

INDAGINI INTEGRATE GEOLOGICHE E GEOFISICHE PER LA VALUTAZIONE DEI DIVERSI GRADI DI RISCHIO AMBIENTALE LEGATO ALLA PRESENZA DI INGHIOTTITOI CARSIICI NEL TERRITORIO DEL SALENTO LECCESE

LEUCCI GIOVANNI, MARGIOTTA STEFANO, NEGRI SERGIO

Osservatorio di Chimica, Fisica e Geologia Ambientali - Dipartimento di Scienza dei Materiali – Università di Lecce

RIASSUNTO

E' stato effettuato uno studio integrato geologico e geofisico volto a tipicizzare il territorio del Salento leccese in relazione al differente grado di rischio ambientale mediante una indagine conoscitiva e la localizzazione delle forme carsiche superficiali esistenti. Tali forme infatti, oltre a costituire naturali vie di convogliamento delle acque meteoriche incidenti e corrivanti sulla superficie topografica nel sottosuolo e quindi nella falda carsica profonda che rappresenta per il territorio interessato la più importante risorsa idrica rinnovabile, condizionano in più luoghi l'assetto morfologico (campi solcati, aree depresse sedi di doline ecc.) e, di contro, laddove ostruite naturalmente o in conseguenza di antropizzazione individuano, quasi ovunque, aree soggette a temporanei ristagni superficiali.

Le indagini geofisiche, laddove eseguite, hanno consentito di individuare l'andamento del reticolo carsico sommerso, l'estensione e l'ubicazione delle cavità e di stabilire i rischi di sprofondamento del suolo quale presupposto per l'impostazione di un programma di tutela dei precari equilibri idrogeologici esistenti.

Questo approccio ha consentito una prima interpretazione, a scala regionale, relativamente alla genesi delle macroforme carsiche presenti nel territorio salentino, nonché ha permesso una verifica dello stato dei luoghi e quindi, riscontrando l'incuria e l'abbandono in cui versa la gran parte dei siti osservati, il richiamo ad una maggiore attenzione nel preservare la funzionalità di questi condotti.

INTRODUZIONE

Lo studio, assunte le notizie bibliografiche disponibili, è consistito nel riconoscimento sul terreno delle forme carsiche e nella ricostruzione dei locali assetti geologici, tettonici e morfologici che tali forme condizionano. I dati ottenuti sono stati elaborati nel loro insieme per cui è stato possibile effettuare delle ipotesi sulla genesi e sullo sviluppo del fenomeno carsico rapportato alle manifestazioni via via osservate. In particolare la valutazione in superficie della frequenza delle manifestazioni carsiche, in relazione ai piani di discontinuità esistenti, ha costituito utile indicazione circa lo sviluppo della rete carsica ipogea presente. Questo approccio ha consentito quindi una prima interpretazione, a scala regionale, relativamente alla genesi delle macroforme carsiche presenti nel territorio salentino, nonché ha permesso una verifica dello stato dei luoghi e quindi, riscontrando l'incuria e l'abbandono in cui versa la gran parte dei siti osservati, il richiamo ad una maggiore attenzione nel preservare la funzionalità di questi condotti.

Le indagini geofisiche (sismiche, elettromagnetiche impulsive ed elettriche), realizzate nei siti di maggiore interesse, hanno poi consentito di:

rilevare la presenza di cavità carsiche e valutarne il contributo al drenaggio delle acque superficiali; inoltre in corrispondenza delle suddette cavità possono determinarsi in superficie condizioni di instabilità con conseguenti probabili pericolosi sprofondamenti; determinare l'andamento del reticolo carsico esistente nel sottosuolo quale presupposto per l'impostazione di un programma di tutela dei precari equilibri idrogeologici esistenti nell'ottica di uno sfruttamento razionale di questa parte di territorio; elaborare modelli stratigrafici con particolare attenzione al grado di fratturazione delle formazioni rocciose e quindi alla loro potenzialità di drenare le acque superficiali; mettere in evidenza la presenza di formazioni litologiche idonee al verificarsi di allagamenti e valutarne lo spessore; ciò allo scopo di dare un contributo alla stima del reale rischio di allagamenti;

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico, lo sviluppo del fenomeno carsico è quasi ovunque connesso alle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso sulle quali preferibilmente si imposta, nonché alle condizioni di drenaggio delle acque meteoriche e quindi alle caratteristiche geomorfologiche dell'area.

Riguardo all'aspetto geomorfologico la parte di territorio interessata è caratterizzata da estese aree subpianeggianti aventi deboli pendenze le quali raccordano, nella porzione centrale, sistemi discontinui di modesti rilievi (le serre) orientati circa nord nord ovest – sud sud est mentre, in corrispondenza delle fasce costiere, degradano dolcemente verso la linea di costa.

