

Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan"	Vol. 47 (2017)	pp. 77-86	Trieste 2017
--	----------------	-----------	--------------

STEFANO FURLANI*, SARA BIOLCHI*

LE FALESIE COSTIERE TRA SISTIANA E IL VILLAGGIO DEL PESCATORE: CARATTERISTICHE MORFOSTRUTTURALI E IDROGEOLOGICHE

RIASSUNTO

La costa nordorientale del Golfo di Trieste (GOT) è costituita da rocce carbonatiche che sovrascorrono la successione torbiditica del Flysch. L'assetto costiero è fortemente condizionato dalle caratteristiche strutturali del Golfo. In questo lavoro viene illustrato il paesaggio costiero del settore nordorientale del Golfo di Trieste, estremo limite settentrionale delle coste a carattere dalmatico. L'area è dominata principalmente da alte falesie carbonatiche a picco sul mare (plunging cliffs), la cui profondità al piede varia da pochi centimetri a meno di dieci metri. Per contro, il settore più settentrionale è dominato dalle risorgenze del Fiume Timavo, il cui apporto sedimentario ha formato una modesta piana costiera. Le perdite idriche del corso sotterraneo del Timavo lungo la costa in esame danno luogo a numerose sorgenti sottomarine, la cui osservazione è particolarmente efficace in condizioni di magra, grazie alle differenze più marcate tra le acque dolci e quelle salate. La presenza di forme intertidali sommerse, come solchi e terrazzi sommersi, testimonia una tettonica subsidente nel tardo Olocene.

SUMMARY

The plunging cliffs between Sistiana and Villaggio del Pescatore: morphostructural and hydrogeological features

The NW coast of the Gulf of Trieste (GOT) is cut in carbonate rocks which overthrust the Eocene turbiditic succession. The coastal setting is strongly influenced by the structural setting of the GOT. In this paper, the coastal landscape of the NW sector of the GOT, which represents the northernmost boundary of the dalmatic coasts, is discussed. The study area is dominated by high limestone plunging cliffs, with a depth at the toe ranging from 1 m to 7 m b.s.l. at Duino. The northernwesternmost part is dominated by the Timavo springs. Along the coast, the submarine springs can be easily located during dry periods thanks to the significant in temperature and electrical conductivity between fresh- and salt-water. The occurrence of submerged forms related to the tides, such as marine notches and marine terraces testifies the late Holocene tectonic subsidence of the area.

INTRODUZIONE

Il Mediterraneo è limitato da oltre 23.000 km di coste rocciose (FURLANI et al., 2014a), buona parte delle quali sono rocce carbonatiche (ANTONIOLI et al., 2015). Dal punto di vista

* Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università degli Studi di Trieste.



Fig. 1 - Inquadramento della parte settentrionale del Golfo di Trieste.

paesaggistico, il Golfo di Trieste rappresenta la terminazione settentrionale delle coste di sommersione di tipo dalmatico, caratterizzate dalla presenza di rilievi paralleli in mezzo ai quali si è insinuato il mare. Tali strutture morfologiche interessano gran parte dell'Adriatico orientale, dal Montenegro a Trieste (FURLANI et al., 2014a). Si tratta di litorali caratterizzati in massima parte da coste a picco sul mare (*plunging cliffs*), con altezze che possono superare i duecento metri, e profondità al piede che possono sfiorare i cento metri nelle isole Incoronate, in Croazia. Nel GOT le profondità al piede delle falesie sono molto più modeste, fino ad un massimo di qualche metro. In alcuni tratti lungo la costa affiora anche il Flysch, il quale da luogo a piattaforme costiere che si estendono progressivamente sott'acqua, a causa della tettonica subsidente (FURLANI, 2003). Le poche spiagge presenti sono costituite da depositi ghiaiosi o ciottolosi che ricoprono la piattaforma, o piccole insenature incastonate tra promontori carbonatici (*pocket beaches*).

Altra caratteristica peculiare delle coste dell'Adriatico orientale, dalla Dalmazia a Duino, sono le sorgenti costiere (*submerged springs*), le quali drenano in mare grandi quantità d'acqua attraverso circuiti sotterranei, ancora in gran parte sconosciuti. Recentemente sono state

descritte le sorgenti sommerse della baia di Buccari da BENAC et al. (2003). Lungo la costa nordoccidentale del GOT, oltre al Timavo, numerose sono le venute d'acqua lungo la costa, come ad esempio quelle descritte da ACCERBONI e MOSETTI (1967), CUCCHI e FORTI (1986) e FURLANI et al. (2014b).

