRIANI G.F., QUARTO R. & ZINCO M.R. (1998) - *Rinvenimento di ipogei nel centro storico di Capurso (BA) e rischio di dissesti*. Quarry & Construction, aprile 98: 47-54.
- BARNABA F., CAGGIANO T., CASTORANI A., DELLE ROSE M., DI SANTO A.R., DRAGONE V., FIORE A., LIMONI P.P., PARISE M. & SANTALOIA F. (2010) - *Sprofondamenti connessi a cavità antropiche nella regione Puglia*. Atti 2° Workshop Int. "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma, 3-4 dicembre 2009: 653-672.
- BERARDI C., BUONAMASSA G., DENORA A., FIORE A., LORUSSO G., PEPE P., WALSH N. & ZACCARIA V. (2010) - *Attività di censimento per la pianificazione nelle aree interessate da cavità antropiche. Il Catasto delle Cavità Sotterranee (CCS) di Altamura (BA). Un modello litotecnico e di comportamento previsionale*. Atti 2° Workshop Int. "Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma 3-4 dicembre 2009: 673-683.
- CALCATERRA D. & PARISE M. (2001) - *The contribution of historical information in the assessment of the landslide hazard*. In: GLADE T., ALBINI P. & FRANCES F. (Eds.), "The Use of Historical Data in Natural Hazard Assessments", Advances in Natural and Technological Hazards Research, 17, Kluwer Academic Publ.: 201-217.
- DE GIOVANNI A., MARTIMUCCI V., MARZULLI M., PARISE M., PENTIMONE N. & SPORTELLI D. (2011) - *Operazioni di rilievo e analisi preliminare dello sprofondamento in località San Procopio (Barletta, 2-3 maggio 2010)*. Atti VII Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Opera Ipogea, 1/2: 139-146.
- DELL'AQUILA F. & MESSINA A. (1998) - *Le chiese rupestri di Puglia e Basilicata*. Mario Adda (Ed.), Bari, 277 pp.
- DELLE ROSE M. (1992) - *Il rischio geologico nel Salento. Cedimento del suolo per crollo di cavità carsiche: il caso di Sant'Isidoro*. Il Lecce, 9-12: 16-20.
- DELLE ROSE M. (2007) - *La voragine di Gallipoli e le attività di Protezione Civile dell'IRPI-CNR*. Geologi e Territorio, 4/2006-1/2007: 3-12.
- DELLE ROSE M., FEDERICO A. & PARISE M. (2004) - *Sinkhole genesis and evolution in Apulia, and their interrelations with the anthropogenic environment*. Natural Hazards and Earth System Sciences 4, 747-755.
- DE MARCO M., FUCCIO M. & SANNICOLA G.C. (2004) - *Archeologia industriale: i frantoi ipogei nel territorio di Grottaglie (Taranto, Puglia)*. Grotte e Dintorni, 8: 25-44.
- DE PASCALIS A., DE PASCALIS F. & PARISE M. (2010) - *Genesi ed evoluzione di un sinkhole connesso a cavità antropiche sotterranee nel distretto estrattivo di Cutrofiano (prov. Lecce, Puglia)*. Atti 2° Workshop Int. "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma, 3-4 dicembre 2009: 703-718.
- DE WAELE J., GUTIERREZ F., PARISE M. & PLAN L. (2011) - *Geomorphology and natural hazards in karst areas: a review*. Geomorphology, 134 (1-2): 1-8.

- FESTA V., FIORE A., PARISE M. & QUARTA G. (2010) - *Il sinkhole di Masseria Forte di Morello (prov. Lecce, Puglia)*. Atti 2° Workshop Int. "I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma, 3-4 dicembre 2009: 509-524.
- FONSECA C.D. (1980) - *La civiltà rupestre in Puglia*. In: AA.VV., *La Puglia tra Bisanzio e l'Occidente*. 36-116, Milano.