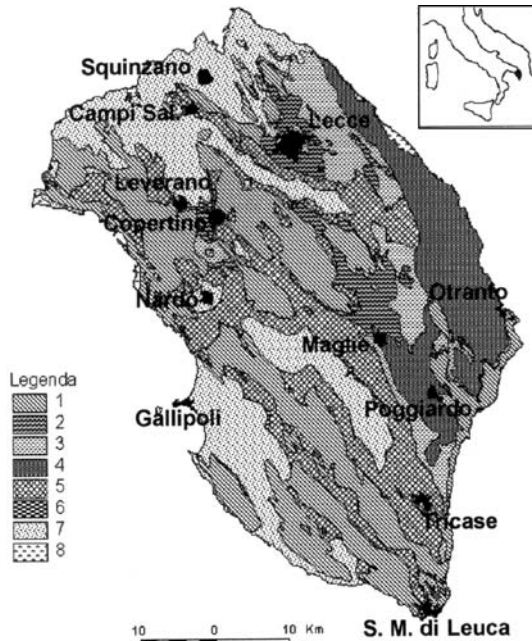


Fig.1 - Carta geologica del Salento Lecce. 1) Calcari e calcari dolomitici molto fratturati e carsificati (Cretaceo-Paleogene); 2) Calcareniti medio-fini poco fratturate (Miocene); 3) Calcari e marne (Miocene); 4) Calcareniti medio-fini poco fratturate (Pliocene-Pleistocene); 5) Calcareniti grossolane e calciruditi poco fratturate (Pleistocene); 6) Argille (Pleistocene); 7) Sabbie, conglomerati e calcareniti (Pleistocene); 8) Sabbie e limi (Olocene).

Ampie superfici pianeggianti quindi a caratterizzare un paesaggio monotono in più luoghi interrotto da modeste e repentine cadute di pendio, con salti generalmente inferiori al metro, costituenti orli e gradini morfologici raccordanti più superfici poste a quote variabili: relativamente alte quelle interposte alle serre (dai 35 m ai 120 m circa), molto più modeste quelle che vanno ad intersecare la linea di riva. Le serre, invece, raggiungono quote massime anche superiori a 190 m.

Condizione fondamentale affinché si instauri il fenomeno carsico è la presenza di rocce solubili: il territorio salentino è costituito da una serie di formazioni carbonatiche le quali, a causa della loro solubilità, si prestano all'instaurarsi di dissoluzioni di tipo carsico con effetti rappresentati da doline, inghiottitoi, vore, grotte e gallerie (Fig.1).

Particolarmente favorevoli all'attacco da parte delle acque meteoriche sono i calcari del Giurassico?-Cretaceo (Calcarea di Altamura) i quali costituiscono il basamento geologico regionale sul quale poggiano i sedimenti successivi. Le rocce preneogeniche, infatti, sono, più delle altre, particolarmente fratturate e interessate da faglie, effetto degli eventi tettonici che hanno portato questi sedimenti ad assumere una struttura ad horst e graben. Gli horst corrispondono alle attuali serre le quali, con andamento nord nord ovest - sud sud est caratterizzano il Salento; i graben sono invece riferibili alle aree depresse comprese fra le serre stesse. Le faglie e le fratture associate a queste strutture sono localizzate preferenzialmente in corrispondenza delle aree di raccordo fra gli horst e i graben. In conclusione, sono queste zone di raccordo, ai piedi dei rilievi, quelle maggiormente soggette ai fenomeni carsici in virtù delle considerazioni appena fatte: presenza di rocce carbonatiche, concentrazione di acque meteoriche corrivate dalle serre adiacenti, frequenza di discontinuità strutturali quali faglie e fratture.

Ciò nondimeno, appare evidente che le aree comprese fra le serre, per la loro posizione topografica, sono state, in tempi geologici più recenti, assoggettate a più ingressioni marine testimoniate dai vari sedimenti neogenici; esse sono anche le aree meno esposte all'erosione dei sedimenti stessi, ancor oggi osservabili in affioramento. In corrispondenza dei bassi morfologici i calcari cretacei quindi sono mascherati dalle coperture delle rocce formatesi successivamente le quali poggiano sui calcari suddetti con contatto discontinuo e discordante. Come si è già avuto modo di dire, peraltro, anche i sedimenti neogenici sono nella maggior parte dei casi di natura carbonatica e si prestano anch'essi per questo motivo all'instaurarsi del fenomeno carsico.

Il processo carsico, già impostato nei calcari del Cretaceo (ipotesi documentata in alcune delle forme carsiche laddove le coperture dei sedimenti successivi sono meno spesse o assenti), è stato successivamente riattivato ed esteso, seppure con modalità differenti, nelle rocce neogeniche le quali in più punti condizionano, in parte o totalmente, le originarie imboccature sul terreno. In quest'ultimo caso, a favorire l'azione delle acque sulle rocce, in particolare quelle del Quaternario, è stata la discreta permeabilità per porosità dei sedimenti; questo fattore ha permesso una lenta infiltrazione delle acque meteoriche a costituire all'interno delle rocce stesse una libera canalizzazione favorita in più punti, dalla fratturazione della roccia. Altro fattore molto importante per lo sviluppo del fenomeno carsico, in particolare in corrispondenza dei sedimenti pleistocenici, sono le superfici di strato specie laddove ad esse si accompagnano cambiamenti nella litologia (esempio la Caverna S. Angelo nei pressi di Sanarica) (Fig.2).