In questo lavoro verranno definite le caratteristiche geomorfologico/strutturali ed idrologiche della costa tra Sistiana e le foci del Timavo, a partire dalle osservazioni raccolte in diverse campagne di rilevamento a nuoto e lungo la costa negli ultimi anni, in particolare nell'ambito del progetto Geoswim.

MATERIALI E METODI

La descrizione delle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche del settore nordorientale del Golfo di Trieste si basa sui metodi di rilevamento proposti da FURLANI et al. (2014b, 2017). I risultati di questo lavoro provengono infatti, in gran parte, dal progetto Geoswim, che ha lo scopo di rilevare estesi tratti di coste rocciose mediante snorkeling, ovvero con maschera e pinne, raccogliendo dati geomorfologici della zona intertidale e dati idrogeologici, legati alla presenza di sorgenti costiere (Fig. 2A, B). A tal scopo, è stato attrezzato un barchino, che può essere spinto o trainato, progettato per posizionare la strumentazione necessaria al rilevamento. Il barchino, lungo all'incirca 1,20 m, ospita macchine fotografiche e telecamere alloggiare

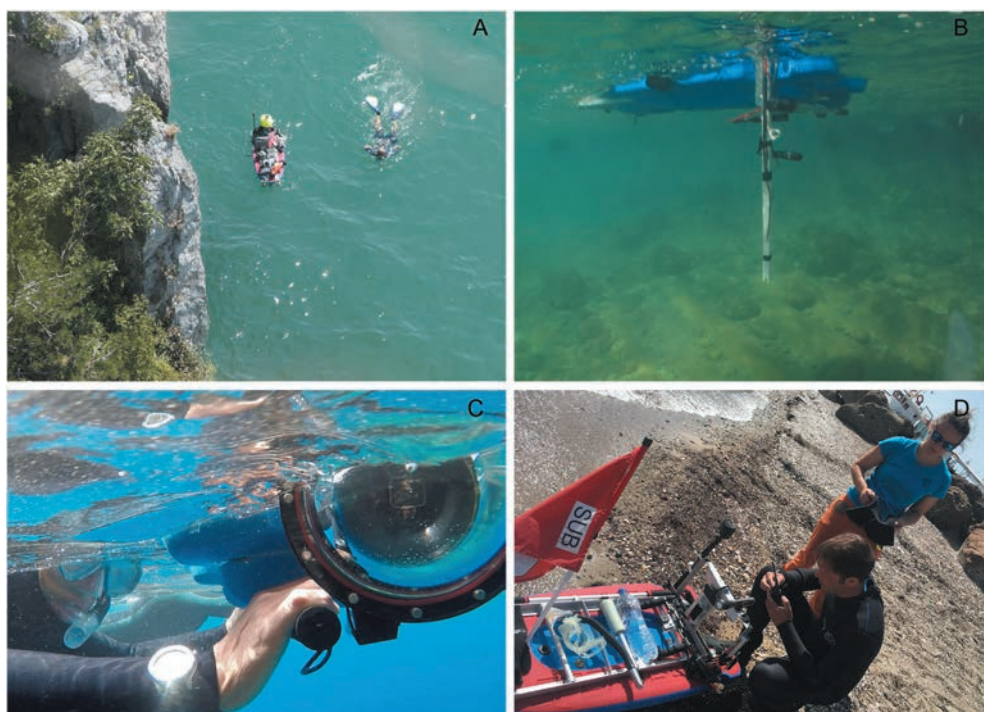


Fig. 2 - La strumentazione utilizzata durante i rilievi tra Sistiana e Duino. Il barchino utilizzato nei rilievi a nuoto. (A) Veduta dall'alto del barchino in navigazione; (B) l'asta posizionata a lato del barchino con le sonde CTD ed i termometri; (C) il dome laterale utilizzato per i rilievi fotografici; (D) approntamento del barchino.

in un oblò frontale ed in uno laterale, situati in corrispondenza del livello del mare, in modo da fotografare sopra e sotto (Fig. 2C) in time-lapse, ovvero ad intervalli di tempo prefissati di 1 s. Sul barchino è stata installata anche una sonda multiparametrica CTD-diver della Eijkelkamp, per misurare temperatura (T) e conducibilità dell'acqua (EC) (Fig. 2B). La precisione indicata dal produttore è di ± 0.1 °C (T) e $\pm 1\%$ (EC). I dati idrologici sono stati raccolti con lo scopo di identificare e localizzare le sorgenti costiere lungo la costa, grazie ad abbassamenti repentini nei valori di temperatura e conducibilità. Procedendo ad una velocità di 2-3 km/h, lo strumento può essere interessato da una forte inerzia termica che rallenta l'equilibratura termica del CTD Diver. Anche la determinazione del valore reale di EC può essere condizionato da un sottile film di acqua marina che può fornire valori leggermente sfalsati anche in corrispondenza delle sorgenti. La sonda CTD è stata poi sincronizzata con i dati GPS in modo da ottenere la posizione corretta delle anomalie. Il rilievo è condotto nuotando mediamente ad una distanza di 1 m dalla riva (Fig. 2D).

