

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 2/2012

ISSN 1591-5352

Atti del convegno nazionale
DISSESTO IDROGEOLOGICO
Il pericolo geoidrologico
e la gestione del territorio in Italia
Roma, 10 giugno 2011
a cura di Luciano Masciocco

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1 - DCB Roma



COMITATO SCIENTIFICO

Roberto AJASSA
Giuseppe BASILE
Marcello BENEDINI
Giorgio CESARI
Domenico Antonio DE LUCA
Francesco FACCINI
Antonello FIORE
Mauro FORNARO
Giuseppe GISOTTI
Giancarlo GUADO
Fausto GUZZETTI
Ugo MAJONE
Luciano MASCIOTTO
Franco ORTOLANI
Luigi PENNETTA
Maurizio POLEMIO
Sergio STORONI RIDOLFI
Massimo VELTRI
Andrea VITTURI

RESPONSABILE ORGANIZZATIVO

Luciano MASCIOTTO

COMITATO ORGANIZZATORE

Marcello BENEDINI
Giorgio CESARI
Giuseppe GISOTTI
Fausto GUZZETTI
Luciano MASCIOTTO
Maurizio POLEMIO

SEGRETERIA SCIENTIFICA

Lucia BAIMA
Caterina CAVIGLIA
Enrico DESTEFANIS
Vittoria DRAGONE

ENTI PATROCINATORI

Anno Internazionale del Pianeta Terra
Associazione Georisorse e Ambiente
Associazione Italiana di Geografia Fisica e Geomorfologia
Associazione Italiana di Geologia Applicata e Ambientale
Consiglio Nazionale dei Geologi
Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio
Dipartimento di Scienze della Terra Università degli Studi di Torino
EuroGeoSurveys
Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Ordine degli Agronomi della Provincia di Roma
Ordine degli Architetti della Provincia di Roma
Ordine dei Geologi del Lazio
Ordine dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali di Roma
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Società Geologica Italiana

CON IL SOSTEGNO DI

Geobru gg Italia SRL
Gruppo Officine Maccaferri
Prati Armati® S.r.l.



Roma, 10 giugno 2011
Aula convegni del CNR - Piazzale Aldo Moro, 7

Convegno Nazionale

DISSESTO IDROGEOLOGICO Il pericolo geoidrologico e la gestione del territorio in Italia

Organizzato da

SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale)
CNR-IRPI (Istituto di Ricerca sulla Protezione Idrogeologica)
AIIT (Associazione Idrotecnica Italiana)

PRESENTAZIONE

Il Convegno è indirizzato in modo particolare ai tecnici e ai ricercatori (geologi, ingegneri, architetti, agronomi, forestali, ecc.) interessati alla problematica del dissesto idrogeologico, per fornire un quadro aggiornato sulla gestione del nostro territorio, in gran parte soggetto ai pericoli di frana e inondazione. A tal fine si prevede il coinvolgimento dei "decisionari" (politici e amministratori pubblici), del personale tecnico delle istituzioni pubbliche competenti nonché delle imprese che operano in questo settore.

Il convegno si concentra inizialmente sui fenomeni franosi e alluvionali che continuano a colpire il nostro Paese, sull'occupazione da parte dell'uomo delle zone pericolose, sugli interventi strutturali per ridurre la vulnerabilità dei beni esposti (e di conseguenza il rischio idrogeologico) e sulla gestione dell'emergenza. Particolare attenzione sarà rivolta agli interventi non strutturali utili alla prevenzione del rischio idrogeologico. Nella seconda parte del convegno si intende focalizzare la discussione su alcuni argomenti specifici. Da un lato, si vuole valutare l'opportunità che anche in Italia, come in altri Paesi, si adottino forme di assicurazione sui beni esposti al rischio idrogeologico, con possibili ripercussioni positive sia sulla spesa pubblica in materia di difesa del suolo sia sulla responsabilizzazione della popolazione. D'altro canto si vogliono individuare, alla luce dell'entrata in vigore del d.lgs. 152/2006 e s.m.i. e del Decreto Legislativo n. 49/2010, attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, le competenze pubbliche in materia di difesa del suolo e possibilmente invitare le istituzioni pubbliche a illustrare le attività, i programmi e le problematiche riguardanti la corretta gestione del territorio, nonché esempi di buone pratiche.

Altro argomento è quello della rilevanza dei fondi destinati agli interventi in materia di difesa del suolo, anche in considerazione degli Accordi di Programma tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e le Regioni. Si vuole infine ricordare che il corretto uso del territorio non dipende solo dall'esistenza di buone leggi, ma soprattutto sulla loro corretta applicazione da parte delle Amministrazioni Locali, dei tecnici abilitati e dei cittadini: senza la collaborazione virtuosa tra tali soggetti, sarà difficile ridurre il rischio idrogeologico nel nostro Paese.

Il dissesto idrogeologico in ambiente carsico

MARIO PARISE
CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione
Idrogeologica, Bari
e-mail: m.parise@ba.irpi.cnr.it

RIASSUNTO

L'ambiente carsico presenta caratteristiche intrinseche estremamente peculiari, che lo differenziano da altri ambienti naturali, e sono all'origine della notevole fragilità e vulnerabilità di tali territori. Il presente contributo descrive le principali situazioni di dissesto idrogeologico che possono verificarsi sul carso, evidenziando i gravi danni che ne possono derivare, sia in relazione all'antropizzato che insiste su queste aree, che alle risorse naturali in esso contenute. Si riportano pertanto alcuni casi di *sinkhole*, movimenti gravitativi, eventi alluvionali, oltre a situazioni di negativo impatto ambientale derivanti da attività antropiche su territori carsici.

