

JO DE WAELE, MARIA TERESA MELIS

Dipartimento di Scienze della Terra, Via Trentino 51 - 09127 CAGLIARI

NUOVI DATI SULL'IDROGEOLOGIA DEL SUPRAMONTE DI BAUNEI OTTENUTI MEDIANTE LA RICERCA SPELEOLOGICA E L'ANALISI DI IMMAGINI TELERILEVATE

SUMMARY

In the past few years speleological research in Supramonte di Baunei has allowed to discover a subterranean drainage pattern that mostly confirms the hydrogeological hypothesis formulated until now. The fact that the major submarine karst springs of the Gulf have been located (Cala Luna resurgence, Bel Torrente cave, Mudaloro resurgence) and the difficulty in quantifying their flow rate have pushed the Authors to analyse satellite images aiming to verify the possibility to locate the fresh water exits in the sea with a certain precision and also to formulate a methodology for estimating their flow rate.

The digital image processing was first of all performed on a series of 7 Landsat TM5 and ETM+ images to enhance thermal anomalies in the spectral band 6. This conventional analysis is strongly affected by spatial resolution and the temperature of the uppermost water layer is very much influenced by the climatic conditions. In this analysis the fresh water outlets cannot be clearly defined using only the thermal band.

The transparency analysis instead, seems to give better results at least for the location of the fresh water outlets. In fact, around these outlets the transparency of the water diminishes because of suspended particles and the mixing of salt and fresh water.

To be able to analyse all these anomalies an interpretation model that takes into account the climatic and physical conditions of the water should be made.

RIASSUNTO

Vengono descritte le ultime scoperte speleologiche effettuate nel 2001 nella zona di alimentazione dell'acquifero carbonatico del Supramonte di Baunei (Sardegna) che hanno ampliato in modo sensibile le conoscenze idrogeologiche di questo importante massiccio carsico, confermando generalmente le ipotesi formulate finora.

L'analisi dei tratti costieri del Golfo di Orosei in immagini Landsat TM 5 e ETM+ di diverse date di acquisizione ha inoltre permesso di effettuare alcune osservazioni sulle più importanti risorgenti carsiche. I risultati di questo lavoro rappresentano una proposta metodologica che si ritiene di poter sviluppare anche per valutazioni idrogeologiche di tipo semi-quantitativo.

INTRODUZIONE

Il Supramonte di Baunei, insieme a quello di Dorgali e l'Altopiano di Urzulei, fa parte della più importante area carsica della Sardegna, il Golfo di Orosei, che si estende da Cala Gonone a N fino a Santa Maria Navarrese a S per una lunghezza costiera di circa 37 km. Questo massiccio carsico rappresenta uno degli acquiferi più consistenti di tutta la Sardegna, con

San Pietro e nella zona di Biddunie, sopra il Mesozoico si rinvencono dei depositi conglomeratici appartenenti ad antiche conoidi detritico-torrentizie ai quali seguono dei basalti pleistocenici olivini (SIMBOLI, 1963). Nell'intera regione sono molto diffusi i depositi di pendio, molto potenti e legati alle rocce calcareo-dolomitiche, originati sotto differenti condizioni climatiche ed evolutive (ORRÙ e ULZEGA, 1987).

Il Supramonte di Baunei, un fluvio-carso dove le forme carsiche epigee sono nettamente subordinate ai lineamenti idrografici superficiali, è caratterizzato da un paesaggio aspro, modellato dalla tettonica, da fenomeni gravitativi e da un intenso carsismo. Attualmente la giacitura delle bancate calcaree nel Golfo di Orosei disegna un arco monoclinale, la cui immersione degli strati, mediamente di 20 e 30 gradi, è sempre convergente verso il centro del golfo. Questa muraglia carbonatica è percorsa da numerose faglie fra le quali la direzione N-S è la preponderante, mentre subordinate appaiono quelle NE-SW e NW-SE. Si tratta in genere di faglie dirette, verticali, spesso vicarianti fra loro. I maggiori rigetti si possono misurare nelle faglie dirette N-S, nelle quali il labbro orientale costituisce in genere il blocco rialzato. L'immersione degli strati disposti a franapoggio verso il mare è quindi compensata da questa struttura tettonica a gradinata.