Fig. 2 - Esempio di carsismo interstratale nella Caverna S. Angelo nei pressi di Sanarica (Lecce).

I sedimenti mio – plio – pleistocenici mostrano forme complessivamente di minore estensione, ma molto più diffuse, caratterizzate da numerose piccole doline, in più punti coalescenti fra loro, la cui distribuzione appare, anche in questo caso, legata e condizionata dalla tettonica.

Le doline si presentano quasi ovunque con contorno subcircolare e forma a “piatto” o a “scodella” (solo in alcuni luoghi a “imbuto” e a “pozzo”) con fondo generalmente coperto da depositi di terra rossa; esse sono visibili sia nei sedimenti calcarei del Cretaceo- Eocene che, come già detto, in quelli successivi, in prevalenza calcarenitici. In generale, le forme presenti sulle rocce cretaceo – eoceniche hanno diametri e profondità superiori rispetto a quelle formatesi nelle calcareniti più recenti; le prime inoltre mostrano in più punti gli effetti di successivi rimodellamenti erosivi sia di tipo carsico che marino, risultando livellate in corrispondenza dei ripiani e “smussate” in corrispondenza dei gradini.

2. CONSIDERAZIONI AMBIENTALI

Fase fondamentale della ricerca è stata, ovviamente, la ricognizione sul terreno. Le aree di interesse sono state individuate partendo da considerazioni di carattere geologico e strutturale nonché usufruendo delle localizzazioni già riportate nella cartografia ufficiale (tavole IGM, scala 1:25000), nelle più recenti Carte Geomorfiche (RICCHETTI G., 1987), nell'elenco delle grotte pugliesi fornito dalla Regione Puglia, nonché dagli enti del Consorzio di Bonifica di Ugento Li Foggi e dal Consorzio di Bonifica dell'Arneo. Si è inoltre usufruito di svariate segnalazioni fornite all'Amministrazione Provinciale di Lecce, da parte degli Uffici Tecnici delle Amministrazioni Comunali. Le forme indicate sono state tutte puntualmente verificate.

Purtroppo lo sviluppo del lavoro ha risentito della scarsità e, a volte anche della inesattezza di notizie bibliografiche e della incuria nel fornire dati puntualmente attendibili da parte degli uffici tecnici delle amministrazioni locali.

Nel complesso sono state verificate circa 450 segnalazioni di presenza di possibili inghiottitoi carsici; di queste, solo un centinaio sono risultate corrispondere a vore naturali. Ciò perché con il termine “vora” vengono erroneamente indicati pozzi, cisterne, neviere... a testimonianza della scarsa importanza che viene data a queste manifestazioni che al contrario, come si diceva in precedenza, sono fondamentali per gli equilibri dell'ecosistema in una regione tipicamente carsica, dove, per l'assenza di una idrografia superficiale, l'unica risorsa idrica è rappresentata dalle acque della falda di fondo alimentata dalle meteoriche. Qualità e quantità delle acque disponibili di questa falda è quindi strettamente dipendente dalle modalità del temporaneo deflusso superficiale e dalle caratteristiche di penetrazione nel sottosuolo.

I deflussi superficiali, ovunque a carattere temporaneo, lasciano sulla superficie solo piccoli solchi erosivi, mal distinguibili in campagna, e concorrono a costituire reticoli scarsamente o punto gerarchizzati. Nella regione salentina sono inoltre distinguibili due tipi di reticolo, uno endoreico ed uno esoreico; se si considera che il secondo interessa quasi esclusivamente le fasce costiere, risalta il ruolo e l'importanza delle forme carsiche, che rappresentano i naturali dreni verticali dei bacini endoreici. La presenza di queste forme è quindi fondamentale per il rapido smaltimento delle acque meteoriche lì ricadenti, altrimenti soggette ad assorbimenti lenti e diffusi dipendenti dal grado di permeabilità (generalmente per porosità almeno laddove sono i sedimenti neogenici che condizionano il piano campagna).

Le numerose opere di bonifica idraulica realizzate in questo secolo hanno utilizzato come recapito questi inghiottitoi. Per efficienza delle opere di bonifica sono necessarie periodiche manutenzioni consistenti nella pulizia (in particolare nell'estirpazione della vegetazione che si sviluppa rapidamente) sia dei canali che delle imboccature delle forme carsiche. In contrasto con ciò lo stato dei luoghi è molto spesso di completo abbandono (Fig. 3).

