

## Ricostruzione stratigrafica mediante indagini georadar: area campione di S. Vito dei Normanni (Brindisi, Italia)

Donatello Magaldi<sup>1</sup>, Michele Spizzico<sup>2</sup>, Nicola Lopez<sup>2</sup>, Danilo Ranalli<sup>1</sup>, Donato Sciannamblo<sup>2</sup>, Marco Scozzafava<sup>1</sup>

Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno – Università di L'Aquila; Magaldi: magaldi@ing.univaq.it; Ranalli: ranalli@ing.univaq.it; Scozzafava: marco.scozza@tiscali.it

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Politecnico di Bari; Spizzico: m.spizzico@poliba.it; Sciannamblo: d.sciannamblo@poliba.it; Lopez: nicola.lopez@fastwebnet.it

*Underground stratigraphy reconstruction using georadar surveys: study area of S. Vito dei Normanni (Brindisi, Italy)*

**ABSTRACT:** Among the most recent techniques for the underground stratigraphy reconstruction, the Georadar no-dig technology is now becoming more important. This technique was used in some study-areas near S.Vito dei Normanni, in the Brindisi district, a zone where geological and hydrogeological features are well known from previous researches. It is a zone characterized by the outcrop of cretaceous bedrock of Apulian carbonate platform, on which transgressive calcarenites are found (Upper Pliocene – Lower Pleistocene); upwards clay sands and calcareous sands are found (Middle – Upper Pleistocene) and they are characterised by vertical and lateral high variability of facies. Two hydrogeological environments there are in studied area: the first is represented by deep groundwater, housed by carbonatic aquifer; the second is represented by surface groundwaters system housed by pleistocenic sands. The Georadar used here is based on the emission of low frequency electro-magnetic waves underground, and the waves reflected from high dielectric discontinuities are sent back to the device. The specific use of a new prototype of a 40 Mhz antenna allow, in ideal conditions, to reach maximum depths of 40 m with a vertical resolution of about 50 cm. On the 4 study-areas georadar sections were performed along the country roads, for a total amount of about 11 km of measurements. The antenna is an unshielded type, so it is possible that the radar signal could be disturbed by element which are out of the underground; so, with the aim to define a quick survey method, the radar signal acquired near those elements was analysed and a detailed topographic survey with a GPS was performed. The data elaboration allowed to reconstruct two dimensions sections, similar to the common geological sections, which were compared with the data acquired with traditional methods. That kind of verification gave good results, highlighting that the used technique was good and allowing to add new informations about the geometry of the main boundaries between limestone and calcarenite.

*Key terms:* georadar, hydrogeology, calcarenite

*Termini chiave:* georadar, idrogeologia, calcarenite

### Riassunto

Tra le più recenti tecniche geognostiche per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo si sta affermando quella non invasiva del Georadar. La tecnica, che si basa sull'invio di onde elettromagnetiche nel sottosuolo, è ormai consolidata e si è diffusa soprattutto negli ultimi 10-15 anni, ma un nuovo prototipo di antenna a frequenza molto bassa è stato sperimentato in alcuni siti di prova intorno a S.Vito dei Normanni e nei pressi di Tutturano, in provincia di Brindisi, una zona dalle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche ben conosciute da studi precedenti. L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso la ricostruzione di sezioni bidimensionali, assimilabili a vere e proprie sezioni geologiche di tipo tradizionale, che sono state confrontate con le conoscenze pregresse acquisite con i metodi

tradizionali. Tale tipo di verifica ha fornito dei riscontri positivi, affermando la bontà della tecnica adoperata e consentendo di aggiungere nuove informazioni sulla geometria dei principali contatti stratigrafici tra calcare e calcarenite.

### 1. Lineamenti geologici

L'area studiata (Fig. 1) è compresa tra le città di San Vito dei Normanni, Tutturano e Brindisi ed è costituita da un territorio subpianeggiante che ingloba il margine sudorientale dell'altopiano delle Murge e la porzione orientale della pianura brindisina, che si affaccia sul Mare Adriatico.

La geologia del territorio studiato riflette i peculiari aspetti geotettonici regionali (Ciaranfi et al., 1992). La

formazione geologica più antica, affiorante nel settore nordoccidentale, è costituita dai calcari e calcari-dolomitici di piattaforma risalenti al Cretaceo superiore; tale formazione, come è noto, costituisce il basamento regionale ove ha sede la più importante risorsa idrica sotterranea

puugliese, la cosiddetta “falda profonda”. Per quanto concerne le caratteristiche dell’aquifero carbonatico, fessurato, carsico e di tipo costiero, si rimanda alla letteratura (Grassi & Tadolini, 1985; Sciannamblo et al., 1992; Tadolini et al., 1994; Spizzico & Sciannamblo, 2003).