Doline sono localizzate sui grossi ripiani rocciosi, particolarmente interessati da reticoli di fratture ortogonali (ad es. Piano di Orgovò-Ludalbu, Punta s'Abbadorgiu) e nelle testate delle principali codule (Piano del Golgo). Le doline, generalmente di dissoluzione carsica, si sono sviluppate, inoltre, là dove la potenza della copertura carbonatica è ormai ridotta a pochi m sul substrato granitico; in questi casi il fondo della dolina è scavato direttamente sul granito o nelle lenti conglomeratiche interposte con le dolomie, che ne costituiscono il contorno. Gli esempi più imponenti sono le doline di Tesulali (nel Marghine) e quella in cui si trova l'inghiottitoio di Su Clovu, con un'estensione di circa 1.5 km², di chiara origine fluviale. A valle di questa conca è tuttora osservabile una valletta pensile decapitata che un tempo garantiva la via di deflusso delle acque incanalate sugli impluvi superficiali. La depressione carsica di Su Canale, allineata N-S, si potrebbe definire invece "uvala", generatasi dalla fusione di tre conche carsiche, di cui sono ancora attivi gli inghiottitoi (CANTELLI, 1963; DE WAELE e PISANO, 1997).

Tra le altre forme carsiche si segnalano le profonde gole (codule) le *pocket beach* carbonatiche (ARISCI *et al.*, 2000), almeno 16 archi di roccia (BARCA *et al.*, 1995), le grotte, molte delle quali ben concrezionate con eccentriche e calcite cristallizzate (DONINI e MONACO, 1968; DE WAELE e SCEMA, 2000), e numerose meso- e microforme (DE WAELE e PISANO, 1997).

Ma le morfologie più interessanti dal punto di vista scientifico sono senz'altro quelle costiere legate alle oscillazioni del livello del mare durante l'Olocene. Queste hanno lasciato numerosi ed evidenti segni sulle coste del Golfo, con falesie, grotte sommerse e solchi di battente fossili a varie altezze che dimostrano che il settore ha subito un leggero basculamento verso S-E (CAROBENE, 1972; 1978; CAROBENE e PASINI, 1982; ORRÙ e ULZEGA, 1987). La datazione di alcune concrezioni sommerse prelevate ad una profondità di 5 m, nella grotta dell'Organo presso Portu Quau, e a -9m, nella risorgente di Cala Luna, hanno dato età rispettivamente di anni 22.499 ± 670 e 23.050 ± 690 , periodo nel quale il mare doveva essere più in basso di almeno 10 m rispetto all'attuale. Questo periodo è nel mezzo della più recente glaciazione, quando appunto il livello del mare scese di 120 m, e la presenza di questi speleotemi dimostra che il processo carsico è rimasto attivo anche durante il climax Wurmiano (18.000 anni fa). La concrezione più profonda attualmente conosciuta nelle grotte sommerse del Golfo di Orosei si trova a -33m, nella grotta di Utopica (JANTSCHKE, comm. pers.) che scende

fino a -80 m. Durante l'ultimo glaciale alcune grotte sono state riempite completamente con sedimenti eolici (ASSORGIA *et al.*, 1968). In alcune di queste grotte, come nella sesta di Cala Luna, il fiume sotterraneo è stato costretto a farsi strada attraverso questi depositi formando canali di volta, tipiche forme di erosione anti-gravitativa (PASINI, 1973).

In generale la maggior parte degli Autori concorda nell'ipotizzare l'inizio della formazione delle grotte nell'Eocene (circa 50 mil. di anni fa), e questo ciclo carsico è continuato sino ad oggi, mentre l'approfondimento dei canyon carsici e le fasi più intense del carsismo sono avvenute con l'inizio della regressione del mare Miocenico-Pliocenico (a partire da 5 mil. di anni fa) (ANTONIOLI e FERRANTI, 1992). Infatti, gli espandimenti basaltici, datati con metodi isotopici K/Ar a 3 mil. di anni, pur essendo stati tagliati dalla *Codula di Fuili* e di *Ilune* riempiono tuttavia condotte carsiche già ben sviluppate (grotta del Bue Marino, voragine del Golgo) (MAHLER, 1979).