FRAGILITÀ DELL'AMBIENTE CARSIKO

Le peculiari proprietà geologiche, morfologiche e idrogeologiche che caratterizzano l'ambiente carsico lo rendono estremamente fragile e delicato, probabilmente il più vulnerabile tra gli ambienti della superficie terrestre (WHITE, 1988). L'elevata vulnerabilità si riflette di frequente in situazioni di degrado e dissesto, che giungono a compromettere in maniera significativa gli ecosistemi carsici, a cominciare dalla loro manifestazione più nota, le cavità carsiche. Le perdite che ne derivano sono estremamente gravi, data anche la notevole difficoltà nel ripristinare le iniziali condizioni, o nel bonificare i siti oggetto di degrado. Distruzione (parziale o totale) di grotte, inclusi gli eccezionali depositi paleontologici, antropologici e archeologici eventualmente presenti, degrado nella qualità delle acque sotterranee, pericolo per specie in via di estinzione che caratterizzano gli ecosistemi carsici, perdita del paesaggio carsico rappresentano solo alcuni degli impatti negativi riscontrabili su territori carsici (NORTH *et alii*, 2009; PARISE, 2010b).

In tali ambienti, tra l'altro, esiste una connessione diretta tra superficie e sottosuolo e, come in nessun altro ambiente naturale, qualunque azione di degrado e/o inquinamento eseguita in superficie si ripercuote con tutto il suo potenziale di contaminazione nell'ambiente sotterraneo, senza alcuna possibilità di auto-depurazione del sistema. Ciò

determina serissime conseguenze in termini di perdita nella qualità delle risorse naturali contenute nel carso (*in primis* l'acqua), e di degrado degli ecosistemi carsici, con situazioni di frequente irreversibili. Risulta quindi di estrema facilità il causare danni ambientali, mentre il ripristino delle originarie condizioni naturali è estremamente complesso ed oneroso economicamente.

SITUAZIONI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO SINKHOLE

Un *sinkhole* è definito come una depressione circolare in ambiente carsico, con drenaggio sotterraneo e dimensioni tra i metri e le decine di metri. In molti casi, tale termine è anche utilizzato come sinonimo di dolina, la forma carsica superficiale per eccellenza, che caratterizza vasti territori con affioramento di rocce solubili (BABOCI *et alii*, 1991; PARISE, 1999; SAURO, 2003). Nell'accezione comune, il termine *sinkhole* è ormai utilizzato in un senso ben più ampio dell'originaria definizione, anche per indicare sprofondamenti in aree non carsiche, o connessi ad attività antropiche, prevalentemente per presenza di cave o miniere sotterranee. La recente classificazione di WALTHAM *et alii* (2005), tradotta in italiano da PARISE & FLOREA (2008), distingue sei tipi di meccanismi che possono determinare la formazione di *sinkholes*: i) *sinkhole* da dissoluzione; ii) *sinkhole* da crollo; iii) *sinkhole* della copertura; iv) *sinkhole* da richiamo; v) *sinkhole* da suffosione; vi) *sinkhole* sepolto.

Dati i limiti di spazio a disposizione, in questa sede non si entra nel dettaglio delle differenze tra le varie tipologie, per le quali si rimanda il lettore alle pubblicazioni su citate. Vanno però posti in evidenza almeno due elementi, e in particolare la grande varietà di morfologie dei *sinkhole*, anche per quanto riguarda i caratteri morfometrici (Fig. 1), e la difficoltà nell'individuare segni premonitori delle fasi catastrofiche e, di conseguenza, nel mitigarne i rischi connessi.

In riferimento agli aspetti morfometrici, i *sinkhole* da collasso presentano in genere diametri fino a qualche centinaio di metri e profondità massime di circa 100 metri, con forma nettamente circolare e pareti verticali (CASTIGLIONI & SAURO, 2000). In pressochè

tutte le altre categorie, l'acclività delle pareti risulta meno accentuata, il che conferisce una complessiva forma a imbuto ai *sinkhole*, con profondità massima in corrispondenza del punto o zona di richiamo e/o di infiltrazione del materiale (DELLE ROSE & PARISE, 2002; BRUNO *et alii*, 2008; PARISE, 2008b; DEL PRETE *et alii*, 2010). Le dimensioni sono in genere nell'ordine delle decine di metri, con profondità sino a 20-30 m. Nei casi di fenomeni più antichi, è frequente che la morfologia del *sinkhole* venga poi modificata a causa della presenza di detriti al suo interno, del riempimento con materiali colluviali, e della possibilità di ulteriori fasi all'interno del *sinkhole* originario (*sinkhole* multi-fase; FESTA *et alii*, 2010).

I *sinkhole* rappresentano un pericolo estremamente subdolo, dato che in molti casi gli sprofondamenti sono preceduti da lunghe fasi di diminuzione nella resistenza dei materiali, prima del collasso finale. Quest'ultimo si può verificare nel giro di pochi minuti, in maniera catastrofica, per cui ne deriva un'elevata pericolosità per l'ambiente antropizzato. Sono pochi i segni premonitori che si possono osservare prima del collasso finale: lesioni e/o fratture, graduale abbassamento del suolo, ecc. Non sempre l'entità di tali segnali risulta percepibile all'uomo, e ciò determina un aumento della vulnerabilità.