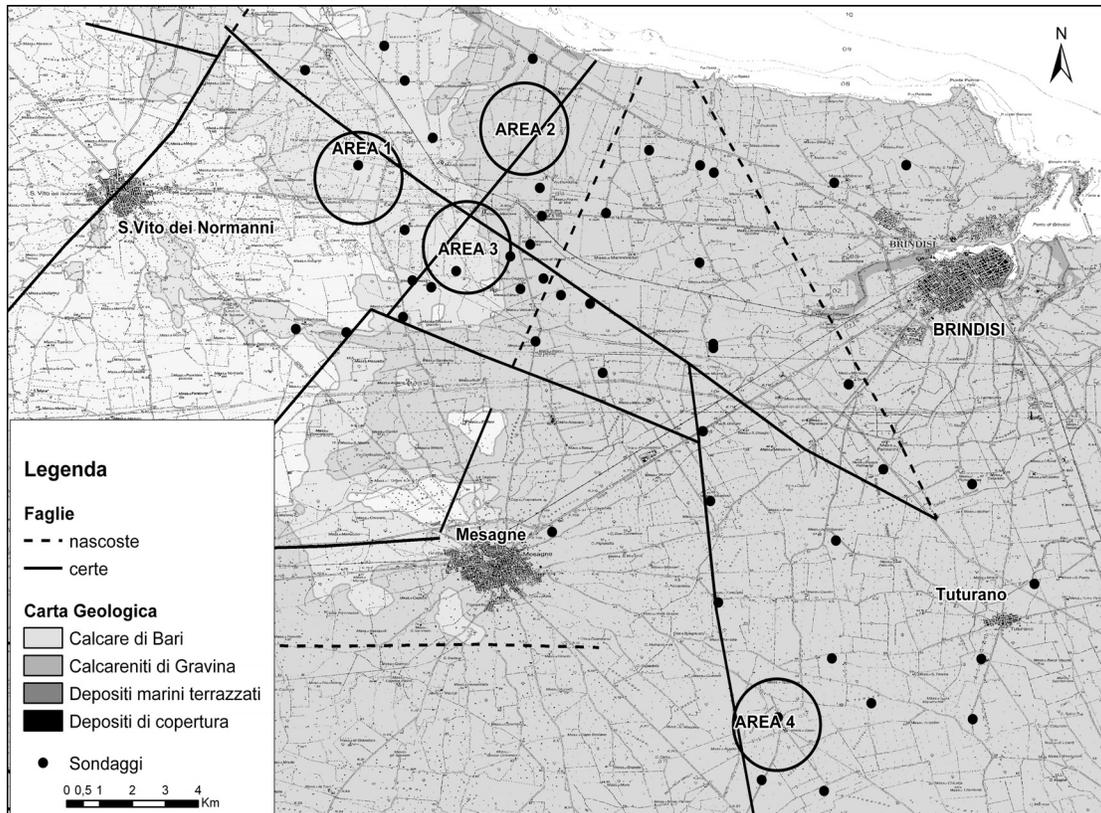


Figura 1. Carta geologica ed ubicazione delle zone indagate  
*Geological map and location of investigated areas*

La formazione carbonatica mesozoica, che attorno a Brindisi digrada sino a quote di circa -40 metri, risulta coperta trasgressivamente da depositi calcarenitici di età calabriana, affioranti nella porzione centrale dell’area di studio: si tratta di sedimenti con grado di cementazione variabile, lateralmente e verticalmente che raggiungono spessori non superiori a 20-30 metri.

In concordanza stratigrafica sulle calcareniti e nel settore compreso tra Brindisi e Mesagne, si rinvenivano formazioni di età pleistocenica medio-superiore, raggruppate sotto il nome di *Depositi marini terrazzati*: questi depositi, affioranti nel settore orientale e meridionale, sono costituiti principalmente da sabbie calcaree a grana fine, con intercalazioni calcarenitiche, superimposte ad un livello basale di argille marnose grigio-azzurre di età calabriana. Nei depositi sabbioso-calcarenitici che possono raggiungere la potenza di 20 metri, molto spesso ha sede una falda idrica, piuttosto contenuta, a carattere stagionale (Lopez et al., 2005). Limitata, nei contenuti e negli spessori, la presenza di depositi olocenici che si rinvenivano, sotto

forma di sabbie calcaree poco cementate (cordoni di dune) e di limi e argille fluviali e palustri.

Anche nei caratteri strutturali, l’area ben rappresenta l’assetto riscontrato su scala regionale (Ciaranfi et al., 1983). Nella zona il basamento carbonatico è dislocato tra due sistemi di faglie: quello che, in letteratura, è definito “principale”, con orientazioni NW-SE ed E-W e l’altro, secondario, con direzione SW-NE. Si tratta di faglie dirette, che configurano il basamento carbonatico a “gradini” con blocchi digradanti verso il mare.

## 2. Tecnologia Georadar adoperata e tipologia delle indagini

Lo strumento adoperato consiste in un insieme di antenne che inviano onde elettromagnetiche nel sottosuolo e ricevono una risposta riflessa avente caratteristiche differenti a seconda del tipo di discontinuità incontrata (Daniels, 1996). Le informazioni registrate dal Georadar consentono la ricostruzione della geometria delle

discontinuità strutturali: nell'immagine ricostruita sono quindi visibili le superfici di discontinuità tra materiali di tipo diverso (Ranalli, Scozzafava, Tallini, 2004), la geometria di eventuali cavità (Ranalli, Scozzafava, Tallini, 2001) ed il posizionamento di eventuali elementi di metallo (Tallini, Giamberardino, Ranalli, Scozzafava, 2004). La profondità di indagine ed il livello di dettaglio dell'immagine radar variano al variare della frequenza di emissione del segnale.

Il modulo antenna da 40 MHz (prodotto ed ingegnerizzato dalla I.D.S. S.p.a. di Pisa), in condizioni ottimali (terreno asciutto, assenza di materiali o discontinuità con alta capacità di assorbimento o riflessione delle onde), riesce a ricevere e visualizzare informazioni fino ad una profondità di 40-50 metri, con livello di dettaglio dell'ordine dei 50 cm. Si tratta di un prototipo sperimentale messo a punto da circa 2 anni (Tallini, Ranalli, Scozzafava, Manacorda, 2004), dalla lunghezza di ingombro complessiva di più di 2 m e larghezza di circa 1 m, costituita da un'antenna trasmittente, un'antenna ricevente ed una struttura portante a telaio (Fig. 2).

Tale modulo è di tipo "non schermato", pertanto è possibile l'influenza di elementi esterni al sottosuolo sul

segnale radar. Questa evenienza è stata largamente riscontrata anche nel caso in esame. Apparirebbero evidenti in molte delle sezioni, anomalie probabilmente legate alla presenza di linee elettriche più o meno parallele alle strade sulle quali è stata condotta l'indagine.

Sulle 4 aree scelte (Fig. 3) sono state effettuate scansioni georadar lungo le strade interpoderali, per un totale complessivo di quasi 11 km di scansioni. Al fine di quantificare l'influenza degli elementi di disturbo esterni, si è analizzato il segnale radar acquisito alla luce delle potenziali sorgenti di interferenza ed è stato eseguito un accurato rilievo topografico di tali fonti, utilizzando strumentazione GPS.