IL SISTEMA DI DRENAGGIO SOTTERRANEO CONOSCIUTO

Nella porzione carbonatica a S della *Codula Ilune*, sono note oltre 300 (più dell'80% in agro di Baunei ed il resto in quello di Urzulei) (DE WAELE *et al.*, 1995). Il sistema carsico di gran lungo più studiato è quello della *Codula Ilune*, composto dalle grotte di Su Palu, Monte Longos (o Su Spiria), l'inghiottitoio di Carcaragone, la risorgente sottomarina di Cala Luna e la famosa grotta del Bue Marino. Il Sistema a monte (Su Palu-Monte Longos) raggiunge uno sviluppo complessivo di oltre 40 km, mentre il braccio fossile a valle (Bue Marino) supera i 15 km. Colorazioni e studi idrogeologici hanno dimostrato che queste grotte fanno parte dello stesso sistema idrologico, con un troncone fossile ed uno attivo a valle, rispettivamente la grotta del Bue Marino e la Risorgente di Cala Luna, ed un esteso sistema di gallerie disposto su più livelli a monte. Le acque di questo immenso sistema carsico, tra i più grandi d'Italia, provengono dai numerosi inghiottitoi lungo la valle della *Codula Ilune* e dai punti di assorbimento della Serra Oseli (DE WAELE, 1996).

Poco ad E di quest'ultima cresta calcarea, oltre una valle granitica, si trovano gli inghiottitoi di Lovettecannas, Su Canale, Tesulali, S'Eni Pidargiu e Su Clovu che fanno parte di un sistema carsico, con diverse grotte di sviluppo chilometrico (DE WAELE, 2000). Anche se finora non si sono effettuate delle colorazioni, per le difficoltà logistiche, sembra oramai certo che tutti questi inghiottitoi convogliano acque per via sotterranea alla grande risorgente del Bel Torrente, distante quasi 7 km in linea d'aria, esplorata per 1,5 km dai tedeschi (JANTSCHKE, com. pers.) e topografata soltanto recentemente per poco meno di 600 m (FANCELLO *et al.*, 2000). Ancora più a S si trova il Sistema Risorgente di Mudaloro-Grotta Utopica, esplorato dal 1996 ad oggi dai tedeschi del Hohlenforschungsgruppe Ostalp-Kirchheim (JANTSCHKE, 1996 e com. pers.), che si sviluppa interamente sott'acqua seguendo la valle di Bacu Mudaloro per uno sviluppo totale di più di 3,5 km. Questo importante sistema sembra drenare le acque dell'altopiano del Golgo e della *Codula Sisine* nella sua parte a monte.

Completano le conoscenze speleo-idrologiche le risorgenti sottomarine di Goloritzé, di diverse grotticelle marine (Portu Quau, dell'Acqua dolce, del Fico, ecc.) e le grotte di S'Erriu Mortu e di Olcoé, poste al contatto granito-dolomia a più di 200 m di quota. Tutte queste risorgenti rappresentano dei piccoli sistemi di drenaggio locale.

IL DEFLUSSO SOTTERRANEO IPOTIZZATO

L'idrologia sotterranea del Supramonte di Baunei è strettamente dipendente dalla struttura geologica. Una delle lineazioni tettoniche idrogeologicamente più importanti è la faglia

Onamarra-San Pietro, ad andamento NNW-SSE, che si sviluppa parallelamente alla costa per una lunghezza di oltre 20 km. Un'altra importante faglia, presente proprio nel bordo W del Supramonte di Baunei, è la faglia di Serra Oseli, che mette a contatto il basamento cristallino con i calcari della Formazione di Monte Bardia, raggiungendo un rigetto di circa 200 m. L'intero Supramonte è poi percorso da faglie orientate NW-SE e NE-SW ed oblique rispetto a quelle N-S. Il rigetto di queste faglie è sempre di minore entità e non supera mai i 100 m. Anche gran parte delle cornici e delle pareti strapiombanti che delimitano il Supramonte di Baunei sono di impostazione tettonica; in esse il rigetto, più o meno grande, è evidenziato sia dalla presenza di un'intensa diaclasi della roccia sul labbro superstito, sia dalla presenza di pozzi, doline o voragini il cui sviluppo coincide con la lineazione tettonica.