La presenza di *sinkhole* pone problemi in termini di sicurezza, specialmente in aree frequentate dall'uomo, o sulle quali insistono strutture ed infrastrutture antropiche (Fig. 1). L'importanza assunta negli ultimi decenni dai fenomeni di *sinkhole* è tale che in alcuni paesi essi sono oggetto di estrema attenzione da parte di società assicurative e studi legali, a causa dei notevoli danni derivanti all'ambiente antropizzato. Numerose attività antropiche possono infatti favorire, se non causare, la formazione di *sinkhole* (PARISE, 2010b): variazioni nel drenaggio sotterraneo, sovraccarico su cavità naturali e/o artificiali, scavi in sotterraneo, vibrazioni connesse a traffico o attività di altro tipo (perdite dalle condutture, infiltrazioni di acqua, mancanza di raccolta delle acque di ruscellamento, ecc.). L'uomo può quindi, da un lato essere "vittima" dei *sinkhole*, sia in termini economici che con perdita di vite umane, e dall'altro agire fa-

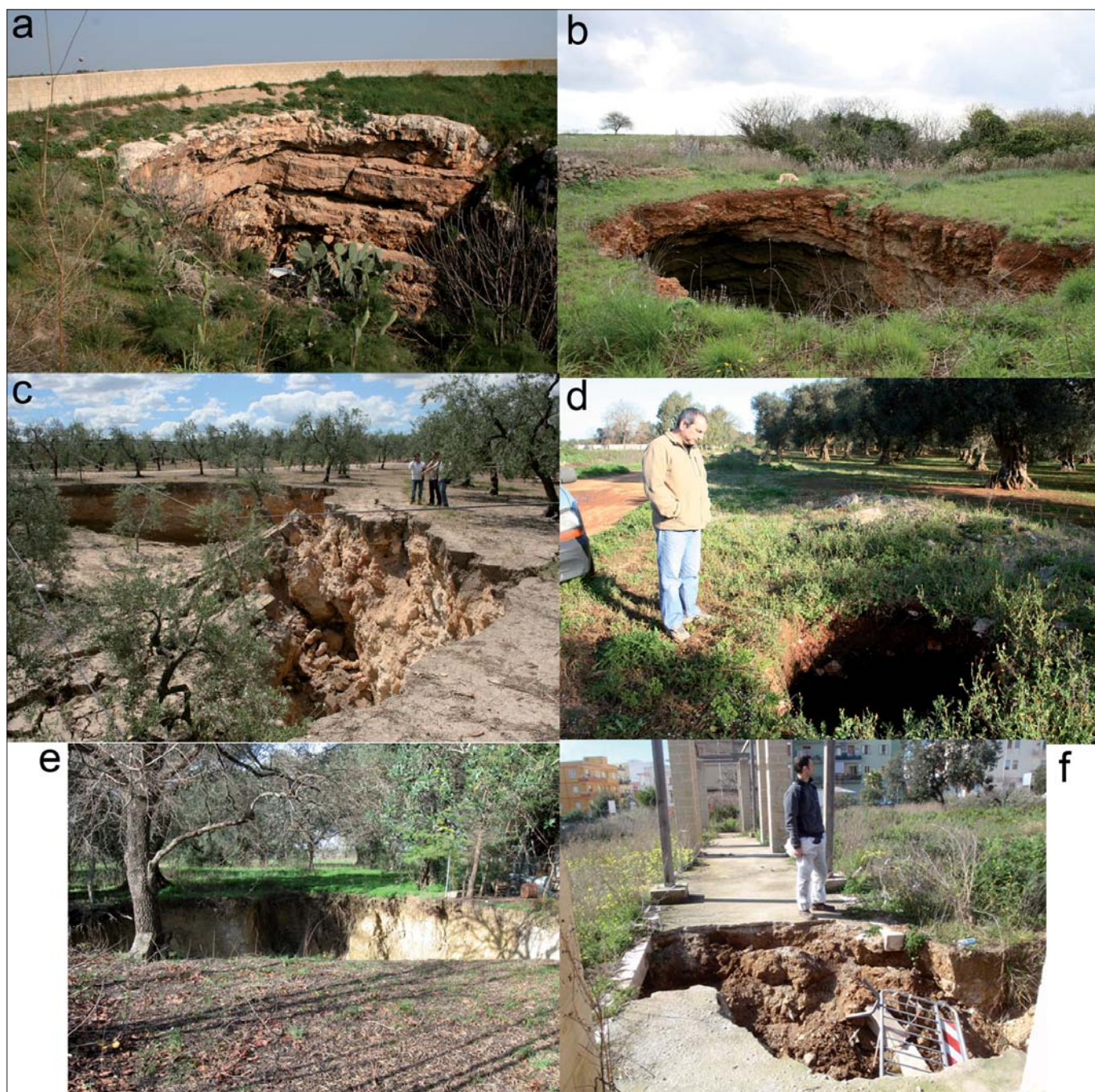


Figura 1 – Sinkhole nel territorio pugliese, causati da fenomeni naturali (a) Grave di San Leonardo; b) Vora Nuova Spedicaturo) e antropici (c) Barletta; d) Poggiardo; e) Cutrofiano; f) Gallipoli). La fotografia e) è di G. Quarta.

vorendo o addirittura innescando i processi stessi. Ogni qualvolta il ruolo svolto dall'uomo risulta chiaramente imputabile tra le cause che hanno determinato la genesi di un *sinkhole*, sarà possibile parlare di *sinkhole* indotto da attività antropiche. Il processo genetico, che conduce alla formazione vera e propria del *sinkhole*, può in ogni caso essere ricondotto ad una delle sei tipologie definite da WALTHAM *et alii* (2005) e descritte in precedenza.