Al fine di caratterizzare i segmenti di costa rilevati, è stata utilizzata una classificazione che prevede la suddivisione in morfotipi costieri, a seconda delle caratteristiche topografiche, strutturali e geomorfologiche (FURLANI & alii, 2014a; BIOLCHI & alii, 2016b): *plunging cliffs* (falesie immergenti), ovvero falesie verticali o sub-verticali immergenti senza piattaforma costiera al piede, con pendenza media $>45^\circ$; *sloping coasts* (coste digradanti), ovvero scarpate con pendenze comprese tra 5° e 45° ; *cliffs with shore platforms* (sistema falesia - piattaforma costiera), ovvero falesie costiere con al piede superfici sub-orizzontali ($0-5^\circ$) legate all'azione di processi marini ed all'arretramento della falesia stessa; *pocket beaches*, ovvero piccole spiagge di sabbia, ghiaia o ciottoli racchiuse tra promontori.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DELLA COSTA SETTENTRIONALE DEL GOLFO DI TRIESTE

I morfotipi costieri

I morfotipi costieri del litorale tra Sistiana e il Villaggio del Pescatore sono fortemente condizionati dall'assetto tettonico-strutturale e dalla litologia affiorante (Fig. 3A).

Da un punto di vista geologico, la costa oggetto di studio rappresenta il limite occidentale del Carso Classico, costituito dai sedimenti della Piattaforma Carbonatica Dinarica Adriatica (VLAHOVIĆ et al., 2002, 2005), in cui affiorano calcari da mediamente a sottilmente stratificati di età compresa tra il Cretacico superiore e l'Eocene medio. Da un punto di vista strutturale, l'area è fortemente condizionata dalla cosiddetta Linea di Palmanova, un sovrascorrimento che porta i calcari cretacico/paleogenici sopra la formazione del Flysch di Trieste, più giovane, di età Eocenica (JURKOVŠEK et al., 2016). Il contatto tra le due formazioni mostra una progressiva diminuzione delle quote in direzione nordovest legata ad un fenomeno di tilting tettonico orientato sudest-nordovest (FURLANI et al., 2011a; CARULLI, 2011; BIOLCHI et al., 2016a), tuttora attivo (BRAITENBERG et al., 2005). FURLANI et al. (2011b) hanno dimostrato che la maggior parte delle micro- e meso-forme di carsismo costiero nell'area sono legate ai fenomeni di subsidenza tettonica ed al summenzionato tilting. Per questo motivo, nel settore costiero che va da Muggia fino alla Costa dei Barbari affiora il Flysch, mentre verso nordovest affiorano i calcari.

La baia di Sistiana è interessata da una serie di complicazioni tettoniche, in gran parte nascoste dai manufatti turistici e portuali.

Tra Sistiana e Duino, la costa è dominata da alte pareti a picco (*plunging cliffs*) (Fig. 3B), fino a 70 m, che raggiungono profondità di circa 7 m sotto il castello di Duino. Questo morfotipo si estende con continuità fino al Castello di Duino, per poi alternarsi con tratti a minore pendenza tra lo Scoglio di Dante e il porticciolo di Duino.