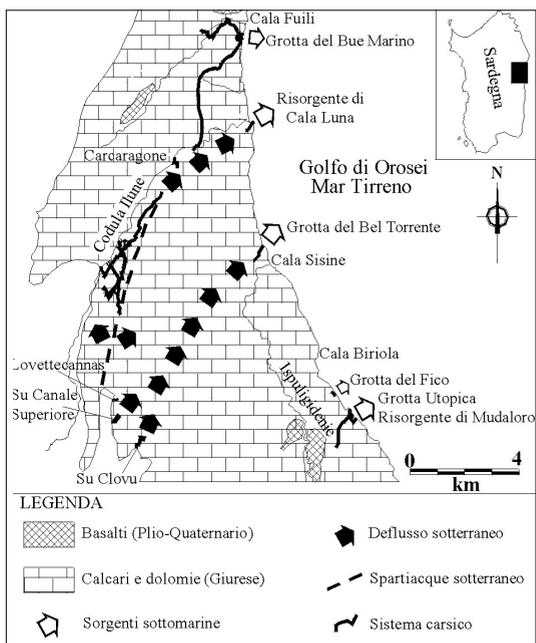


Fig. 2 - Ipotesi idrogeologiche del settore N del Supramonte di Baunei.

Appare assai marcato anche il condizionamento, principalmente legato alla tettonica e subordinatamente alla giacitura degli strati, dei reticoli idrografici. Le principali incisioni vallive, infatti, sono impostate lungo le direzioni N-S e NNW-SSE mentre assumono direzioni trasversali, NE-SW, solamente gli affluenti dei rami principali. Rappresenta un tipico esempio di questa disposizione lo sviluppo della Codula Sisine, che segue per quasi tutto il tracciato la direzione NNW-SSE, mentre i suoi affluenti di sinistra (Bacu S'Orruargiu, Bacu de Monte Longu, ecc.) e lo stesso tratto finale della Codula, seguono la direzione NE-SW. Lungo la costa del Golfo esistono numerose risorgenti per lo più sottomarine, alcune delle quali di notevole portata (COLANTONI, 1967; BIANCO, 1995). Queste si aprono a livello del mare (grotta del Bue Marino, Risorgente di Cala Luna), oppure ad una certa profondità (grotta del Bel Torrente, -4m; Grotta Utopica, -12m, Risorgente di Mudaloro, -5m) oppure ben al di sopra (risorgente di S'Erriu Mortu, 260 m; risorgente di Olcoé, 175 m). Tutte fanno capo a diversi sistemi idrogeologici indipendenti di cui spesso si può soltanto ipotizzare il bacino di assorbimento.

Sulla base di tutti i dati attualmente in possesso e soprattutto grazie alle scoperte speleologiche effettuate negli ultimi anni (FORTI e ROSSI, 1991; FANCELLO, 1994; BIANCO, 1995; DE WAELE *et al.*, 1995; MORLOCK e MAHLER, 1995; DE WAELE, 1997; JANTSCHKE, 1998 e com. pers.; FANCELLO *et al.*, 2000) è possibile delineare un quadro idrogeologico abbastanza definito, che vede 3 grossi sistemi idrogeologici facente capo ad altrettanto importanti risorgenti sottomarine (Sistema della *Codula Ilune* - Inghiottoio di Carcaragone - grotta del Bue Marino - Risorgente di Cala Luna; Sistema degli Inghiottoio di Marghine - Su Canale - Su Clovu - grotta del Bel Torrente; e Sistema degli Inghiottoio dell'Altopiano del Golgo - grotta di Utopica) e diversi bacini più piccoli situati ad E della Faglia di Onamarra-San Pietro facente capo alle piccole risorgenti di grotta del Fico, Goloritzé, grotta dell'Acqua dolce, grotta di S'Erriu Mortu, grotta di Olcoé e diverse altre (Fig.2).

ANALISI DELLE IMMAGINI DA SATELLITE

Le immagini utilizzate in questo studio sono riportate nella tabella di seguito. La scelta di questi dati tra quelli disponibili presso il laboratorio è stata imposta dalla ricerca delle condizioni idrologiche, ma soprattutto dalle condizioni di temperatura del mare e di temperatura delle acque dolci, in modo da ipotizzare la massima differenza e quindi evidenziare le anomalie termiche.