FRANE

In ambiente carsico, alle usuali condizioni predisponenti i movimenti gravitativi si aggiunge la presenza di condotti e fessure di origine carsica, o di vere e proprie cavità sotterranee. Sia vuote, che se riempite da materiali residuali e/o detritici, tali elementi

creano in genere un ulteriore indebolimento dell'ammasso roccioso, che risulta di conseguenza maggiormente soggetto a fenomeni di instabilità, i quali avvengono tanto in sottoterraneo che in superficie, con tipologie che generalmente caratterizzano gli ammassi rocciosi fratturati (Fig. 2). Lungo le pareti verticali o sub-verticali (fianchi laterali di forre e canyons, pareti rocciose, falesie costiere) sono diffusi crolli e ribaltamenti, governati dai sistemi di discontinuità a giacitura sub-verticale (ANDRIANI & WALSH, 2007; PARISE, 2007, 2008a). Scorrimenti traslativi, seppur meno diffusi, caratterizzano invece i pendii a minore acclività, preferibilmente con assetto strutturale a franapoggio. All'interno delle cavità sotterranee si identificano altresì ulteriori fenomenologie, con crolli dalla volta, che

in genere tendono a risalire progressivamente verso l'alto, creando una morfologia di tipo circolare o ellittico (LOLLINO *et alii*, 2004; IOVINE *et alii*, 2010). Nel caso di ammasso roccioso ben stratificato, il distacco sotto forma di lastre è anche frequente, specie nel caso in cui la larghezza degli ambienti diviene eccessiva rispetto all'altezza (WHITE & WHITE, 1969).

In molti sistemi carsici gli ambienti di maggiori dimensioni sono localizzati nelle zone di intersezione di più sistemi di discontinuità. L'elevato numero di crolli che si verifica produce la presenza di ammassi caotici di detriti rocciosi, ed è all'origine di alcune tra le più ampie caverne sotterranee, come il Salone del Caos, nel sistema carsico della Gran Caverna di Santo Tomàs, a Cuba (Fig. 3; PARISE *et alii*, 2005).

EVENTI ALLUVIONALI

La presenza di acqua in superficie risulta estremamente limitata in ambiente carsico. Dopo percorsi in genere brevi, l'acqua tende infatti ad infiltrarsi nel sottosuolo attraverso la rete di fratture e discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso. D'altra parte, la mancanza di corsi d'acqua superficiali per gran parte dell'anno fa sì che, nelle poche occasioni in cui la quantità di pioggia è tale da non essere immediatamente assorbita, si possano verificare situazioni problematiche, ed eventuali danni.

Allorquando si registrano eventi di pioggia particolarmente intensi e/o prolungati, può infatti accadere che inghiottitoi e vie di infiltrazione non siano in grado di smaltire adeguatamente gli ingenti volumi idrici che vi confluiscano (DELLE ROSE & PARISE, 2010). Si determinano pertanto allagamenti, che possono richiedere vari giorni di tempo per poter essere drenati completamente (MARGIOTTA *et alii*, 1979; CARROZZO *et alii*, 2003). In ogni caso, essi determinano seri danni all'agricol-

tura e, laddove l'uomo ha utilizzato i settori topograficamente depressi per costruzioni civili o industriali, anche all'ambiente antropizzato (BISSANTI, 1972; OROFINO, 1990; CE.RI.CA., 1996; PARISE, 2003). Gli effetti di tali eventi sono stati ulteriormente aggravati, nel corso dell'ultimo secolo, dalle impermeabilizzazioni del territorio, con strade asfaltate che hanno progressivamente sostituito sentieri sterrati e strade di campagna.

ATTIVITÀ ESTRATTIVA

Le attività estrattive sono certamente da annoverare tra le azioni antropiche che producono il maggiore impatto negativo sul paesaggio, e che potenzialmente concorrono anche a più generali situazioni di degrado ambientale (Parise & Pascali, 2003; Parise, 2010a). E' infatti frequente che, una volta cessata l'attività, le cave abbandonate diventino siti di discarica abusiva di rifiuti, con conseguente inquinamento (Delle Rose *et alii*, 2007). In ambiente carsico i danni derivanti da attività estrattiva sono ancora più

seri che altrove, con frequente distruzione di grotte (FORMICOLA *et alii*, 2010).

Le situazioni di maggiore interesse in relazione a eventi di dissesto idrogeologico derivano, in particolare, dalla presenza di cave sotterranee, utilizzate in epoche passate per la estrazione di materiali da costruzione (BARNABA *et alii*, 2010). Cave ipogee sono molto diffuse nei territori carsici con copertura di rocce calcarenitiche plio-pleistoceniche al di sopra del substrato calcareo Mesozoico. Specialmente allorquando le cave sono localizzate a piccola profondità (entro i primi 10 m dalla superficie) l'evoluzione per dissesti da volta e pareti degli ambienti ipogei può progredire verso l'alto, sino a determinare lo sviluppo di *sinkhole*. Negli ultimi anni si è registrato in Puglia un preoccupante aumento di eventi da *sinkhole* connessi a cave sotterranee (PARISE, 2011; PARISE & FIORE, 2011).