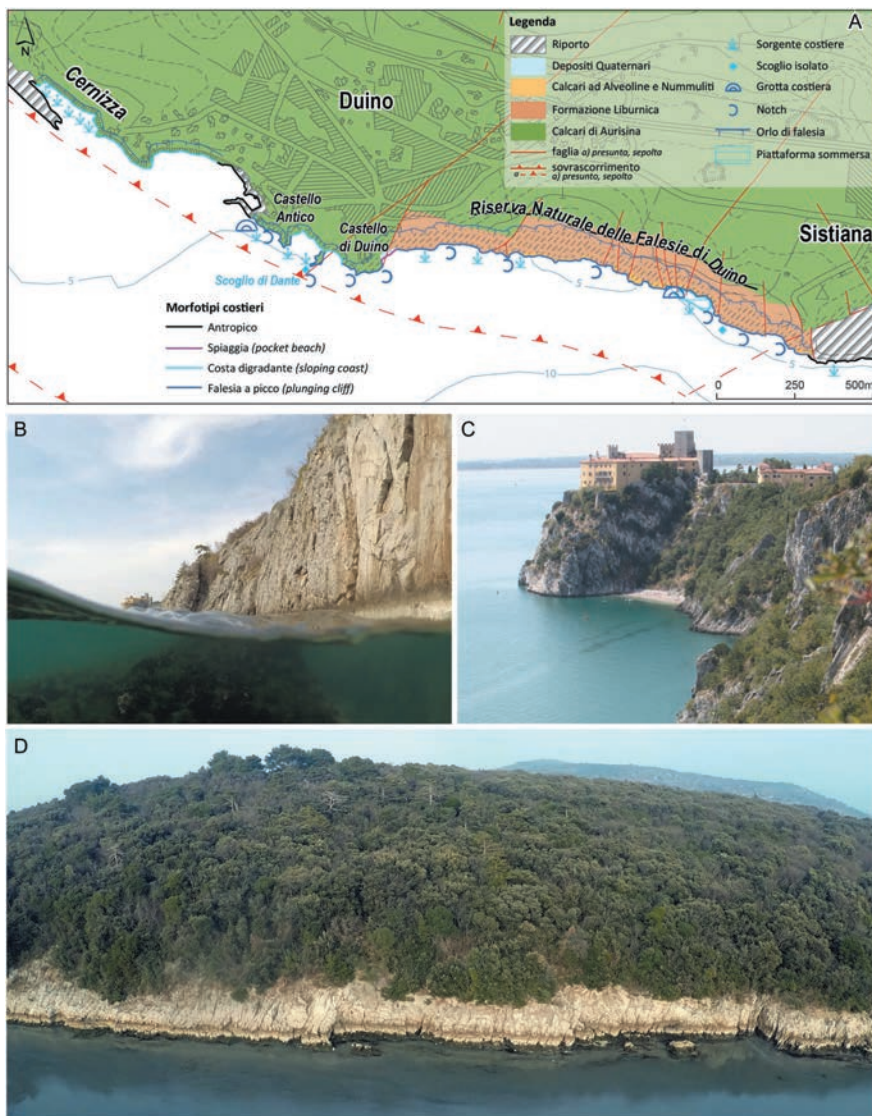


Fig. 3 - A) Carta geomorfologica del tratto di costa studiato, tra la Baia di Sistiana e il Villaggio del Pescatore (ri-disegnata da FURLANI ET AL., 2009, CUCCHI ET AL., 2013); B) plunging cliffs sotto il sentiero Rilke; C) piccola pocket beach di origine antropica sotto il castello di Duino; D) costa digradante (sloping coast) al Villaggio del Pescatore, presso la costa della Cernizza.

Queste pareti alternano strati calcarei da decimetrici a centimetrici appartenenti alle tre unità litostratigrafiche più recenti della piattaforma carbonatica dinarico-adriatica, i Calcarei di Aurisina del Cretacico superiore (Turoniano superiore-Campaniano), la Formazione Liburnica di fine Cretacico, Paleocene ed Eocene medio (Campaniano superiore-Thanetiano) e i Calcarei ad Alveoline e Nummuliti dell'Eocene medio (Ilerdiano) (CUCCHI et al., 2013, 2015; JURKOVŠEK et al., 2016) (Fig. 3A). La loro posizione rispetto alla linea di costa risponde all'at-

tività di una serie di faglie verticali, a componente per lo più trascorrente, che dissezionano la parete rocciosa in diversi blocchi che scorrono l'uno rispetto all'altro (CARULLI & CUCCHI, 1991). Proprio sotto al castello di Duino, in corrispondenza della *pocket beach* del Principe (Fig. 3C), una grossa faglia interrompe l'assetto a strati verticali per dare inizio ad un tratto di costa dalla morfologia irregolare, pesantemente condizionato dall'azione erosiva del mare che ha sfruttato le zone di debolezza (fratture e faglie) per creare piccole baie e promontori, come lo Scoglio di Dante e il paretone su cui poggia l'antico castello di Duino, ormai parzialmente crollato, e "sculture" rocciose come la Dama Bianca (Fig. 4A). Lungo questo segmento costiero e procedendo verso il porticciolo di Duino fino al Villaggio del Pescatore affiorano, in strati decimetrico-metrici o massivi, i Calcari di Aurisina. Il sovrascorrimento di cui sopra, ovvero la Linea di Palmanova, è ubicato al largo rispetto alla costa, e in questo settore del Golfo all'interno del Flysch (FURLANI et al., 2009, 2011a; BUSETTI et al., 2010; BIOLCHI et al., 2016a).