Nome	Path/Row	Data	Nuvolosità
TM5 Sar 84 E	192	13. 04. 84	30-40%
TM5 Sar 90 NE	192/032	20. 08. 90	null
TM5 Sar 95 E	192	21. 10. 95	<5%
TM5 Sar 96 E	192	04. 08. 96	null
TM5 Sar 93 NE -SE	192/032 - 192/033	10.06.93	null
TM5 SAR 98	193/032 - 193/033	23.12.98	5-10%
ETM+ SAR99	192/32	9.11.99	null

Le immagini sono state elaborate partendo dal dato “grezzo” in modo da lasciare inalterati i valori di radianza. Le immagini sono state mascherate in modo vettoriale escludendo dalle elaborazioni successive il settore subaereo; in tal modo l’istogramma dei valori a mare, ai quali in fase di mascheratura è stato associato il valore 0, risulta meglio interpretabile.

È stato quindi applicato uno stretching lineare per estendere il range di diffusione dei toni di grigio ed a questa immagine è stato applicato un filtro di convoluzione di smoothing in modo da evidenziare in modo omogeneo le differenti risposte spettrali.

L’utilizzo delle informazioni radiometriche per l’analisi delle acque costiere è legato a diversi fattori che ne condizionano l’interpretazione e i risultati. Le analisi sono principalmente rivolte verso due caratteri fisico/chimici delle acque: la trasparenza e la temperatura.

I sensori utilizzati in questo studio sono montati sui satelliti della serie Landsat e permettono di ottenere 7 (8 dal 1999) informazioni spettrali che coprono l’intervallo di lunghezze d’onda del visibile, degli infrarossi prossimo, medio e termico. L’utilizzo di tali dati offre la possibilità di analizzare i corpi idrici ed in particolare i dati di radianza nel campo del visibile evidenziano un picco intorno a 0,52 micron, mentre verso l’ultravioletto e verso l’infrarosso l’acqua si comporta come un corpo opaco. Questo valore spettrale è situato tra la banda 1 e la banda 2 del Landsat TM e queste bande possono essere utilizzate in generale per misure sul colore dell’acqua e quindi per analizzare il trasporto e la diffusione dei sedimenti, le variazioni di densità, ma anche per stimare la topografia del fondale che per basse profondità si comporta come assorbitore della radiazione.

Un approccio diverso è quello termografico, che mediante l’evidenziazione di anomalie termiche della superficie dell’acqua permette di risalire alla presenza di punti di immissione e di miscelamento di acque con diversa temperatura.

In questo studio vengono presentati alcuni esempi di elaborazioni che sono stati estratti da una prima analisi multitemporale (multistagionale) svolta su dati da satellite per evidenziare la presenza di sorgenti carsiche subacquee lungo la costa del Golfo di Orosei. Lo studio è distinto in due sezioni: una prima che riguarda l’analisi dei dati radiometrici nel visibile ed una seconda sezione che affronta i primi risultati dello studio su anomalie termiche nel campo dell’informazione radiometrica dell’infrarosso.

Analisi della trasparenza

I dati radiometrici analizzati sono quelli della banda 1 del Landsat TM5 del 1998, la cui elaborazione è riportata nella Fig. 3. L'intervallo spettrale va da 0,45 a 0,52 micron e la risoluzione geometrica è di 28,6 metri. In questa elaborazione non è stata mascherata la costa, in modo da procedere ad una sua interpretazione anche in funzione delle forme costiere che permettono di correlare le anomalie di radianza alle reali condizioni morfologiche e strutturali del complesso carsico. Sono evidenti lungo la costa chiazze di colore grigio chiaro, che rappresentano aree penetrate dalla radiazione, che in questo caso rileva come superficie il fondo del mare. Queste aree coincidono parzialmente con i tratti della costa dove sono presenti le limitate spiagge sabbiose e ciottolose in corrispondenza delle strette valli di impostazione tettonica. Nei punti indicati dalle frecce nella Fig. 3 queste fasce chiare si interrompono in modo brusco, evidenziando la presenza di valori anomali di radianza e di trasparenza che possono essere collegati a punti di miscelazione di acque a densità differente, la cui turbolenza provoca l'assorbimento più forte della radiazione ed una risposta di corpo opaco. Le anomalie rilevate vengono correlate alla presenza delle sorgenti carsiche subacquee da N a S di Cala Luna, Grotta del Bel Torrente, Cala Sisine (dove non si conosce una sorgente carsica importante) e Cala Goloritzé.