CAMBIAMENTI DI USO DEL SUOLO

Variazioni di uso del suolo possono produrre significativi cambiamenti in ambiente

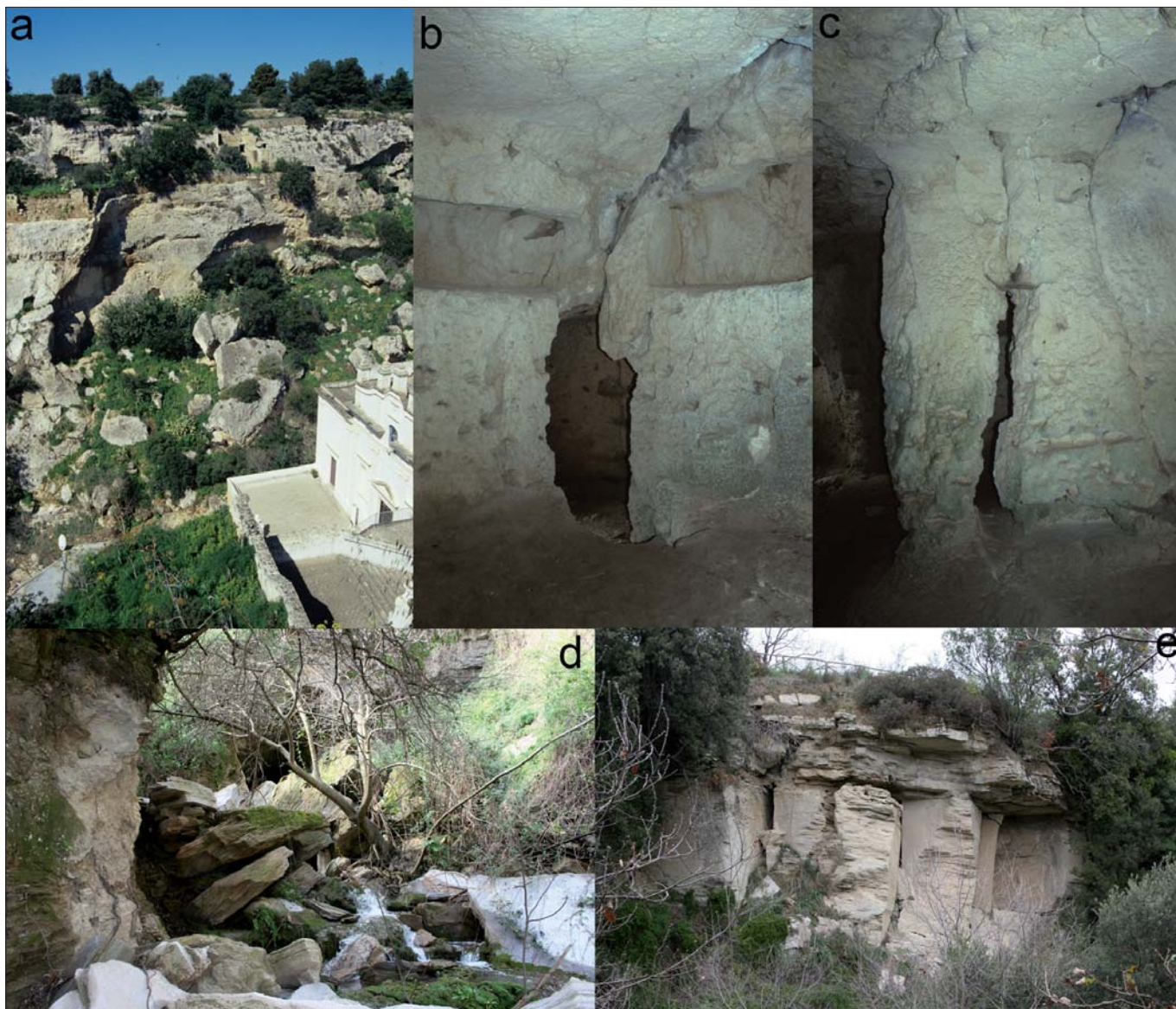


Figura 2 – Dissesti in ambiente carsico: a) crolli nella gravina Madonna della Scala a Massafra; b, c) dissesti all'interno di cavità artificiali a Mottola; d, e) crolli e ribaltamenti nei gessos di Verzno, in Calabria.