Ai piedi delle falesie tra Sistiana e Duino, in posizione sommersa, si sviluppa una piattaforma flyschoida, costituita da strati verticali di arenaria a contatto con le pareti verticali di calcare (FURLANI et al., 2009; Fig. 4B). Si tratta di un relitto morfologico di passati livelli marini più bassi di quello attuale. Sono riconoscibili diverse forme legate all'azione marina passata, come i funghi di arenaria (FURLANI et al., 2009, 2011a).

La *pocket beach* che si sviluppa sotto il castello di Duino è di origine antropica, caratterizzata dalla presenza di ghiaie e ciottoli carbonatici, il cui materiale proviene dagli scavi eseguiti per la costruzione del bunker nei pressi del castello (Fig. 3C).

Oltre il porticciolo e procedendo verso ovest, la costa diventa meno pendente (*sloping coast*) fino al Villaggio del Pescatore (Fig. 3D). Nei pressi della Cernizza, la profondità è così bassa che in bassa marea emerge una vasta piana costiera, di materiale limoso, incisa dalle acque dolci emergenti dalle numerose sorgenti presenti (CUCCHI e FORTI, 1986).

A nord, la costa è condizionata dalla presenza delle risorgenze del Timavo e dagli apporti sedimentari dell'Isonzo, quindi la costa, per quanto oggi si presenti fortemente antropizzata, ha le caratteristiche delle coste basse dell'Adriatico occidentale (BIOLCHI et al., 2016a).

A sud della baia di Sistiana, completamente modificata da opere antropiche, si sviluppano falesie carbonatiche al cui piede affiora il Flysch, il quale permette lo sviluppo di piattaforme costiere di modesta estensione e sovente ricoperte da materiale franato dalle pareti sovrastanti. Verso sud il Flysch aumenta in estensione verticale a causa del fatto che il contatto con il calcare è topograficamente via via più elevato.

Forme costiere particolari: i solchi marini

Le falesie tra Sistiana e Duino sono interessate dalla presenza di solchi marini (*marine notches*, Fig. 4C) sommersi, le cui caratteristiche sono state ben descritte da numerosi autori, a partire da ANTONIOLI et al. (2004). In seguito, numerosi lavori hanno descritto in dettaglio e discusso la loro formazione (ANTONIOLI et al., 2007; FURLANI et al., 2011b, b; 2014b). In questo settore, FURLANI et al. (2011a, b, c) hanno misurato il solco in 29 punti, ed hanno riportato una variabilità compresa tra -1.0 m e -2.8 m. Sotto il castello di Duino il solco è scavato su calcari cretaci, mentre verso Sistiana in calcari paleocenici ed eocenici. Le caratteristiche morfometriche del solco a Duino evidenziano forme prevalentemente simmetriche, mentre verso Sistiana, ed anche più a sud, come a Miramare, la forma diventa quella di un roof notch, ovvero asimmetrica con il tetto appiattito. L'ampiezza del solco è sempre maggiore di 1 m, in accordo con le caratteristiche mareali del Golfo di Trieste. La grande estensione areale del solco sommerso, descritto fino in Istria e oltre, ha permesso di datarlo in corrispondenza di due modeste baie riparate e riempite da sedimenti marini, a Cervera e sul canale di Leme. L'analisi al carbonio radioattivo, assieme alla quota più alta dei resti archeologici costieri, ha confermato la sua età post-romana (FAIVRE et al., 2011).



Fig. 4 - A) Le rovine dell'antico Castello di Duino e, ai piedi, la "Dama Bianca"; B) Contatto sommerso tra i strati verticali di calcare e quelli del Flysch che costituiscono la paleo-piattaforma sommersa; C) il solco marino sommerso; d) sorgente costiera in corrispondenza di una frattura. Da notare l'aumento di torbidità dell'acqua legato alla fuoriuscita di acqua dolce.

Le sorgenti costiere

Il deflusso idrico lungo la costa triestina, essendo dominata da rocce carbonatiche, è in gran parte sotterraneo (CUCCHI e ZINI, 2007) e da luogo a sorgenti sommerso di acqua dolce (Fig. 4D), localizzate e studiate da numerosi autori (ACCERBONI e MOSETTI, 1967; CUCCHI e FORTI, 1986, FURLANI et al., 2014b). ACCERBONI e MOSETTI (1967) hanno misurato variazioni di conducibilità e temperatura in numerosi punti ascrivibili alla fuoriuscita di acque sotterranee, anche a distanze considerevoli dalla costa. CUCCHI e FORTI (1986) hanno individuato 16 sorgenti nei pressi della Cernizza, mentre FURLANI et al. (2014b) hanno misurato numerose anomalie di conducibilità elettrica e temperatura riconducibili a sorgenti sotterranee lungo le falesie tra Sistiana e Duino (Fig. 3A).