Le anomalie termiche

Un precedente studio svolto dagli autori aveva messo in evidenza la possibilità di utilizzo della banda 6 del Landsat TM 5 con 120 metri di risoluzione geometrica e intervallo di lunghezza d'onda da 10,4 a 12,5 micron, per l'evidenziazione di sorgenti d'acqua dolce in ambiente subacqueo lungo la costa del Golfo di Orosei. L'elaborazione prodotta aveva rilevato la presenza di pennacchi di diffusione anomali sulla superficie marina, strettamente correlati con la presenza di sorgenti carsiche subacquee. In particolare era stata rilevata la presenza di una importante uscita d'acqua nella parte centrale del Golfo, presso Cala Sisine, che non era ancora perfettamente conosciuta.

In questo lavoro sono stati presentati i risultati di un'ampia serie di rilevamenti che hanno permesso di conoscere in modo pressoché completo il sistema idrologico dell'area carsica del Golfo di Orosei. Il primo risultato di questo studio, che ha analizzato una serie di dati ripresi in diverse stagioni, è che le risposte spettrali nel termico, dovute all'assorbimento nello strato più superficiale delle acque, sono fortemente legate alle condizioni meteomarine al momento della ripresa e nel caso delle immagini da noi analizzate non si può legare in modo così sicuro la presenza di sorgenti subacquee con i valori di radianza osservati. In particolare, pur esistendo una relazione tra la presenza di sorgenti e le risposte nel termico, che d'altra parte è proba-

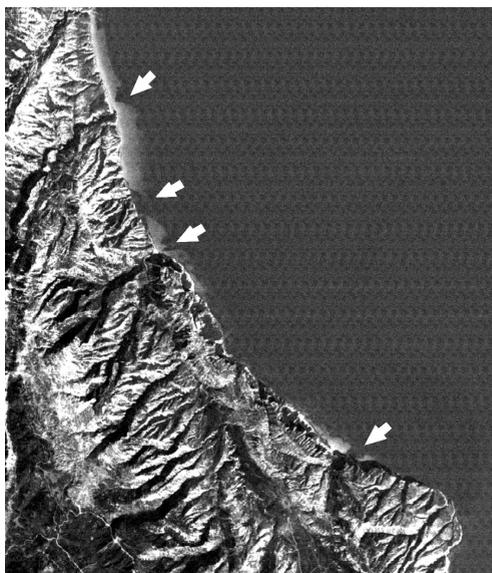


Fig. 3 - Immagine Landsat TM5 del 1988; con le frecce sono indicate aree di anomalia della radianza in funzione della trasparenza, corrispondenti a risorgenti carsiche sottomarine.

bilmente anche ipotizzabile nei dati osservati, è necessaria l'acquisizione dei dati climatici, e fisici delle acque per poter tarare un modello di interpretazione. Le immagini in Figg. 4 e 5 mostrano la distribuzione di anomalie superficiali dovute alle correnti: nella Fig. 4 è ipotizzabile la presenza di un punto di immissione di acque dolci (che peraltro coincide geograficamente con la sorgente denominata Grotta del Bel Torrente poco a N di Cala Sisine), che devia una corrente proveniente da NE.

Un ulteriore fattore di oggettiva limitazione è la risoluzione geometrica, che nel sensore del termico del Landsat 5 è di 120 m e di 60 m nel Landsat ETM+. Nella Fig. 5 è riportata un'immagine con questa più alta definizione che mostra in modo netto l'andamento delle correnti.

CONCLUSIONI

Negli ultimi anni la ricerca speleologica nel Supramonte di Baunei ha permesso di mettere in luce un reticolo idrografico sotterraneo che, in linea di massima, conforta le ipotesi idrogeologiche finora formulate. Dallo studio di 7 immagini satellitari riferite a diverse condizioni meteorologiche e stagionali si sono evidenziate anomalie termiche nella banda 6 del Landsat TM5 e nel visibile in alcune zone costiere corrispondenti ad uscite di acque dolci.

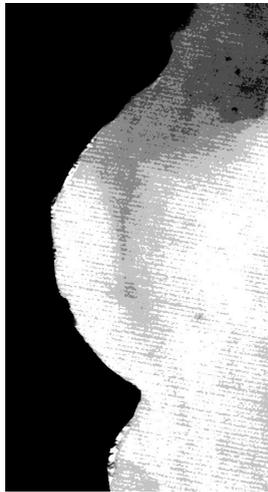


Fig. 5 - Immagine Landsat TM7 del 1999, banda 6. La definizione geometrica di 60 m permette di evidenziare con maggiore dettaglio la presenza di anomalie termiche sulla superficie del mare, strettamente legate alle condizioni meteomarine.