### 3. Scopo delle indagini

Lo scopo delle indagini effettuate è stato quello di individuare, per quanto possibile, anomalie del segnale riconducibili alla presenza di contatti stratigrafici che dovrebbero essere presenti nelle zone indagate a profondità compatibili con quelle teoricamente raggiungibili da tale antenna. Le scansioni sono state effettuate in 4 aree differenti.



Figura 2. Il prototipo di antenna da 40 MHz, bistatica, non schermata  
*40 MHz antenna prototype, bistatic and not shielded*

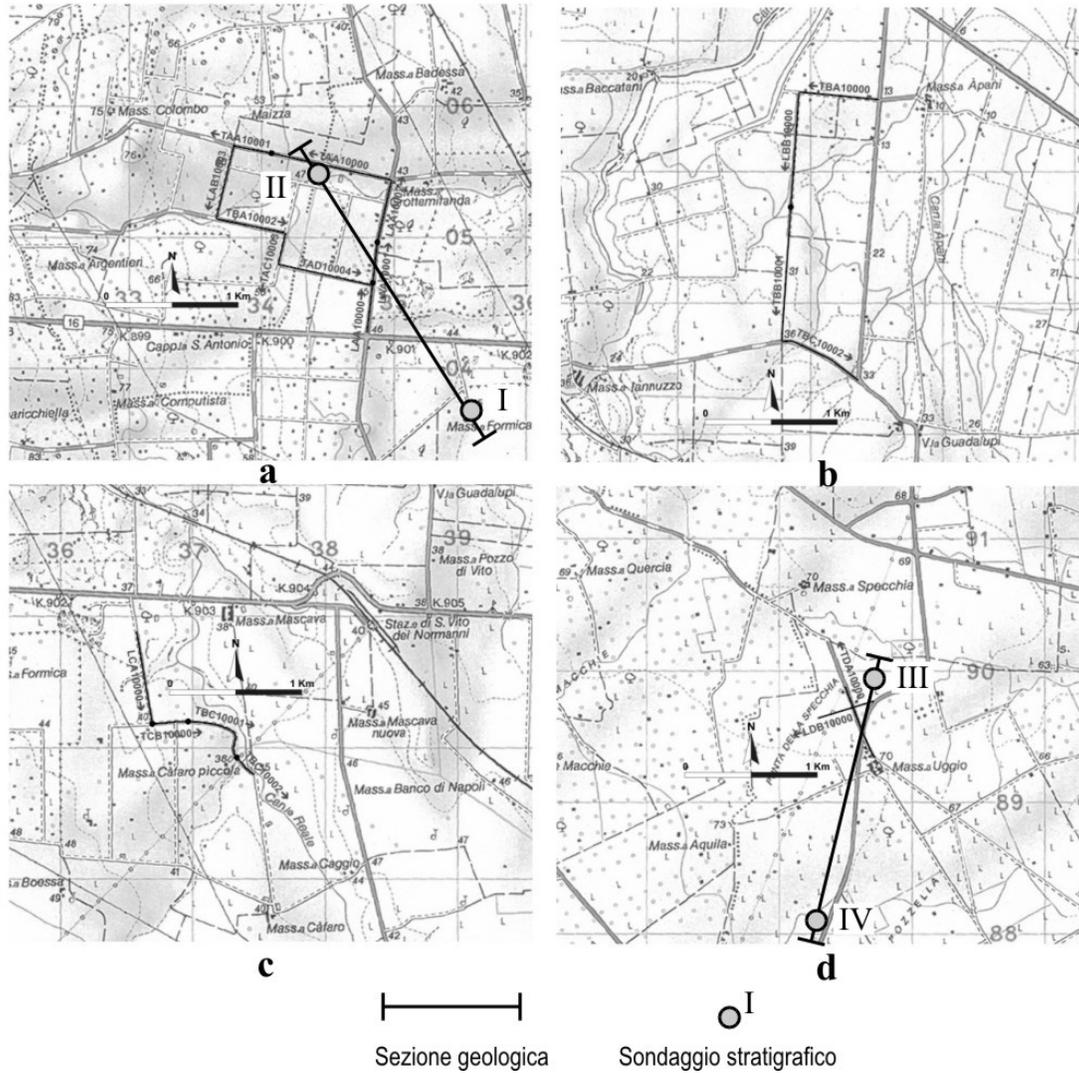


Figura 3. Dettaglio delle zone indagate con la posizione di tutte le scansioni  
*Detail of investigated areas with position of all georadar scannings*

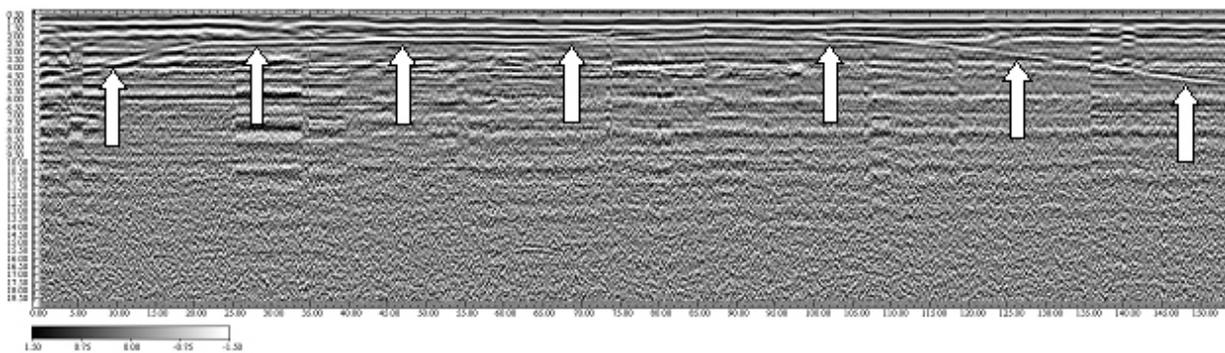


Figura 4. Esempio di scansione georadar ove viene messo in evidenza, tramite le frecce bianche verticali, un probabile contatto stratigrafico  
*Georadar scannings example that shows a probable stratigraphic contact (see white arrows)*