In virtù di queste considerazioni, è risultato utile differenziare le forme carsiche attive da quelle inattive (Fig. 4): una cavità carsica si intende attiva se è in grado di esercitare la sua funzione. Priva di materiali di riempimento e con imbuti non occlusi essa realizza un drenaggio verticale per le acque meteoriche del bacino ad essa afferente. Questa circostanza impone in via preliminare il riconoscimento dell'andamento della rete idrografica e delle conseguenze che possono derivare da modificazioni adottate al sistema naturale di corrivazione e penetrazione all'interno delle masse rocciose delle acque meteoriche.

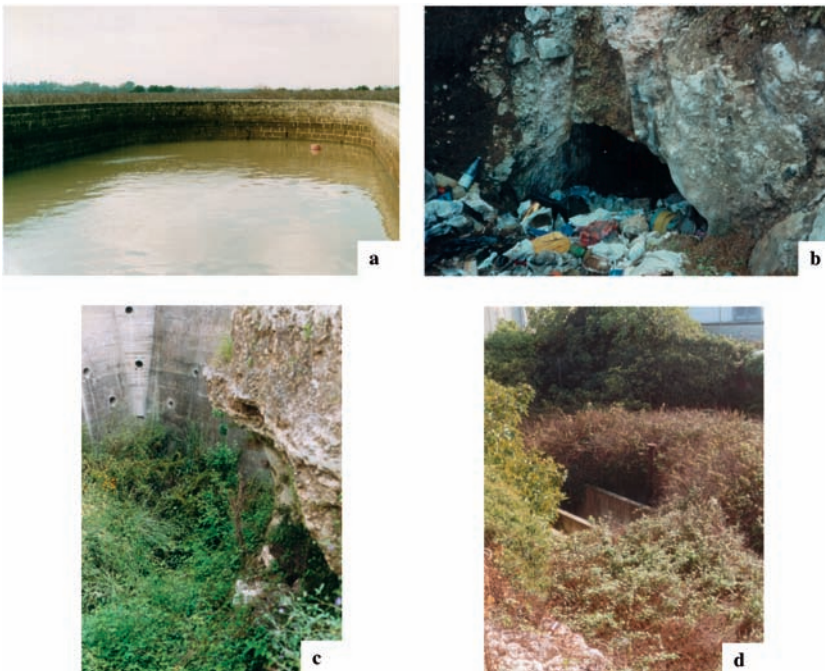


Fig.3 - Esempi di inghiottitoi inattivi per l'incuria e l'abbandono delle opere di pulizia e bonifica: a) vora nei pressi di Leverano (LE); b) Grotte delle Fate di Salve (LE); c) vora di Marittima; d) vora nei pressi di Copertino (LE)

Per quanto concerne invece quelle non più attive, i materiali di occlusione sia che rappresentino naturale colmamento delle depressioni (esempio doline colmate da terreni residuali rossastri lì trasportati dalle acque meteoriche), sia che siano state occluse da azioni di tipo antropico, non ovunque l'esame di primo approccio sul terreno ne consente il riconoscimento. Sono state considerate inattive anche quelle vore che, malgrado siano state predisposte per lo smaltimento delle acque piovane con opere di ingegneria e appositi canali artificiali di drenaggio orizzontale convoglianti le acque piovane, non svolgono più la loro funzione con piena efficienza per lo stato di degrado in cui versano a causa della mancanza di manutenzione sia dei canali che delle vore stesse.

3. INDAGINI GEOFISICHE

Indagini geofisiche integrate con l'utilizzo delle metodologie sismica, elettromagnetica impulsiva ed elettrica sono state eseguite in alcune aree del Salento Leccese particolarmente significative. Di seguito, dopo una breve descrizione delle metodologie impiegate nella campagna di misure, vengono illustrati alcuni dei principali risultati delle indagini geofisiche.

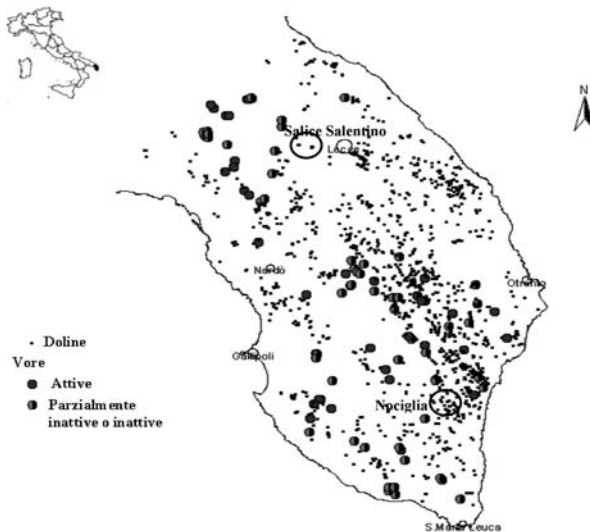


Fig. 4 - Carta delle doline e delle vore del Salento Leccese.