Fig. 4 - Immagine Landsat TM5 del 1984, banda 6 con 120 m di risoluzione geometrica. Si riconosce la presenza di un'anomalia termica che devia la corrente lungo costa in corrispondenza di una grande risorgente carsica sottomarina.

Il primo risultato di questo studio, che ha analizzato una serie di dati ripresi in diverse stagioni, è che le risposte spettrali nel termico, dovute all'assorbimento nello strato più superficiale delle acque, sono fortemente influenzate dalle condizioni meteomarine al momento della ripresa e nel caso delle immagini da noi analizzate non si può legare in modo così sicuro la presenza di sorgenti subacquee con i valori di radianza osservati. In particolare, pur esistendo una relazione tra la presenza di sorgenti e le risposte nel termico, è necessaria l'acquisizione dei dati climatici e fisici delle acque per poter tarare un modello di interpretazione.

Le analisi della trasparenza, invece, sembrano dare risposte più significative almeno per quanto riguarda la localizzazione delle uscite d'acqua dolce. In corrispondenza di queste, infatti, la trasparenza dell'acqua diminuisce a causa della presenza di materiale in sospensione e della miscelazione tra acque dolci e salate.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1992 – Fondamenti del telerilevamento ed applicazioni all'ambiente marino. a cura di L. Alberotanza e M.V. Masserotti. Quaderno n.1 AIT.
- ALESSIO M., ALLEGRI L., ANTONIOLI F., BELLUOMINI G., FERRANTI L., IMPROTA S., MANFRA L., PROPOSITO A., 1992 – Risultati preliminari relativi alla datazione di speleotemi sommersi nelle fasce costiere del Tirreno centrale. *Giornale di Geologia*, 54(2), Bologna: 165-193.
- AMADESI A., CANTELLI C., CARLONI G.C., RABBI E., 1960 – Ricerche geologiche sui terreni sedimentari del Foglio 208 "Dorgali". *Giornale di Geologia*, ser. 2°, 28, 3 figg., 2 tavv: 59-92.
- ANTONIOLI F., FERRANTI L., 1992 – Geomorfologia costiera e subacquea e considerazioni paleoclimatiche sul settore compreso tra S. Maria Navarrese e Punta Goloritzé (Golfo di Orosei, Sardegna). *Giornale di Geologia*, 54(2): 66-89.
- ARISCI A., DE WAELE J., DI GREGORIO F., 2000 – Natural and Scientific Valence of the Gulf of Orosei Coast (Central-East Sardinia) and its Carrying Capacity with Particular Regard to the Pocket-Beaches. *Period. Biol.*, 102, suppl.1: 595-603.
- ASSORGIA A., BENTINI L., BIONDI P.P., 1974 – Caratteristiche strutturali delle Assise carbonatiche mesozoiche del Golfo di Orosei (Il Sopramonte di Orgosolo-Urzulei). *Memorie Società Geologica Italiana*, 13/2: 209-219.
- BARCA S., DI GREGORIO F., MULAS G., 1995 – Natural rock arches of the Orosei Gulf, Sardinia, Italy. *Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Medcoast 95, October 24-27, Tarragona, Spain, E. Ozhan (Editor), Ankara: 217-229.*
- BIANCO L., 1995 – Rapporto tra strutture geologiche ed idrostrutture in ambiente carsico costiero: il settore carbonatico del Supramonte di Baunei (Golfo di Orosei, Sardegna centro-orientale). Tesi di Dottorato in Ingegneria Geologico-Ambientale, VII Ciclo, Politecnico di Torino-Università di Cagliari, Facoltà d'Ingegneria, Dipartimento d'Ingegneria del Territorio.
- BIANCO L., MARINI A., MELIS M.T., VERNIER A., 1993 – Applicazione di metodologie di telerilevamento da satellite per l'individuazione di sorgenti sottomarine in ambiente carsico costiero. *Atti del III Convegno nazionale dei giovani ricercatori in geologia applicata, Potenza 28-30 ottobre 1993.*
- CANTELLI C., 1962 – Campagna speleologica in Sardegna. *Sottoterra*, 3: 30-35.
- CAROBENE L., 1972 – Osservazioni sui solchi di battente attuali ed antichi nel golfo di Orosei in Sardegna. *Boll. Soc. Geol. It.*, 91: 583-601.
- CAROBENE L., 1978 – Valutazione di movimenti recenti mediante ricerche su falesie e grotte marine nel Golfo di Orosei. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19: 641-649.
- CAROBENE L., PASINI G.C., 1982 – Contributo alla conoscenza del Pleistocene superiore e dell'Olocene del Golfo di Orosei (Sardegna orientale). *Boll. Soc. Adr. Sci. Trieste*, 64: 5-35.
- COLANTONI P., 1967 – Morfologia e sorgenti lungo la costa del golfo di Orosei e fondali antistanti. *Le Grotte d'Italia*, 4(1): 91-108.
- DE WAELE J., 1997 – Complesso sotterraneo di Codula Ilune. *International Caver, Aven International Publications England*, 20, Derbyshire: 3-10.
- DE WAELE J., 2000 – Nuove esplorazioni a Su Canale. *Anthèo Bollettino del Gruppo Speleo-Archeologico "Giovanni Spano" Cagliari*, 4: 52 pp.
- DE WAELE J., GRAFITTI G., LOCCI C., PISANO M., SPIGA R., 1995 – Attuali conoscenze