#### 4. Risultati delle indagini

La presenza di fasce di rocce fratturate ad andamento Per

ogni zona sono state definite in planimetria le posizioni di tutte le tracce delle scansioni georadar effettuate (Fig. 3). La

direzione delle frecce indica il verso di avanzamento dello strumento, dunque per la corretta lettura di una sezione georadar occorre collocare l'origine (ascissa zero) della stessa in corrispondenza della coda della rispettiva freccia in planimetria, e l'ascissa terminale della sezione in corrispondenza della punta.

I risultati delle indagini sono in molti casi soddisfacenti:

Anomalie correlabili o compatibili con la presenza di contatti stratigrafici (Fig. 4) sono state riscontrate nelle sezioni georadar elencate nella Tab. 1, nei tratti compresi tra le ascisse progressive x ed alle profondità z ivi riportate. I tratti di sezione georadar giudicati interessanti per le finalità

delle indagini ammontano ad una lunghezza totale di circa 2761 m.

Anomalie correlabili o compatibili con la presenza di disturbi esterni come le linee elettriche o pali di vario tipo (Fig. 5) sono state riscontrate nelle sezioni elencate nella Tab. 2, nei tratti compresi tra le ascisse progressive x ivi riportate. In questi casi le anomalie si distinguono per la loro forma regolare, e spesso caratterizzate da elementi geometrici aventi un passo regolare. I tratti di sezione georadar interessati da tale tipo di anomalie ammontano ad una lunghezza totale di circa 2222 m.

Tabella 1. Posizione delle anomalie georadar correlabili alla presenza di contatti stratigrafici  
*Location of georadar anomalies pertinent to presence of stratigraphic contacts*

AREA 01				
codice sezione	ascissa iniziale	ascissa finale	profondità minima	profondità massima
LAA10000	0	280	2.0	8.5
LAA10001	210	310	5.0	8.0
	440	518	9.0	17.0
LAA10002	0	518	0.0	3.5
LAB10003	510	592	3.0	6.0
TAA10000	0	946	3.0	6.0
TAA10001	0	296	2.0	4.0
AREA 02				
codice sezione	ascissa iniziale	ascissa finale	profondità minima	profondità massima
TBA10000	150	530	4.0	6.0
AREA 04				
codice sezione	ascissa iniziale	ascissa finale	profondità minima	profondità massima
LDB10000	60	140	4.0	11.0
TDA10000	55	430	2.5	5.0
	280	430	2.5	10.0

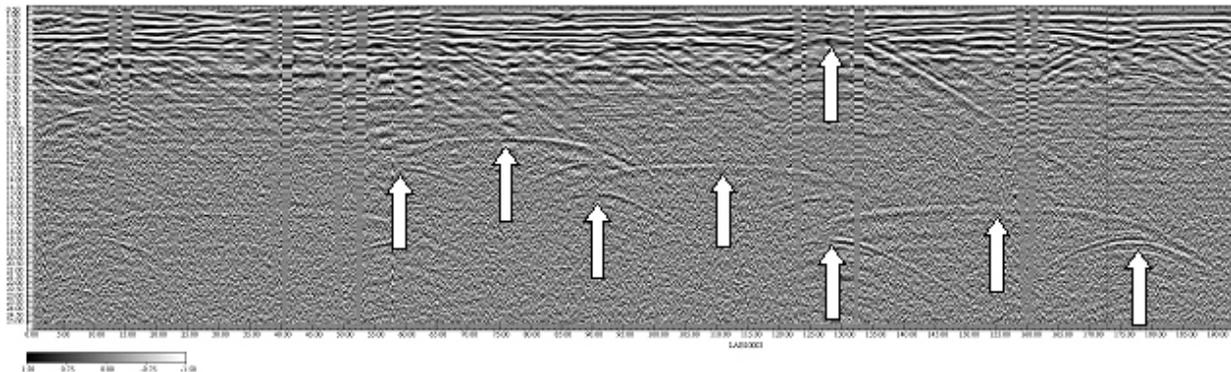


Figura 5. Esempio di scansione georadar ove vengono messe in evidenza, tramite le frecce bianche verticali, le interferenze provocate dalla presenza di linee elettriche e pali verticali costeggianti il percorso seguito dallo strumento  
*Georadar scanings example that shows (white arrows) the interference owing to electrical lines and vertical posts along the shift direction of the instrument*

#### 4.1 Interpretazione geologica delle scansioni radar

I risultati ottenuti dalle scansioni radar sono stati confrontati con le informazioni rivenienti da tradizionali metodologie di indagine del sottosuolo. In particolare ci si è avvalsi di sondaggi stratigrafici in pozzi per l'emungimento di acqua dalla falda carbonatica. Sulla base delle risposte ottenute dal

segnale georadar in funzione delle caratteristiche geologiche dei siti e delle varie possibili fonti di interferenza, i risultati più interessanti di tale confronto si sono riscontrati in due dei quattro siti esaminati e vengono illustrati qui di seguito.

#### 4.2 Area 1

Il sito, in località Computista presso S. Vito dei Normanni,

è caratterizzato dall'affioramento dei calcari mesozoici nel settore meridionale e delle calcareniti nel settore settentrionale, con il limite formazionale passante all'incirca sul lato S della S.S. 16 che collega S. Vito dei Normanni a Brindisi. Nella zona non ci sono segni evidenti di tettonica recente né tantomeno di dislocazioni attive in età più antica.