3.1. Cenni teorici sulle metodologie utilizzate nella campagna di misure

3.1.1. Metodo sismico

Il metodo di esplorazione sismica utilizza la propagazione delle onde meccaniche nel sottosuolo per caratterizzare le proprietà elastiche e la geometria dei mezzi attraversati.

La tecnica di base consiste nel generare delle onde meccaniche, mediante sorgenti poste in punti opportunamente scelti sulla superficie topografica, e nel misurare i tempi impiegati dalle perturbazioni elastiche per raggiungere i geofoni, anch'essi opportunamente posizionati sulla superficie topografica. In particolare, l'esplorazione eseguita con il metodo della rifrazione si basa sull'analisi del tempo d'arrivo dell'onda diretta e delle onde di testa; queste ultime sono onde rifratte che si determinano nel caso in cui la velocità di propagazione delle onde è crescente con la profondità, quando l'angolo di incidenza è critico.

3.1.2. Il metodo geoelettrico

I metodi di misura della resistività del sottosuolo attraverso l'immissione della corrente continua sono tutti basati sullo stesso principio:

Una corrente (I) è immessa nel sottosuolo attraverso due elettrodi (denotati con A e B) posizionati sulla superficie del terreno ed è misurata una differenza di potenziale (V) tra due altri elettrodi (denotati M e N), posizionati sempre sulla superficie del terreno. Dalle leggi di Ohm si ricava per la resistività apparente la relazione

$$\rho = K \cdot (V/I) \quad (1)$$

dove K (fattore geometrico) dipende solo dalla disposizione geometrica degli elettrodi ed è, in generale, espresso dalla relazione:

$$K = 2\pi / \left| AM^{-1} - AN^{-1} - BM^{-1} + BN^{-1} \right| \quad (2)$$

che può assumere forme più semplificate al variare delle disposizioni elettrodiche (dipolo-dipolo, wenner-schlumberger, ecc...) adoperate nel rilievo geoelettrico. Le varie configurazioni differiscono solo per la posizione degli elettrodi (LOKE, 2000).

3.2. Metodo elettromagnetico impulsivo, Ground Penetrating Radar (GPR)

Tra i metodi elettromagnetici di investigazione del sottosuolo utilizzabili per piccole profondità il GPR occupa un posto importante per la risoluzione che esso consente di ottenere. Il metodo consiste nell'immettere nel sottosuolo, mediante una antenna trasmittente, impulsi elettromagnetici di assegnata frequenza, e nel ricevere, mediante un'antenna ricevente, gli impulsi elettromagnetici che tornano in superficie dopo essere stati riflessi da corpi con proprietà dielettriche differenti da quelle del mezzo inglobante (DAVIS & ANNAN, 1989).

Il tempo intercorso tra la immissione dell'impulso elettromagnetico nel terreno e la ricezione di quello riflesso consente di ricavare la profondità della superficie riflettente, se è nota la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nel mezzo.

Va sottolineato che le onde elettromagnetiche si propagano molto bene nel vuoto, meno bene nella materia; a volte vengono assorbite anche da strati molto sottili: pertanto il metodo GPR consente di indagare il sottosuolo solo per piccoli spessori (dell'ordine di poche decine di metri). Il potere risolutivo e la profondità di indagine che si ottengono con il metodo GPR sono influenzati dalle caratteristiche mineralogiche del mezzo attraversato, e principalmente dal suo contenuto in argilla ed in acqua, oltre che dalla vegetazione superficiale e dalla morfologia del terreno.

Le frequenze degli impulsi elettromagnetici utilizzate variano da alcuni MHz ad alcuni GHz. La lunghezza d'onda (λ) la frequenza (f) e la velocità di propagazione (v) dell'impulso elettromagnetico sono legati dalla seguente relazione

$$\lambda = v/f \quad (3)$$

Una volta scelta la frequenza da utilizzare nell'indagine geofisica e conosciuta la velocità di propagazione nel mezzo, la relazione (3) consente di ricavare la lunghezza d'onda e quindi di stimare il potere risolutivo dell'indagine elettromagnetica.

E' evidente che, a parità di v, all'aumentare della frequenza aumenta il potere risolutivo. E' anche noto che all'aumentare della frequenza aumenta il potere di assorbimento del mezzo e diminuisce quindi la profondità di penetrazione. Tale assorbimento dipende anche dalla conducibilità del mezzo dielettrico che è principalmente regolata dal contenuto di acqua e sali in soluzione.

Nelle sezioni radar - bidimensionali sono riportate in ascissa le posizioni delle antenne lungo il profilo indagato, ed in ordinata i tempi intercorsi tra l'emissione dell'impulso e la ricezione in superficie del segnale riflesso in corrispondenza delle superfici di discontinuità del sottosuolo (tempi doppi). Per le stime di velocità si usano diversi metodi. I più comuni utilizzano:

- le iperboli di diffrazione eventualmente presenti sui profili di riflessione (monostatici);
- le onde dirette e/o le iperboli di riflessione presenti su sezioni opportunamente acquisite con la tecnica nota come Common Midpoint (CMP), utilizzando 2 antenne che vengono progressivamente allontanate rispetto ad un centro comune.