- speleologiche nel Supramonte di Baunei. Monografia n. 4 di Anthéo, Boll. del G.S.A.G.S., Cagliari.
- DE WAELE J., PISANO M., 1997 – Osservazioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche sul Supramonte di Baunei (Sardegna centro-orientale). Rend. Sem. Fac. Sci. Univ. Cagliari, Vol. 67(1), Cagliari: 83-97.
- DE WAELE J., SCEMA L., 2000 – Le grotte di Girove Longu e Coilecciu. Anthéo Bollettino del Gruppo Speleo-Archeologico “Giovanni Spano” Cagliari, 4: 23-29.
- DIENI I., MASSARI F., 1985 – Site E.1: Continental deposits of Bajocian-Bathonian of Genna Selole (Baunei). 19th European Micropaleontological Colloquium - Sardinia October 1-10, AGIP, Cagliari: 192-194.
- DONINI L., MONACO C.A., 1968 – “La grotta del Fico” e le sue concrezioni eccentriche. Speleologia Emiliana 3(1-2): 45-60.
- FANCELLO L., 1994 – Attività speleosub 1993 nel Golfo di Orosei. Sardegna Speleologica n. 5, Riv. della Federaz. Spel. Sarda, Cagliari: 38-40.
- FANCELLO L., FILECCIA A., MAZZOLI M., 2000 – La Grotta del Bel Torrente. Speleologia n. 43, Riv. della Soc. Spel. Ital., Bologna: 67-69.
- FORTI P., ROSSI G., 1991 – Idrogeologia ed evoluzione carsica della Codula di Luna (Sardegna). Atti e Memorie della Commissione “E. Boegan”, Trieste, 30: 53-79.
- JANTSCHKE H., 1998 – Grotte subacquee lungo la costa di Baunei. Sardegna Speleologica 14: 28-38.
- MAHLER A., 1979 – Verkarstung der Karbonatgebiete am Golfo di Orosei (Sardinien). Geologischer Palaeontologischer Mitteilungen Innsbruck, 7 (8-9): 1-49.
- MORLOCK W., MAHLER A., 1995 – La Grotta del Bel Torrente: la più importante risorgenza carsica del complesso calcareo del Golfo di Orosei. Sardegna Speleologica, 8: 35-36.
- ORRÙ P., ULZEGA A., 1987 – Rilevamento geomorfologico costiero e sottomarino applicato alla definizione delle risorse ambientali (Golfo di Orosei, Sardegna orientale). Memorie della Società Geologica Italiana, 37: 471-479.
- SIMBOLI G., 1963 – I basalti di S. Pietro (Baunei), F° 208 “Dorgali” (Sardegna). Miner. Petrogr. Acta., 9: 19-29.
- TONELLI A. M., 1997 – Complementi di telerilevamento. Luni ed., Milano.
- VARDABASSO S., 1959 – Il Mesozoico epicontinentale della Sardegna. Acc. Naz. Lincei s. 8, 27 (5): 178-184.