- MARGIOTTA S., NEGRI S., PARISE M. & VALLONI R. (2012) - *Mapping the susceptibility to sinkholes in coastal areas, based on sequential stratigraphy, geomorphology and geophysics*. *Natural Hazards*, 62 (2): 657-676.
- MARTIMUCCI V., RAGONE G., DENORA A., CRISTALLO F. (2010) - *Le cave di tufo di Altamura – Prime relazioni e notizie sulle esplorazioni*. Atti del XII Incontro Regionale di Speleologia "Spelaion 07", Altamura, 7-9 dicembre 2007: 91-102.
- MONTE A. (1995) - *Frantoi ipogei del Salento*. Edizioni del Grifo.
- PARISE M. (2008) - *I sinkholes in Puglia*. In: NISIO S. (a cura di) *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **85**: 309-334.
- PARISE M. (2010) - *The impacts of quarrying in the Apulian karst*. In: CARRASCO F., LA MOREAUX J.W., DURAN VALSERO J.J., ANDREO B. (eds.), *Advances in research in karst media*. Springer: 441-447.
- PARISE M. (2011) - *Alcune considerazioni sulle cave sotterranee in Puglia e sulle relative problematiche*. Atti VII Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali, Opera Ipogea, **1/2**: 221-228.
- PARISE M. & GUNN J. (Eds.) (2007) - *Natural and anthropogenic hazards in karst areas: Recognition, Analysis and Mitigation*, pp. 202, Geological Society, London, Special Publ. 279.
- PARISE M., WASOWSKI J. (2002) - *Prime considerazioni sui fenomeni di dissesto idrogeologico del giugno-ottobre 2000 nel comprensorio comunale di Sant'Agata di Puglia (prov. di Foggia)*. Atti del Convegno "Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive", Roma, 5 giugno 2001, Accademia dei Lincei, **181**: 449-456.
- PARISE M., DE PASCALIS A., DE PASCALIS F., DONNO G., INGUSCIO S. (2008) - *Cavità sotterranee a fini estrattivi, e loro connessione con fenomeni di sprofondamento e subsidenza in agro di Cutrofiano (Lecce)*. Atti "Spelaion 2006", Borgo Celano: 55-69.
- PEPE M., PARISE M. (2011) - *Structural control in sinkhole development: the case study of Barbarano del Capo (Salento peninsula, Apulia region, South-East Italy)*. Atti 1<sup>st</sup> Int. Workshop "Methods and Technologies for Environmental Monitoring and Modelling: Landslides and Ground Water Dynamics", Potenza, 29 Settembre – 3 Ottobre 2011: 153-157.
- PEPE P., GRAZIANO G. & PARISE M. (2012) - *L'utilizzo delle tecniche GIS per la valutazione della suscettibilità a sprofondamenti: il caso di studio di Altamura (BA)*. Presente volume.
- SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.P.A. (1989) - *Interventi urgenti a salvaguardia della pubblica e privata incolumità. Rilevamento cavità sotterranee della città, studi e indagini geognostiche del territorio. Relazione generale*. Com. Canosa di Puglia, 170 pp.
- SPILOTRO G., SPECCHIO V., PEPE P. (2010) - *L'evento del 07.05.2007 di Via Barcellona, Altamura. Il contributo del CARS alle strategie d'intervento di valutazione del rischio connesso (Provincia di Bari, Puglia)*. Atti del XII Incontro Regionale di Speleologia "Spelaion 07", Altamura, 7-9 dicembre 2007: 103-107.
- VARNES D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO Press, Paris.
- WALTHAM T., BELL F. & CULSHAW M. (2005) - *Sinkholes and subsidence. Karst and cavernous rocks in engineering and construction*, pp. 382, Springer Praxis.
- ZEZZA F. (1976) - *Significance of the subsidence collapse phenomena in the carbonatic areas of Southern Italy*. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, **11** (1): 123-132.
- ZHOU W. & BECK B.F. (2011) - *Engineering issues in karst*. In: P. VAN BEYNEN (Ed.), "Karst Management". Springer: 9-45.