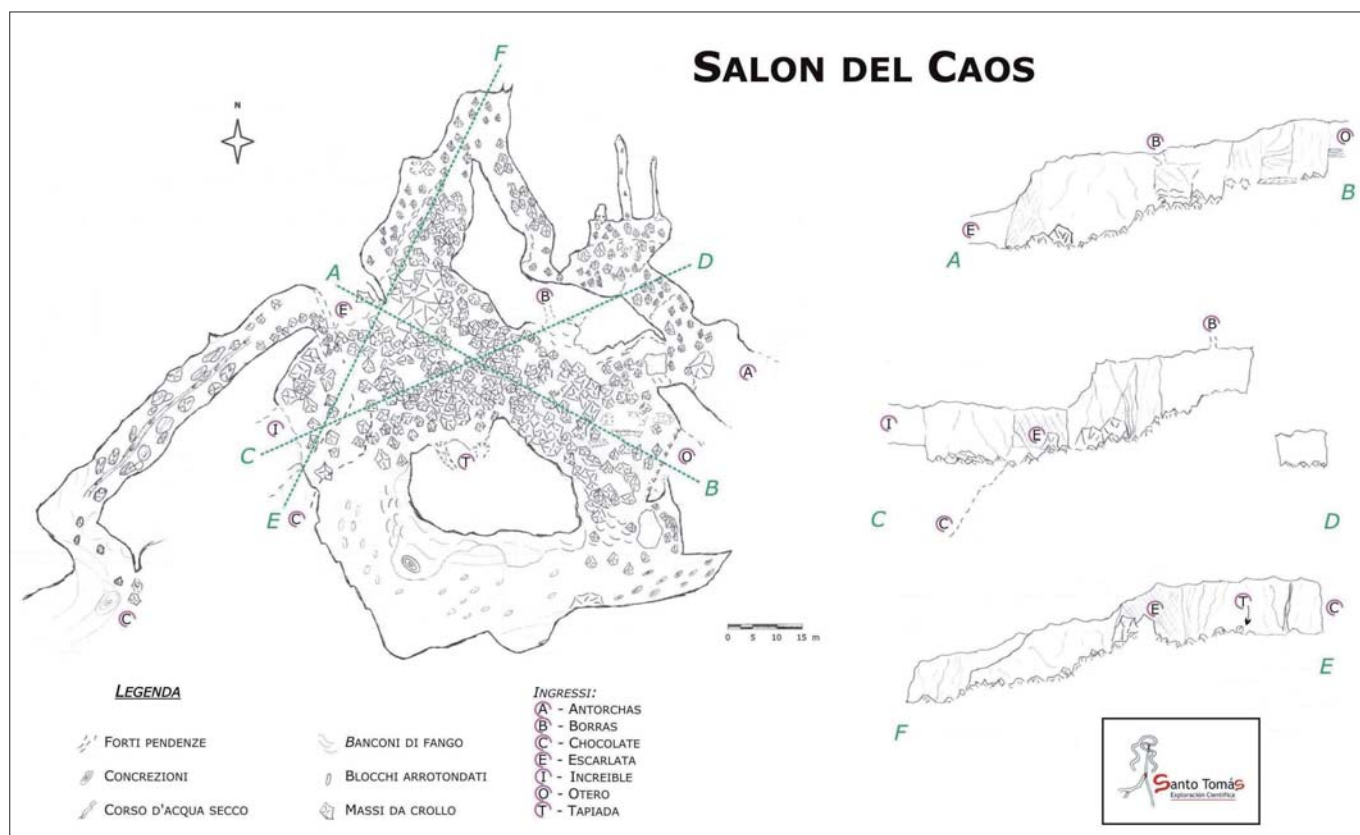


Figura 3 – Rilievo del Salon del Caos, Gran Caverna di Santo Tomàs, Cuba (da spedizione Santo Tomàs 2003).

carsico, favorendo processi di dissesto idrogeologico e degrado naturale. E' il caso, ad esempio, delle pratiche di spietramento, da sempre eseguite in territori carsici del Mediterraneo, al fine di liberare parte dei campi dalle pietre e disporre di una maggiore estensione di aree coltivabili (CANORA *et alii*, 2008; PARISE, 2009). In passato, tale operazione era rigorosamente eseguita a mano dall'uomo, ed il materiale che ne derivava era riutilizzato per costruire le tipiche abitazioni rurali pugliesi o per erigere i muretti a secco.

L'utilizzo di macchinari per lo spietramento dei campi è stato via via crescente nel corso degli ultimi decenni, e molti ettari di terreno sono stati interessati da spietramento intensivo, con grandi volumi di roccia calcarea estratti dal suolo. Di conseguenza, ampie distese dei territori carsici sono state fortemente cambiate, perdendo l'originario assetto naturale. In molti casi, inoltre, ingenti

quantitativi di pietrame derivanti dallo spietramento sono stati riversati nelle cavità carsiche, o accumulati al margine di inghiottitoi. In aggiunta alla scomparsa di molte grotte, il principale effetto negativo dello spietramento consiste nella distruzione dell'epicarso (WILLIAMS, 2008), che svolge una funzione di vitale importanza per gli ecosistemi carsici, regolando l'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo, ed il suo assorbimento. Eliminando tale strato si facilita fortemente la rimozione delle singole particelle di terreno ad opera degli agenti esogeni, anche su pendenze bassissime, con notevole aumento della capacità erosiva.

INTRUSIONE SALINA

Ambienti carsici costieri possono essere interessati da fenomeni di intrusione salina, a causa dell'avanzamento verso l'entroterra dell'interfaccia tra acqua dolce e acqua salata. Specialmente nel caso di zone con lunghi

tratti di costa (ad es., la Florida, o la penisola pugliese) tale avanzamento può risultare particolarmente significativo, coinvolgendo gran parte delle terre emerse. Il fenomeno deriva da sovrasfruttamento della falda acquifera, a causa di emungimenti incontrollati, che di frequente avvengono da pozzi abusivi, e si concentrano nelle stagioni di maggiore presenza umana sul territorio, come nel corso della stagione estiva. Gli effetti derivanti sono fortemente negativi, con riduzione dei volumi di risorse idriche disponibili, ed emungimento di acque salmastre.