Tabella 2. Posizione delle anomalie georadar correlabili alla presenza di interferenze sul segnale  
*Location of georadar anomalies pertinent to presence of signal interferences*

AREA 01		
codice sezione	ascissa iniziale	ascissa finale
LAB10003	0	190
	380	450
TAA10000	460	540
	740	760
TAA10001	60	110
	180	210
TAD10004	360	720
AREA 02		
codice sezione	ascissa iniziale	ascissa finale
LBB10000	300	330
	520	690
	770	873
AREA 03		
codice sezione	ascissa iniziale	ascissa finale
LCA10000	470	716
TBC10001	0	300
TCB10000	0	280
AREA 04		
codice sezione	ascissa iniziale	ascissa finale
LDB10000	150	443

La stratigrafia della zona è stata ricostruita attraverso due sondaggi (Fig. 3a) ubicati a monte e a valle delle scansioni radar considerate. Come si evince dalla sezione geologica di Fig. 6, procedendo da SSE a NNW si ha un incremento dello spessore della formazione calcarenitica calabriana che da circa 10 m (sondaggio I) passa a 14 m (sondaggio II), con conseguente approfondimento del tetto della formazione calcarea. Inoltre, la formazione calabriana è caratterizzata da un graduale passaggio da litotipi più

cementati e compatti a terreni meno coerenti e compatti, rappresentati da sabbioni calcarei fossiliferi affioranti nel settore settentrionale.

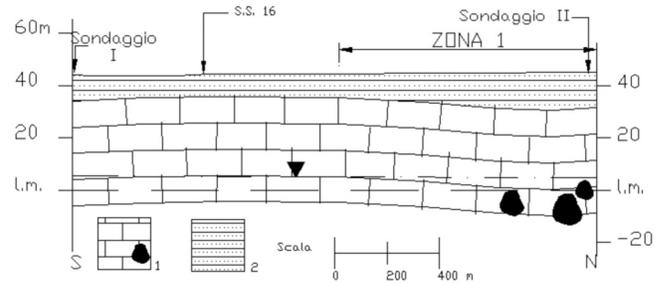


Figura 6. Sezione geologica in loc. Computista (area di indagine n.1): 1) calcari fratturati e carsificati con sacche di "Terra Rossa"; 2) Calcareniti  
*Geological cross-sections near Computista resort (investigated area number 1): fractured and karst limestones with pocket filled by "Terra Rossa"*

Nella Fig. 7a, relativa ad una prima scansione georadar effettuata nell'area e prossima al sondaggio I, è evidenziata la discontinuità, individuata per quasi l'intera lunghezza della scansione radar, a profondità variabile tra un minimo di 2,0 ed un massimo di 8,5 m che individuerrebbe una geometria ondulata tipica del substrato calcareo murgiano, che è strutturato a blande anticlinali e sinclinali che si alternano, almeno quando non è interessato da faglie distensive. Ovviamente gli spessori calcarenitici maggiori si rinvennero in corrispondenza delle depressioni sinclinali. In Fig. 7b e 7c è riportato il tratto terminale di una seconda scansione, vicina al sondaggio II, in cui è visibile chiaramente una discontinuità a profondità compresa tra 9 e 15-17 m di profondità. All'interno della zona compresa tra il p.c. e le discontinuità individuate non si hanno evidenze di altre discontinuità che potrebbero indicare passaggi laterali di facies della formazione calcarenitica calabriana.

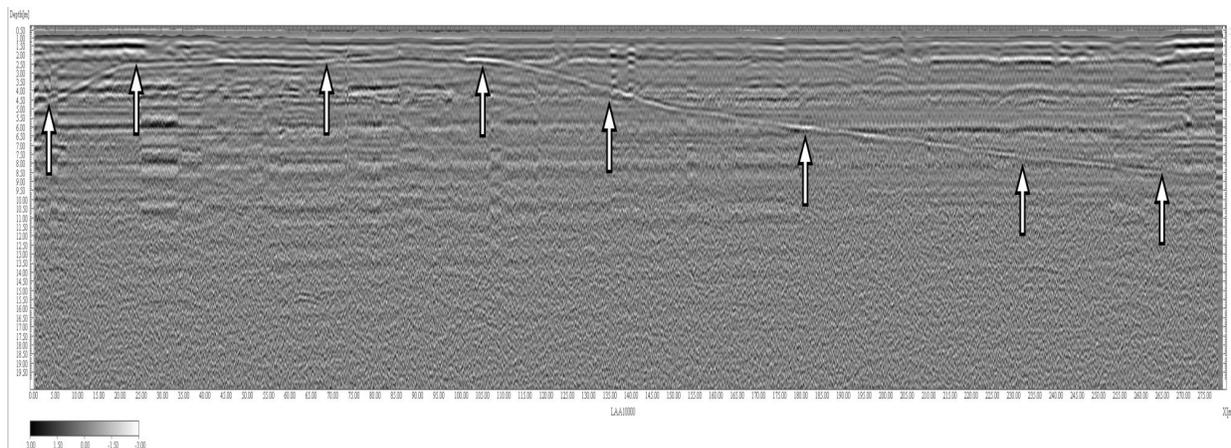


Figura 7a. Scansione georadar dell'area 1 nei pressi del sondaggio I  
*Georadar scanning of area 1 near borehole I*