A partire dal 2012, sono state eseguite tre campagne di raccolta di dati idrogeologici nel settore Sistiana-Duino. Nella prima campagna (giugno 2012), la conducibilità elettrica è variata tra 51.4 mS/cm e 36.0 mS/cm. FURLANI et al. (2014b) riportano valori di conducibilità e temperatura inferiori rispetto a quelli misurati lungo le coste istriane. Gli autori mostrano la

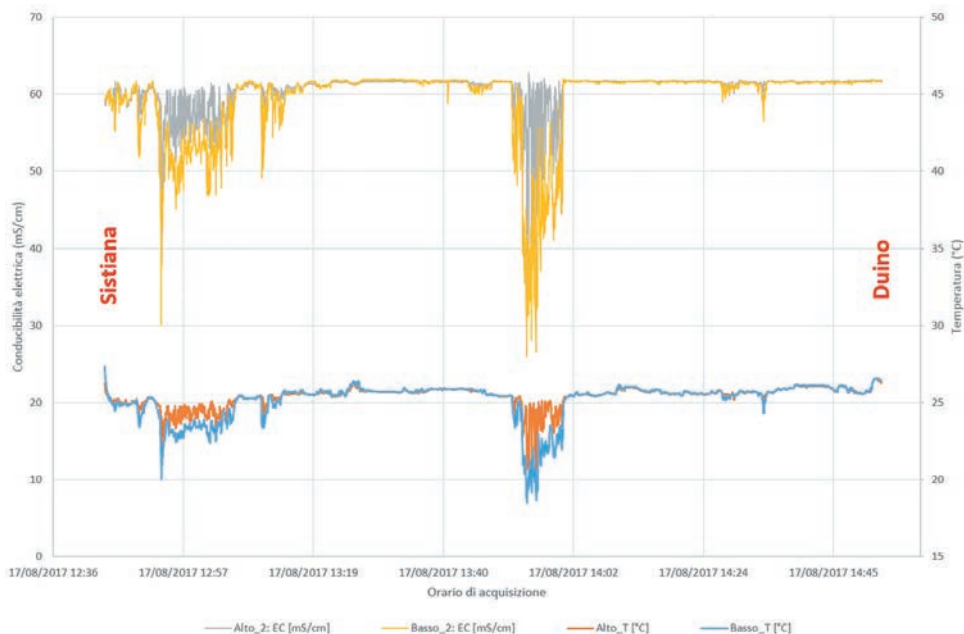


Fig. 5 - Andamento della temperatura (°C) e conducibilità elettrica (mS/cm) tra Sistiana e Duino il 17 agosto 2017. I picchi negativi indicano la presenza di sorgenti sommerse.

presenza di anomalie termiche negative in corrispondenza della sorgenti costiere, ovvero valori di temperature più bassi rispetto alla temperatura media del mare. Un'immagine termica acquisita dall'OGS l'11 settembre 2012, durante un periodo di magra, mostra un'anomalia rilevante all'inizio del sentiero Rilke, subito dopo il porto di Sistiana. La differenza di temperature misurata è stata di 6°C tra il cold spot (circa 18° C) e l'acqua di mare (24° C) ed è localizzata alla base delle falesie in corrispondenza della "finestra" della Base dei sommergibili di Sistiana.

Nella seconda campagna (marzo 2017), a causa delle forti precipitazioni nei giorni precedenti il rilevamento, non sono visibili i punti di emissione, in quanto la conducibilità e la temperatura erano piuttosto basse, senza picchi negativi. All'osservazione visiva inoltre, il mare si presentava molto torbido, con le caratteristiche deformazioni visive delle acque dolci in movimento.

Nella terza campagna (agosto 2017), sono stati utilizzate due sonde CTD, la più alta 5 cm sotto il livello del mare, la più bassa 15 cm sotto il livello del mare. L'EC media misurata dell'acqua di mare era poco sopra i 60 mS/cm, con valori minimi poco sopra 25 mS/cm, mentre la temperatura media del mare oltre 20°, con minimi in corrispondenza delle sorgenti di 8°C (Fig. 5). Tra le due sonde, la più bassa ha misurato i valori più bassi, in particolare in corrispondenza delle sorgenti. In totale sono stati osservati 5 picchi negativi di conducibilità elettrica e temperatura ascrivibili ad altrettante sorgenti. All'osservazione visiva, l'acqua si presentava molto torbida solo nei punti di fuoriuscita di acqua dolce, in particolare in corrispondenza di determinate fratture nelle pareti rocciose (Fig. 4D).