INQUINAMENTO

I caratteri idrologici e idrogeologici dei territori carsici fanno sì che il pericolo di inquinamento risulti estremamente elevato: la possibilità di propagazione di sostanze inquinanti attraverso la rete di condotti carsici presente nell'ammasso roccioso, e lo scarso



Figura 4 – Cumuli di rifiuti in cave sotterranee a Cutrofiano (a, b) e in cave a cielo aperto a Ugento (c).

contrasto alla propagazione delle stesse (elevata velocità di flusso, scarsa capacità di auto-depurazione), determinano un potenziale alto impatto degli inquinanti in falda, con conseguenze disastrose (SSI-CAI, 1989). La connessione diretta tra superficie e sottosuolo nel carso, inoltre, amplifica notevolmente l'impatto negativo derivante da eventi di inquinamento che avvengono in superficie, da abbandono di sostanze tossiche a presenza di discariche abusive, tanto in esterno che all'interno di cavità carsiche o antropiche (Fig. 4).

CONCLUSIONI

La fragilità dell'ambiente carsico impone necessariamente una particolare attenzione alla salvaguardia del carso e delle risorse naturali in esso contenute. D'altra parte, la varietà di eventi di dissesto idrogeologico che vi si possono verificare, congiuntamente alla complessità intrinseca degli ambienti carsici, rende particolarmente difficile perseguirne una effettiva protezione. Risulta pertanto prioritario, da un lato, accrescere le conoscenze scientifiche su tali ambienti (anche con l'apporto delle esplorazioni speleologiche, che forniscono insostituibili dati diretti), e, dall'altra, promuovere politiche ed azioni volte alla creazione di una coscienza ambientale e della consapevolezza della vulnerabilità degli ambienti carsici, soprattutto mediante il diretto coinvolgimento delle popolazioni che su tali territori vivono ed operano. Solo in questa maniera si potrà pervenire ad una reale mitigazione dei rischi derivanti da eventi di dissesto idrogeologico, siano essi naturali o causati dall'uomo (PARISE, 2010b).