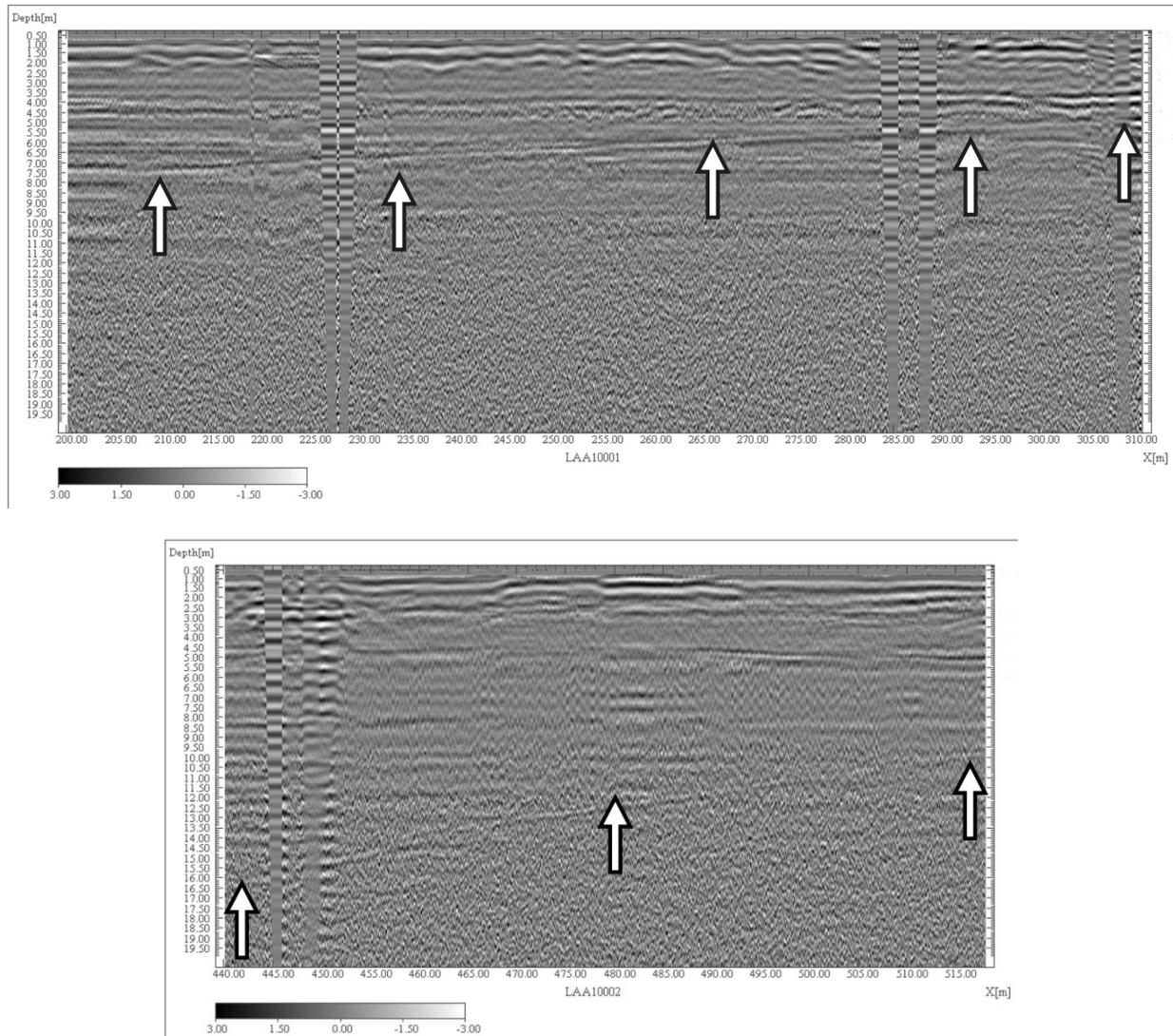


Figura 7b e 7c. Scansione georadar dell'area 1: b) tratto intermedio; c) tratto finale in prossimità del sondaggio II  
*Georadar scanning of area 1: b) middle part; c) final part near borehole II*

#### 4.3 Area 4

Il sito, ubicato presso la Mass. Uggio, a pochi chilometri dall'abitato di Tutturano e a S di Brindisi, è caratterizzato dall'affioramento dei cosiddetti depositi marini terrazzati, quivi rappresentati da sabbie calcaree e argille sabbiose con intercalazioni di banchi arenacei e calcarenitici. In particolare, nei sondaggi III e IV (Fig. 3b) di cui si riportano le stratigrafie (Fig. 8) sono state rinvenute calcareniti con spessore variabile tra 5,7 m e 7,9 m con al tetto sabbie e al letto sabbie e argille sabbiose. Sulla base delle stratigrafie è stata ricostruita la sezione geologica di Fig. 9, nella quale si evidenzia la presenza nel settore nordorientale di un banco calcarenitico che tende ad assottigliarsi procedendo da NNE verso SSW, fino a scomparire del tutto e ad essere sostituito da sabbie calcaree argillose.

L'esame delle due scansioni radar effettuate nella zona

ha evidenziato chiaramente la presenza di due discontinuità collocate a profondità diverse. Nella prima scansione (Fig. 10a), la cui direzione di avanzamento è NE-SW, tra le ascisse  $x=60$  e  $x=140$  si osserva una netta superficie di discontinuità a profondità variabile da 11 m a 4 m, che ad un certo punto si congiunge con un'altra discontinuità, attestata tra 2,5 e 4 m di profondità, definendo la parte terminale di un corpo lentiforme. La profondità di tali discontinuità e lo spessore di sottosuolo compreso fra di esse, farebbe associare il corpo geometrico evidenziato al banco calcarenitico che quasi in corrispondenza del punto di intersezione delle due scansioni potrebbe assumere la potenza maggiore, così come si evince dai dati stratigrafici.

Nella seconda scansione (Fig. 10b), orientata SE-NW, le due diverse discontinuità risulterebbero ancora più evidenti. In particolare, nel tratto di ascissa compreso tra  $x=280$  e

x=340 si osserva una discontinuità superiore a profondità variabile tra 3 e 5 m ed una discontinuità inferiore compresa tra 5 e 10 m di profondità; questa seconda discontinuità, individuata da una curva concava verso l'alto, potrebbe definire, da un punto di vista geometrico, il letto della lente calcarenitica nella direzione circa trasversale a quella della precedente scansione.