3.3. Indagini geofisiche integrate presso Salice Salentino (LE)

Nell'area (Fig. 5) sono presenti di più forme carsiche quali doline e vore, racchiuse in ristretti ambiti territoriali intensamente segnati dalla mano dell'uomo.

3.4. Acquisizione elaborazione ed interpretazione dei dati

Come è noto, molto importante per la buona riuscita di un rilievo geofisico è un'adeguata acquisizione dei dati.

I parametri di acquisizione, infatti, influenzano direttamente la qualità dei dati e di conseguenza la complessità delle successive elaborazioni; la loro scelta pertanto deve essere molto oculata ed effettuata tenendo ben presente gli obiettivi dell'indagine (LEUCCI et alii, 2000).

Sono stati effettuati alcuni profili test in un'area campione, dove era evidente la presenza di fenomeni carsici in superficie, utilizzando sia il metodo elettrico che il metodo sismico. Per avere modo di confrontare e integrare i dati ottenuti con l'utilizzo delle due metodologie geofisiche i profili sismici ed elettrici sono stati posizionati negli stessi punti in modo da ottenere una sovrapposizione (Fig.5).

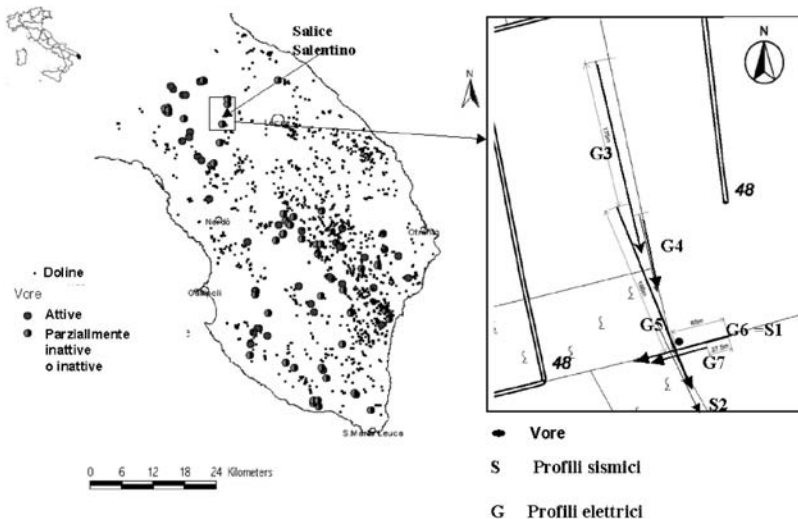


Fig. 5 - Area indagata con la geofisica

I risultati dei profili sismici ed elettrici sovrapposti sono in buon accordo e la loro integrazione aiuta a comprendere meglio la complessità del sottosuolo nella zona rilevata (Fig. 6). Infatti le variazioni di velocità dell'onda P (Fig. 6b), collegabili al grado di fratturazione delle formazioni rocciose (LEUCCI, 2003; LEUCCI, 2004), mettono in eviden-

za la presenza di una zona, indicata con A, in cui la velocità dell'onda P subisce un sensibile aumento. L'aumento di velocità dell'onda P può essere dovuto alla presenza di un sistema di fratture che potrebbero essere parzialmente riempite di argilla o acqua (LEUCCI, 2004). Le variazioni di resistività possono anch'esse essere correlate al grado di fratturazione delle formazioni rocciose e alla eventuale presenza di cavità (LEUCCI, 2003, LEUCCI et alii, 2004). L'anomalia di alta resistività, indicata con A in Fig. 6a, potrebbe essere dovuta alla presenza di un sistema di fratture che potrebbero essere vuote.

Le due anomalie, indicate con A, presenti sia nel profilo elettrico che in quello sismico, coincidono. L'interpretazione di sistema di sistema di microfratture e rafforzata dal fatto che il profilo elettrico è stato realizzato in estate (quindi assenza di pioggia) quindi fratture vuote (alta resistività) mentre il profilo sismico è stato realizzato dopo un periodo di piogge quindi fratture riempite d'acqua (alta velocità Vp). Combinando così i risultati ottenuti dalla integrazione di più metodologie geofisiche è possibile dare risposte più precise.