BIBLIOGRAFIA

- ANDRIANI G.F., WALSH N. (2007), *Rocky coast geomorphology and erosional processes: a case study along the Murgia coastline south of Bari, Apulia – SE Italy*. *Geomorphology*, **87** (3), 224-238.
- BABOČI K., PALMENTOLA G., SANSÒ P. (1991), *Primi risultati dello studio quantitativo delle forme carsiche epigee dei dintorni di S. Marco in Lamis (Fg)*. *Itinerari Speleol.*, **5**, 87-95.
- BARNABA F., CAGGIANO T., CASTORANI A., DELLE ROSE M., DI SANTO A.R., DRAGONE V., FIORE A., LIMONI P.P., PARISE M., SANTALIOIA 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, 653-672.
- BISSANTI A.A. (1972), *L'alluvione del luglio 1972 a Manfredonia*. Mem. Ist. Geogr. Fac. Econ. Comm., Univ. Bari, **5**, 73 pp.
- BRUNO E., CALCATERRA D., PARISE M. (2008), *Development and morphometry of sinkholes in coastal plains of Apulia, southern Italy. Preliminary sinkhole susceptibility assessment*. *Eng. Geology*, **99**, 198-209.
- CANORA F., FIDELIBUS M.D., SCIORTINO A., SPILOTRO G. (2008), *Variation of infiltration rate through karstic surfaces due to land use change. A case study in Murgia (SE-Italy)*. *Engineering Geology*, **99**, 210-227.
- CARROZZO M.T., DELLE ROSE M., DE MARCO M., FEDERICO A., FORTE F., MARGIOTTA S., NEGRI S., PENNETTA L., SIMEONE V. (2003), *Pericolosità ambientale di allagamento nel Salento leccese*. *Quaderni di Geologia Applicata*, **2** (1), 77-85.
- CASTIGLIONI B., SAURO U. (2000), *Large collapse dolines in Puglia (southern Italy): the cases of "Dolina Pozzatina" in the Gargano plateau and of "puli" in the Murge*. *Acta Carsologica*, **29** (2), 83-93.
- CE.RI.CA. (CENTRO RICERCHE CASTELLANESE) (1996), *Le inondazioni a Castellana*. Amministr. Comunale di Castellana-Grotte, 79 pp.
- DELLE ROSE M., PARISE M. (2002), *Karst subsidence in south-central Apulia, Italy*. *International Journal of Speleology*, **31** (1/4), 181-199.
- DELLE ROSE M., PARISE M. (2010), *Water management in the karst of Apulia, southern Italy*. In: BONACCI O. (Ed.), *Proc. Int. Conf. "Sustainability of the karst environment. Dinaric karst and other karst regions"*, Plitvice Lakes (Croatia), 23-26 September 2009, IHP-UNESCO, Series on Groundwater, **2**, 33-40.
- DELLE ROSE M., PARISE M., ANDRIANI G.F. (2007), *Evaluating the impact of quarrying on karst aquifers of Salento (southern Italy)*. In: PARISE M., GUNN J. (Eds.), *Natural and anthropogenic hazards in karst areas: Recognition, Analysis and Mitigation*. Geological Society, London, Special Publication **279**, 153-171.
- DEL PRETE S., IOVINE G., PARISE M., SANTO A. (2010), *Origin and distribution of different types of sinkholes in the plain areas of Southern Italy*. *Geodinam. Acta*, **23**, 113-127.
- 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.
- FORMICOLA W., GUEGUEN E., MARTIMUCCI V., PARISE M., RAGONE G. (2010), *Caves below quarries and quarries above caves: problems, hazard and research. A case study from southern Italy*. *Geological Society of America Abstracts with Program*, **42** (5).
- IOVINE G., PARISE M., TROCINO A. (2010), *Breakdown mechanisms in gypsum caves of southern Italy, and the related effects at the surface*. *Zeitsch. für Geom.*, **54**, 153-178.
- LOLLINO P., PARISE M., REINA A. (2004), *Numerical analysis of the behavior of a karst cavern at Castellana-Grotte, Italy*. Atti 1st Int. UDEC/3DEC Symposium, Bochum (Germany), 29 September – 1 October 2004, 49-55.
- MARGIOTTA B., PALMENTOLA G., PATELLA D. (1979), *Lo smaltimento delle acque di ristagno superficiale nel Salento. Studio e ipotesi di intervento nella zona campione di Presicce (Lecce)*. *Quad. Ric. Centro Studi Geotecnici, Lecce*, **1**, 1-13.
- NORTH L.A., VAN BEYNE P.E., PARISE M. (2009), *Inter-regional comparison of karst disturbance: West-central Florida and southeast Italy*. *J. Environ. Management*, **90** (5), 1770-1781.
- OROFINO F. (1990), *Castellana-Grotte: le vicende storiche di Largo Porta Grande*. *Itinerari Speleologici*, **4**, 39-46.
- PARISE M. (1999), *Morfologia carsica epigea nel territorio di Castellana-Grotte*. *Itinerari Speleologici*, **8**, 53-68.
- PARISE M. (2003), *Flood history in the karst environment of Castellana-Grotte (Apulia, southern Italy)*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **3** (6), 593-604.
- PARISE M. (2007), *Pericolosità geomorfologica in ambiente carsico: le gravine dell'arco ionico tarantino*. Atti e Memorie Commissione Grotte "E. Boegan", **41**, 81-93.
- PARISE M. (2008a), *Rock failures in karst*. In: CHENG Z., ZHANG J., LI Z., WU F., HO K. (a cura di), *Landslides and Engineered Slopes*. Atti 10th Int. Symp. on Landslides, Xi'an (China), June 30 – July 4, 2008, **1**, 275-280.
- PARISE M. (2008b), *I sinkholes in Puglia*. *Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia*, **85**, 309-334.
- PARISE M. (2009), *Trasformazioni di uso del suolo nel paesaggio carsico della Puglia (Italia sud-orientale): gli effetti negativi dello spietramento*. *Studime Albanologjike*, **4**, 458-468.
- PARISE M. (2010a), *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. (2010b), *Hazards in karst*. In: BONACCI O. (Ed.), *Proc. Int. Conf. "Sustainability of the karst environment. Dinaric karst and other karst regions"*, Plitvice Lakes (Croatia), 23-26 September 2009, IHP-UNESCO, Series on Groundwater, **2**, 155-162.
- PARISE M. (2011), *Sinkholes caused by underground quarries in Apulia, southern Italy*. 12th Multi-disc. Conf. on Sinkholes and the Eng. and Environ. Impacts of Karst, Saint Louis (Missouri, USA), January 10-14, 2011, Program with Abstracts, 23.
- PARISE M., FLOREA L.J. (2008), *I sinkholes nella letteratura scientifica internazionale: una breve rassegna, con particolare riferimento agli Stati Uniti d'America*. *Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia*, **85**, 427-450.
- PARISE M., FIORE A. (2011), *Chronology of sinkhole events in Apulia, Italy*. *Geophysical Research Abstracts*, **13**, 3225.
- PARISE M., PASCALI V. (2003), *Surface and subsurface environmental degradation in the karst of Apulia (southern Italy)*. *Environmental Geology*, **44**, 247-256.
- PARISE M., VALDES SUAREZ M.V., POTENZA R., DEL VECCHIO U., MARIANGELLA A., MAURANO F., TORREZ MIRABAL L.D. (2005), *Geological and morphological observations in the eastern part of the Gran Caverna de Santo Tomàs, Cuba (results of the "Santo Tomàs 2003" speleological expedition)*. *Cave and Karst Science*, **32** (1), 19-24.
- SAURO U. (2003), *Dolines and sinkholes: aspects of evolution and problems of classification*. *Acta Carsologica*, **32** (2), 41-52.
- SSI-CAI (SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA – CLUB ALPINO ITALIANO) (1989), *Problemi di inquinamento e salvaguardia delle aree carsiche*. Nuova Editrice Apulia, 139 pp.
- WALTHAM T., BELL F., CULSHAW M. (2005), *Sinkholes and subsidence*. Springer, Praxis Publishing, 382 pp.
- WHITE W.B. (1988), *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. Oxford Univ. Press, 464 pp.
- WHITE E., WHITE W. (1969), *Processes of cavern breakdown*. *Bull. Natl. Speleol. Soc.*, **31** (4), 83-96.
- WILLIAMS P.W. (2008), *The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology: a review*. *International Journal of Speleology*, **37** (1), 1-10.