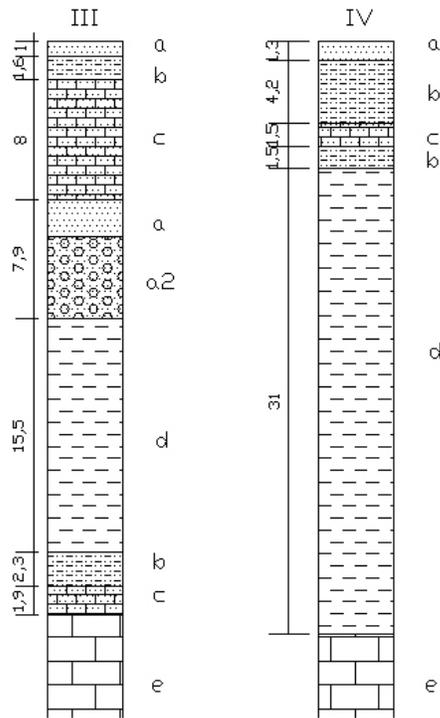


Figura 8. Stratigrafie dei sondaggi III e IV (area d'indagine n.4): a) sabbia calcarea a2) con bioclasti; b) argilla sabbiose; c) calcarenite; d) argilla marnosa; e) calcare fratturato  
Stratigraphies of boreholes III and IV (investigated area n. 4): a) calcareous sand with a2) organogenous fragments; b) sandy clay;

c) calcarenites; d) marly clay; e) fractured limestone

## 5. Conclusioni e prospettive

Le indagini effettuate hanno fornito dei riscontri positivi, affermando la bontà della tecnica adoperata e consentendo di aggiungere nuove informazioni sulla geometria dei principali contatti stratigrafici tra calcare e calcarenite e delle intercalazioni calcarenitiche dei depositi medio-supra pleistocenici.

Ai fini della miglior comprensione del comportamento delle onde radar in antenne non schermate, quali quelle adoperate, è risultata altresì interessante la verifica circa la tipologia dei disturbi esterni e la loro materializzazione nelle sezioni georadar, essendo possibile il controllo e la conoscenza di tutte le relative fonti di interferenza.

Tra gli sviluppi prevedibili per la presente ricerca vi è senz'altro il raffronto con ulteriori dati diretti, con la conseguente possibilità di impostare, tramite il software di elaborazione, la velocità di propagazione delle onde secondo un valore noto in luogo del valore medio standard (10 cm/ns) qui utilizzato; tale operazione porterebbe al ridimensionamento (espansione o contrazione) delle sezioni radar nel senso della profondità (asse delle ordinate), con una nuova ridefinizione delle profondità di tutte le anomalie riscontrate secondo valori più vicini a quelli reali.

La presente ricerca è stata svolta con il supporto dei seguenti progetti:

“Cluster 1 b Ambiente Terrestre, prog. 10”

PRIN-MIUR, “Global climatic change and dissolution rate of carbonate rocks: impact on quality and management strategy of the karst groundwater resources in central Italy”, anni 2003-2005.

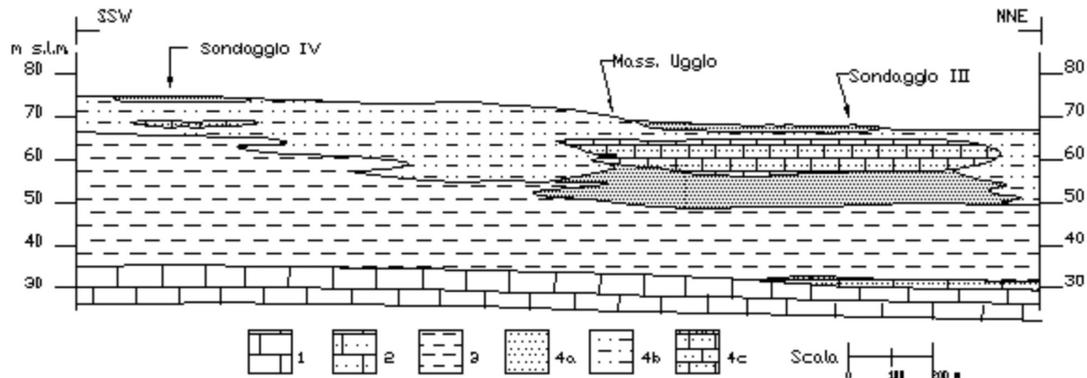


Figura 9. Sezione geologica presso Masseria Uggio, Tuterano (area d'indagine n. 4): 1) Calcari (Cretaceo); 2) Calcareniti (Calabriano); 3) Argille marnose (Calabriano); 4a) Sabbie calcaree (Pleistocene medio-sup.); 4b) Argille sabbiose (Pleistocene medio-sup.); 4c) Calcareniti e arenarie (Pleistocene medio-sup.)

Geological cross-sections near Uggio Farm, Tuterano (investigated area n. 4): 1) Limestones (Cretaceous); 2) Calcarenites (Calabrian); 3) Marly clays (Calabrian); 4a) Calcareous sands (Middle-Upper Pleistocene); 4b) Sandy clays (Middle-Upper Pleistocene); 4c) Calcarenites and sandstones (Middle-Upper Pleistocene)