I dati raccolti mostrano che il rilevamento visivo e strumentale delle sorgenti costiere è fortemente influenzato dalle condizioni di deflusso e meteorologiche in cui avviene l'osservazione: alti deflussi legati a lunghi periodi di precipitazioni non consentono di misurare picchi specifici nelle singole sorgenti, mentre nei periodi di magra il deflusso puntuale in singole

fratture consente, avendo a disposizione strumentazione adeguata, di misurare variazioni significative di T ed EC associate a deflussi puntuali di acque dolci.

La presenza delle sorgenti costiere inoltre aumenta la capacità di dissoluzione delle rocce carbonatiche (FURLANI et al., 2014b). Studi sull'indice di saturazione (SI) proposti da APPELO and POSTMA (2005) indicano che nel Golfo di Trieste le acque sono generalmente sottosature di calcite, aragonite e dolomite, risultando quindi più capaci di corrodere le rocce carbonatiche lungo la costa. L'effetto di mixing tra le acque dolci e quelle salate, anche se entrambe sono sovrassature di CaCO_3 , risulta in un mix sottosaturo in CaCO_3 (PLUMMER, 1975), in grado, nel tempo, di accelerare i tassi di dissoluzione delle rocce, come succede nelle cosiddette *flank margin caves*, in cui ampi vuoti possono formarsi lungo i margini di scarico delle lenti di acqua dolce (MYLROIE and CAREW, 1990).

RINGRAZIAMENTI

Gli autori porgono un sentito ringraziamento a Rados Furlani, Enrico Zavagno del Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università di Trieste, agli studenti Valeria Vaccher e Matthew Pezzutti dell'Università di Trieste, ai professori Valentina Degasperis e Fulvio Venturini dell'Istituto Tecnico Industriale A. Volta per i rilievi ed i test strumentali e l'appoggio nelle attività di campagna e l'Istituto Nautico "Tommaso di Savoia Duca di Genova" di Trieste per l'appoggio durante i rilievi con la nave Umberto D'Ancona.

BIBLIOGRAFIA

- ACCERBONI, E., MOSETTI, F. 1967: *Localizzazione dei deflussi d'acqua dolce in mare mediante un conduttometro*. Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata 9: 36.
- ANTONIOLI, F., CARULLI, G.B., FURLANI, S., AURIEMMA, R., MAROCCO, R. 2004: *The enigma of submerged marine notches in northern Adriatic Sea*. Quaternaria VIII: 27–36.
- ANTONIOLI, F., ANZIDEI, M., LAMBECK, K., AURIEMMA, R., GADDI, D., FURLANI, S., ORRÙ, P., SOLINAS, E., GASPARI, A., KARINJA, S., KOVAČIĆ, V., SURACE, L. 2007: *Sea level change during Holocene from Sardinia and northeastern Adriatic (Central Mediterranean sea) from archaeological and geomorphological data*. Quaternary Science Reviews 26: 2463–2486.
- APPELO, C.A.J., POSTMA, D. 2005: *Geochemistry, groundwater and pollution*. Second Edition. Balkema Publishers.
- BENAC Č., RUBINIĆ J., OŽANIĆ N. 2003: *The origin and evolution of coastal and submarine springs in Bakar Bay*. Acta Carsologica, 32/1, 12: 157-171.
- BIOLCHI S., FURLANI S., COVELLI S., BUSETTI M., CUCCHI F. 2016a: *Morphoetotectonics and lithology of the eastern sector of the Gulf of Trieste (NE Italy)*, Journal of Maps, 12(5): 936-946.
- BIOLCHI S., FURLANI S., DEVOTO S., GAUCI R., CASTALDINI D., SOLDATI M. 2016b: *Geomorphological recognition, classification and spatial distribution of coastal landforms of Malta (Mediterranean Sea)*, Journal of Maps, 12(1): 87-99.
- BRAITENBERG, C., NAGY, I., ROMEO, G., & TACCETTI, Q. 2005: *The very broad-band data acquisition of the long-base tiltmeters of Grotta Gigante (Trieste, Italy)*. Journal of Geodynamics, 41: 164-174.
- BUSETTI, M., VOLPI, V., NICOLICH, R., BARISON, E., ROMEO, R., BARADELLO, L., BRANCATELLI, G., GIUSTINIANI, M., MARCHI, M., ZANOLLA, C., WARDELL, N., NIETO, D., & RAMELLA, R. 2010b: *Dinaric tectonic features in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic)*. Boll. Geof. Teor. Appl., 51: 117-128.
- CARULLI, G.B. 2011: *Structural model of the Trieste Gulf: a proposal*. Journal of Geodynamics, 51: 156-165.