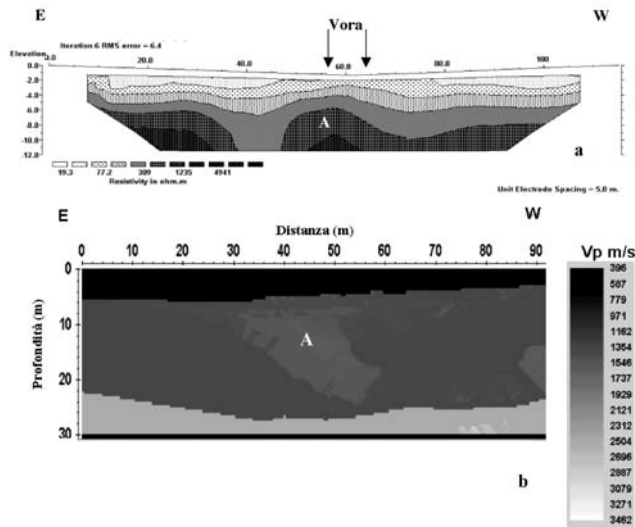


Fig. 6: modelli 2D di variazione a) di resistività, b) di velocità dell'onda P nel sottosuolo relativi ai profili denominati rispettivamente G6 ed S1 in Fig. 3.

3.4.1. Indagini geofisiche integrate presso Nociglia (LE)

L'area oggetto di studio è a rischio idrogeologico ed è situata nei pressi di Nociglia (Fig. 7). A causa di crolli della superficie tale area è anche a rischio per incolumità pubblica. L'applicazione della metodologia elettromagnetica impulsiva nell'area da risultati estremamente interessanti.

Le sezioni radar relative ai profili eseguiti lungo la via vecchia Lecce, ad est dell'allineamento delle vore, mettono in evidenza la presenza per quasi tutta la lunghezza dei profili stessi, di due e a volte anche tre riflettori con andamento quasi orizzontale che potrebbero corrispondere a stratificazioni pressochè parallele con profondità rispettivamente comprese tra 50 e 100 ns (circa 2 e 4m). Sulle stesse sezioni sono anche presenti numerose iperboli di dimensioni variabili (da 1m a circa 2m) e profondità comprese tra 20 e 60 ns (70 cm e 2,5 m), che corrispondono verosimilmente a zone molto disomogenee e fratturate. Uno stralcio delle sezioni radar, relative a tali profili è riportato, come esempio, in Fig. 8.

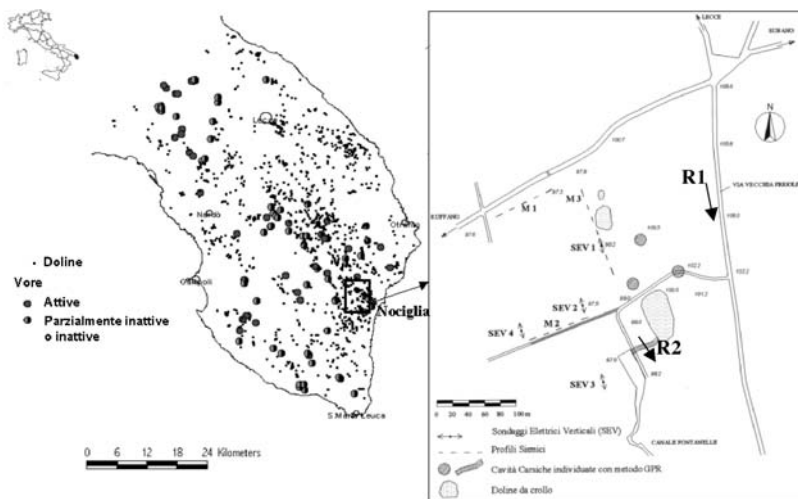


Fig. 7: Area indagata con la geofisica.

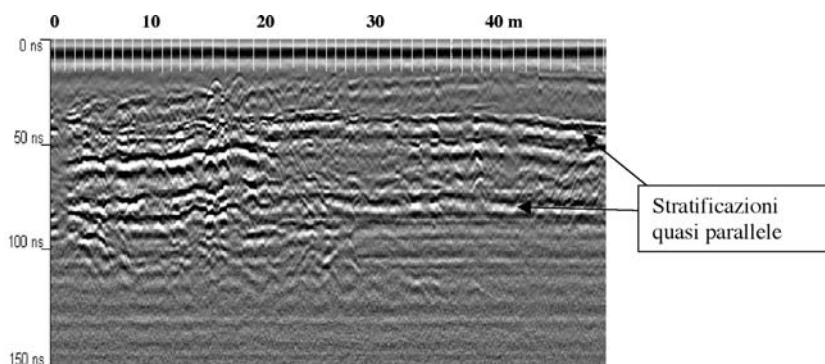


Fig. 8 - Stralcio della sezione radar relativa al profilo denominato R1 in Fig. 5 (antenna utilizzata: 200 MHz).