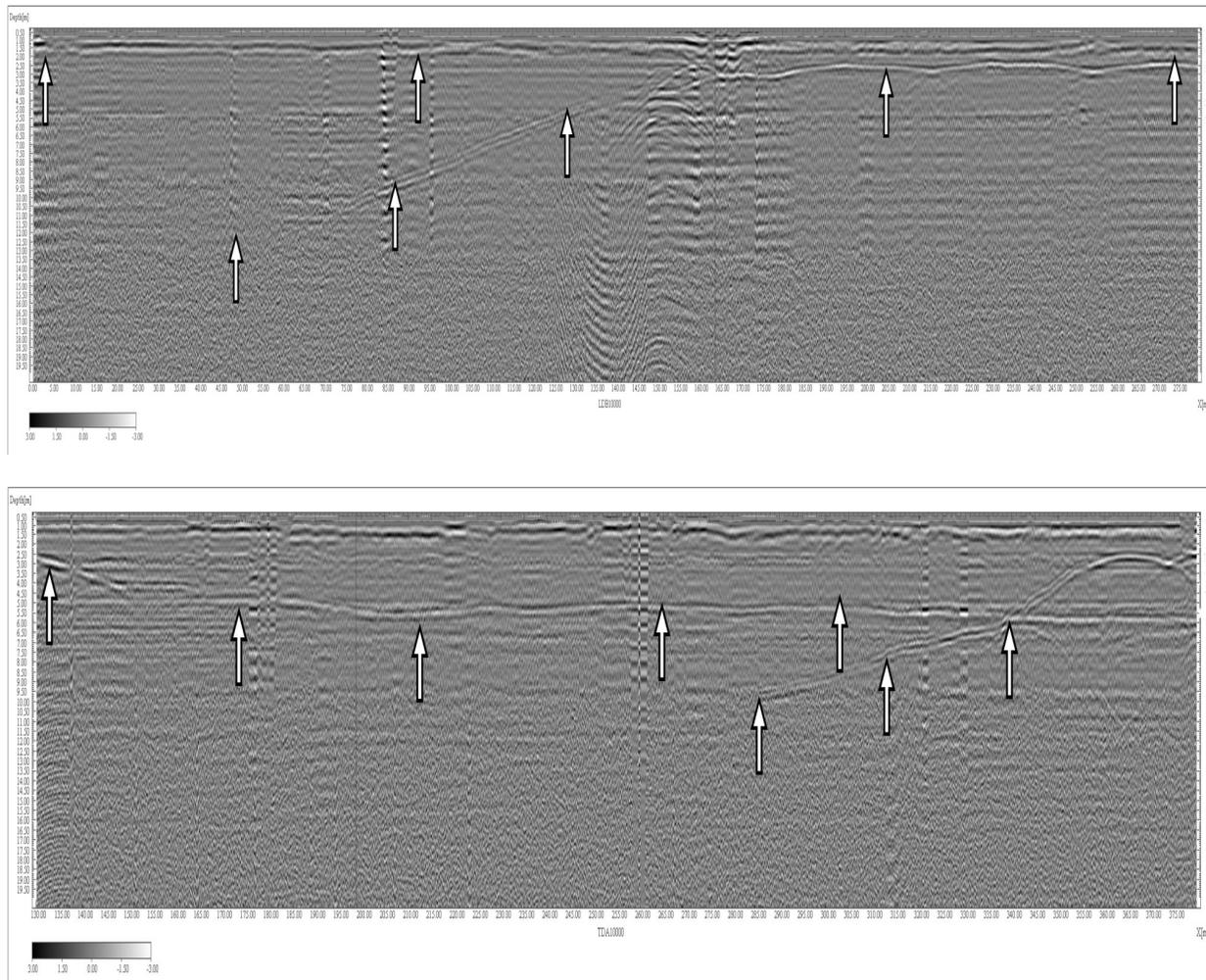


Figura 10. Scansioni georadar presso Masseria Uggio: a) direzione di avanzamento NE-SW; b) direzione di avanzamento SE-NW  
*Georadar scanning near Uggio Farm: a) NE-SW direction; b) SE-NW direction*

## Bibliografia

- Ciaranfi N., F. Ghisetti F., Guida M., Iaccarino G., Lambiase S., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Torre M., Tortorici L., Vezzani L., 1983. Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale. C.N.R., Prog. Finaliz. Geodin., Pubbl. 515, pp. 62.
- Ciaranfi N., Pieri P., Ricchetti G., 1992. Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale). *Memorie Società Geologica Italiana*, 41, 449-460.
- Daniels D.J., 1996. *Subsurface-penetrating radar*. The Institution of Electrical Engineers.
- Grassi D., Tadolini T., 1985. Hydrogeology of the mesozoic carbonate platform of Apulia (South Italy) and the reasons for its different aspects. *International Symposium on karst water resources*, 293-306.
- Lopez N., Sciannamblo D., Spizzico M., Tinelli R., 2005. Characterising the post-Cretaceous aquifer in the Brindisi Plain (South Italy) in order to recover and protect underground bodies of water. *Proceedings of 3rd Symposium "Quality and management of water resources"* Italian-Russian Institute of Education and Ecological Researches.
- Ranalli D., Scozzafava M., Tallini M., 2001. L'uso della tecnica GPR in aree urbane a rischio di crollo: il caso di S. Benedetto in Perillis (L'Aquila). Poster al Convegno Geoitalia 2001, 3° Forum italiano di scienze della Terra, Chieti.
- Ranalli D., Scozzafava M., Tallini M., 2004. Ground Penetrating Radar investigations for restoration of historic buildings: the case study of Collemaggio Basilica (L'Aquila, Italy). *Journal of cultural heritage*, 91-99.
- Sciannamblo D., Spizzico M., Tadolini T., Tinelli R., 1992. Lineamenti idrogeologici della zona umida di Torre Guaceto (Br). *Geologica Romana* 30, 754-760.
- Spizzico M., Sciannamblo D., 2003. On  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{222}\text{Rn}$  concentrations in the brackish water of coastal aquifers: lab-investigations and confirmation in the carbonate aquifer of Brindisi (Italy). 1st ICGGE, Bled.
- Tadolini T., Spizzico M., Sciannamblo D., 1994. Time course of radon concentration in the coastal belt North-East of S. Vito dei Normanni (Brindisi, ITALY). 13° Salt-Water Intrusion Meeting, Cagliari (ITALY), 155-162.
- Tallini M., Ranalli D., Scozzafava M., Manacorda G., 2004. Testing a new low-frequency GPR antenna on karst environments of central Italy. Poster nella X Conferenza Internazionale sul Ground Penetrating Radar, Delft, Olanda.
- Tallini M., Giamberardino A., Ranalli D., Scozzafava M., 2004. GPR survey for investigation in building foundations. Poster nella X Conferenza Internazionale sul Ground Penetrating Radar, Delft, Olanda.