- CARULLI, G.B., CUCCHI, F. 1991: *Proposta di interpretazione strutturale del Carso triestino*. Atti. Tic. Sc. Terra, 34: 161-166.
- CUCCHI, F., FORTI, F. 1986: *Primi risultati dello studio di alcune sorgenti carsiche marine presso San Giovanni di Duino (TS)*: 67-76.
- CUCCHI, F., ZINI, L. 2007: *Le acque del Carso Classico*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia 2, 19: 33-40.
- CUCCHI, F., & PIANO, C. 2013: *Carta geologica del Carso Classico (tratta dalla Carta di sintesi geologica alla scala 1:10.000 – Progetto GEO-CGT) e Brevi Note Illustrative della Carta Geologica del Carso Classico Italiano*, con F. Fanucci, N. Pugliese, G. Tunis, L. Zini. Direzione centrale ambiente energia e politiche per la montagna, Servizio Geologico, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Trieste. <http://www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVFG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA201/FOGLIA9/>. Accessed 26th March, 2015.
- CUCCHI F., BIOLCHI S., ZINI L., JURKOVŠEK B., & KOLAR-JURKOVŠEK T. 2015: *Geologia e Geomorfologia del Carso Classico (Geologija in geomorfologia klasičnega Krasa)*. In: Cucchi F., Zini L., Calligaris C., *Le acque del Carso Classico/Vodonosnik Klasičnega Krasa*, Progetto/Projekt ITA-SLO 2007-2013 HYDROKARST, pp. 23-38, EUT – Edizioni Università di Trieste, ISBN 978-88-8303-621-7, www.hydrokarst-project.eu, Trieste, 2015.
- FAIVRE S., FOUACHE E., GHILARDI M., ANTONIOLI F., FURLANI S., KOVAČIĆ V. 2011: Relative sea level change in Istria (Croatia) during the last 5 ka. *Quaternary International*, 232: 132-143.
- FURLANI, S., BIOLCHI, S., CUCCHI, F., BENSI, S., & BURELLI, G. 2009: *Surveying of a submerged Flysch outcrop at Sistiana-Duino (Gulf of Trieste, Italy)*. Atti e Mem. Comm. Grotte E. Boegan, 42: 85-94.
- FURLANI, S., BIOLCHI, S., CUCCHI, F., ANTONIOLI, F., Busetti, M., MELIS, R. 2011a: *Tectonic effects on Late-Holocene sea level changes in the Gulf of Trieste (NE Adriatic Sea, Italy)*, *Quaternary International*, 232: 144-157.
- FURLANI S., CUCCHI F., BIOLCHI S. 2011b: *Morfologie carsiche costiere intertidali lungo le coste del Golfo di Trieste*. Atti e Memorie della Commissione Grotte “E. Boegan”, 43: 151-168.
- FURLANI, S., CUCCHI, F., BIOLCHI, S., ANTONIOLI, F., ODORICO, R. 2011c: *Notches in the Adriatic Sea: genesis and development*, *Quaternary International*, 232: 158-168.
- FURLANI S, PAPPALARDO M, GOMEZ-PUJOL L, CHELLI A. 2014a: *Mediterranean and Black Sea*. In *Rock coast geomorphology: A Global Synthesis*, Kennedy, D.M., Stephenson, W.J., Naylor, L., (Eds.), Geological Society, London, Memoirs 40: 89-123.
- FURLANI S, NINFO A, ZAVAGNO E, PAGANINI P, ZINI L, BIOLCHI S, ANTONIOLI F, COREN F, CUCCHI F. 2014b: *Submerged notches in Istria and the Gulf of Trieste: results from the Geoswim Project*. *Quaternary International* 332: 37-47.
- JURKOVŠEK B., BIOLCHI S., FURLANI S., KOLAR-JURKOVŠEK T., ZINI L., JEŽ J., TUNIS G., BAVEC M., CUCCHI F. 2016: *Geological map of the Classical Karst Region (SW Slovenia - NE Italy)*, *Journal of Maps*, 12 suppl. 1: 352-362.
- MYLROIE, J.E., CAREW, J.L. 1990: *The flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms*. *Earth Surface Processes and Landforms* 15: 413-424.
- PLUMMER, L.N. 1975: *Mixing of sea water with calcium carbonate ground water*. In: Whitten, E.H.T., eds. *Quantitative studies in the geological sciences*. Geological Society of America Memoir 142: 219-236.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., & MATIČEC, D. 2002: *The karst Dinarides are composed of relics of a single Mesozoic platform: Facts and consequences*. *Geologia Croatica*, 55(2): 171-183.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., & MATIČEC, D. 2005: *Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Paleogeography, main events and depositional dynamics*, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 220: 333-360.