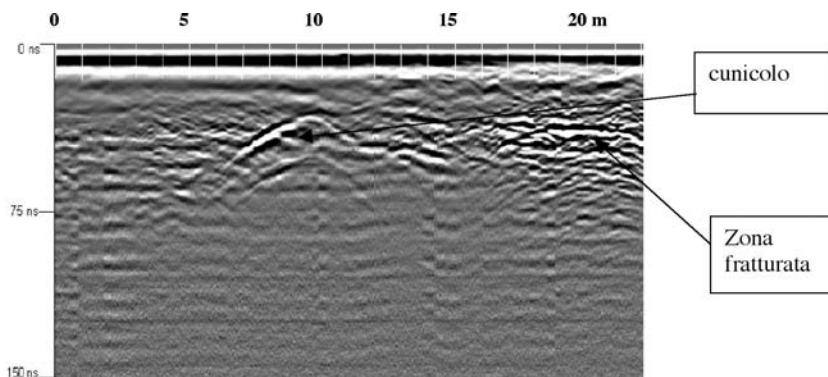


Fig. 9 - Stralcio della sezione radar relativa al profilo denominato R2 in Fig. 5 (antenna utilizzata: 200 MHz).

In prossimità dell'allineamento delle vore note, e ad ovest dello stesso, le sezioni radar consentono di individuare un cunicolo che collega la vasca di raccoglimento delle acque meteoriche, del Consorzio di Bonifica Uggento li Foggi ad una vora nota; a nord del cunicolo le sezioni stesse evidenziano una zona altamente fratturata che probabilmente rappresenta un livello preferenziale di scorrimento delle acque sotterranee (Fig. 9).

CONCLUSIONI

In questo lavoro sono stati presentati alcuni risultati di un'indagine integrata geologica e geofisica che ha come obiettivo lo studio e la determinazione dell'andamento dei vari reticoli carsici presenti nel sottosuolo dell'area del Salento Leccese la cui conoscenza sarebbe di fondamentale importanza sia per la sua tutela che per uno sfruttamento razionale del territorio.

Le situazioni ambientali riscontrate mettono infatti chiaramente in evidenza lo stato di degrado in cui versano le cavità carsiche, peraltro utilizzate in più luoghi come recapito delle acque piovane. Nell'ottica di una corretta ed oculata gestione del territorio assume quindi particolare importanza il ripristino, da parte degli Enti competenti, dello stato dei luoghi, nonché la programmazione degli interventi di ordinaria manutenzione indispensabili per lo sfruttamento razionale di queste cavità.

I risultati della geofisica qui presentati sono in buon accordo con quelli geologici – idrogeologici e la loro integrazione aiuta a comprendere meglio la complessità del sottosuolo nelle zone rilevate. Ad es. la presenza delle anomalie di relativamente alta velocità di propagazione dell'onda sismica, nei modelli sismici, associata alla presenza, nello stesso punto, di anomalie ad alta resistività, nei modelli elettrici, associati a considerazioni geologiche aiuta ad interpretare le anomalie stesse come dovute a fratturazione. Questo dato, ancora da verificare con altre indagini sia di tipo geologico che geofisico, permette comunque di ipotizzare, in prima analisi che le anomalie in oggetto costituiscono le linee di deflusso principale delle acque piovane dalla superficie verso la falda più profonda.

Infine si evidenzia l'efficacia e la necessità dell'impiego di più metodologie geofisiche nella modellizzazione del sottosuolo nonché l'importanza della integrazione tra diverse competenze e figure come quella del Geologo e quella del Geofisico. Infatti le indagini geologiche sull'area costituiscono un importante vincolo che può essere imposto alla soluzione del problema inverso legato alla geoelettrica, al georadar ed alle altre metodologie geofisiche (sismica e gravimetria) che si intende utilizzare nella zona per il proseguo delle indagini.

BIBLIOGRAFIA

- DAVIS, J.L., ANNAN, P., (1989) - Ground-Penetrating Radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, n.37, pp. 531-551;
- LEUCCI G., MARGIOTTA S., NEGRI S., (2000) - Un contributo per la definizione dei rapporti geometrici tra due unità oligo-mioceniche del Salento Leccese (Puglia, Italia) mediante indagini geofisiche con georadar. *Boll. Soc. Geol. It.* N 119 pp 703-714;
- LEUCCI G. (2003) - Evaluation of karstic cave stability using integrated geophysical methods. *GeoActa*, vol. 2, pp. 47-60;
- LEUCCI G. (2004) - I metodi elettromagnetico impulsivo, elettrico e sismico tomografico a rifrazione per la risoluzione di problematiche ambientali: sviluppi metodologici e applicazioni. Tesi di Dottorato in Geofisica per l'Ambiente ed il Territorio (XV Ciclo);
- LEUCCI G., MARGIOTTA S., NEGRI S., (2004) - Geological and geophysical investigations in karstic environment (salice salentino, lecce, italy., *Journal of Environmental and Engineering Geophysics (JEEG)*, n. 9, 73-83;

LOKE M.H. (2000) - Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys. Manuale Res2dinv IRIS Instruments www.iris-instruments.com;

RICCHETTI, G. (1987) – Carta geomorfica del Salento meridionale. Atti del Convegno sulle conoscenze Geologiche del territorio Talentino, 207-222. Lecce 12 Dicembre 1987.