

Evidenze geofisiche di emissioni di fluidi nel Golfo di Trieste (Nord Adriatico)

Geophysical evidence of fluids emission in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea)

BUSETTI M.(*), BABICH A.(**), DEL BEN A.(***)

RIASSUNTO - La presenza di fluidi nei sedimenti del Golfo di Trieste (Nord Adriatico) è caratterizzata da manifestazioni superficiali che sono state individuate nei dati di sismica ad alta risoluzione. In particolare nell'area a sud-ovest di Grado sono stati identificati sei siti con evidenze di accumulo di fluidi nei sedimenti, dispersione di fluidi nella colonna d'acqua, e presenza sul fondo mare di affioramenti rocciosi la cui genesi si ipotizza sia legata alla precipitazione di carbonato di calcio metano-derivato.

PAROLE CHIAVE: Adriatico, Golfo di Trieste, emissione fluida, fondale marino, fluidi, gas, migrazione, profilo geofisico.

ABSTRACT - The presence of fluids in the sediments of the Gulf of Trieste (Northern Adriatic) produces surface occurrences that have been identified by high resolution seismic data. In particular, south-west of Grado, six sites have been pinpointed with evidence of accumulation of fluids within the sediment, dispersion of fluids in the water column, and presence on the sea bottom of rocky outcrops whose genesis is assumed to be linked to the precipitation of calcium carbonate methane-derived.

KEY WORDS: Adriatic, Gulf of Trieste, fluid emission, ocean floors, fluids, gases, migration, geophysical profiles.

1. - INTRODUZIONE

Nel Nord Adriatico sono già note da tempo evidenze di fuoriuscite di fluidi, definite come “bromboli” nella terminologia locale. Esse furono documentate per la prima volta da MORGANTE (1940).

Nel Golfo di Trieste (estremità orientale del Nord Adriatico) i fluidi che fuoriescono dai sedimenti possono essere costituiti sia da gas che da acqua. La fase gassosa è composta principalmente da metano (81-84%), come è stato anche evidenziato da analisi su campioni (GORDINI, 2009). Dati di sismica multicanale evidenziano la migrazione di fluidi, verso la superficie attraverso la piattaforma carbonatica meso-cenozoica sepolta dai sedimenti terrigeni cenozoici e attraverso la copertura quaternaria. Il fenomeno risulta essere particolarmente concentrato in corrispondenza delle strutture tettoniche che interessano l'area (BUSETTI *et alii*, 2013). La piattaforma carbonatica costituisce un *reservoir* di acque a bassa entalpia

(*) Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale Borgo Grotta Gigante 42/c, 34010 Sgonico (Trieste)

(**) Aurisina Cave 5/A, 34011 Duino Aurisina (Trieste)

(***) Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università degli Studi di Trieste, via Weiss 1, 34127 Trieste

(DELLA VEDOVA *et alii*, 2008) di origine marina ed età miocenica (PETRINI *et alii*, 2013), che fuoriescono spontaneamente in sorgenti sottomarine lungo la costa settentrionale dell'Istria (ZUMER, 2004). Non si può peraltro escludere che congiuntamente all'acqua possano risalire anche gas, in particolare metano e/o altri idrocarburi (BUSETTI *et alii*, 2013).

Sul fondo mare, associate alle emissioni di gas, si trovano frequentemente degli affioramenti rocciosi costituiti da sabbie più o meno cementate spesso coperte da concrezioni organogene. Si ipotizza che l'origine di questi affioramenti possa essere legata alla precipitazione di carbonato di calcio metano-derivato che cementerebbe i sedimenti non consolidati (HOVLAND *et alii*, 1987). I livelli cementati verrebbero successivamente interessati dalla colonizzazione di organismi, alcuni dei quali biocostruttori (GORDINI *et alii*, 2012). Questi affioramenti, noti come "grebeni" (ma anche come grebani, tegnie o trezze), sono molto frequenti nel Nord Adriatico: attualmente ne sono stati individuati circa 250 (GORDINI *et alii*, 2004).

I siti presentati sono stati identificati nei profili *chirp* ad altissima risoluzione, acquisiti nel corso di due campagne geofisiche realizzate nel 2005 e nel 2009 con la N/R OGS Explora. L'interpretazione dei dati è stata eseguita con il *software* Kingdom® della IHS Markit.

2. - DESCRIZIONE DEI SITI

Il Golfo di Trieste, in particolare l'area a sud-ovest di Grado, è caratterizzato da una elevata concentrazione di affioramenti rocciosi e manifestazioni di fluidi, strutture quali piccoli vulcani di fango, *pockmark* e *plume* (GORDINI, 2009; BABICH, 2017). In base alle evidenze geofisiche nei profili *chirp*, sono stati individuati sei siti a 10-13 km a sud-ovest di Grado (fig. 1) con evidenze di fluidi nei sedimenti, dispersione di fluidi nella colonna d'acqua, e presenza sul fondo mare di affioramenti rocciosi (fig. 2).

L'evidenza acustica relativa alla presenza di fluidi nei sedimenti è data da zone di *blanking*, cioè zone in cui il segnale sismico è pressoché assente.

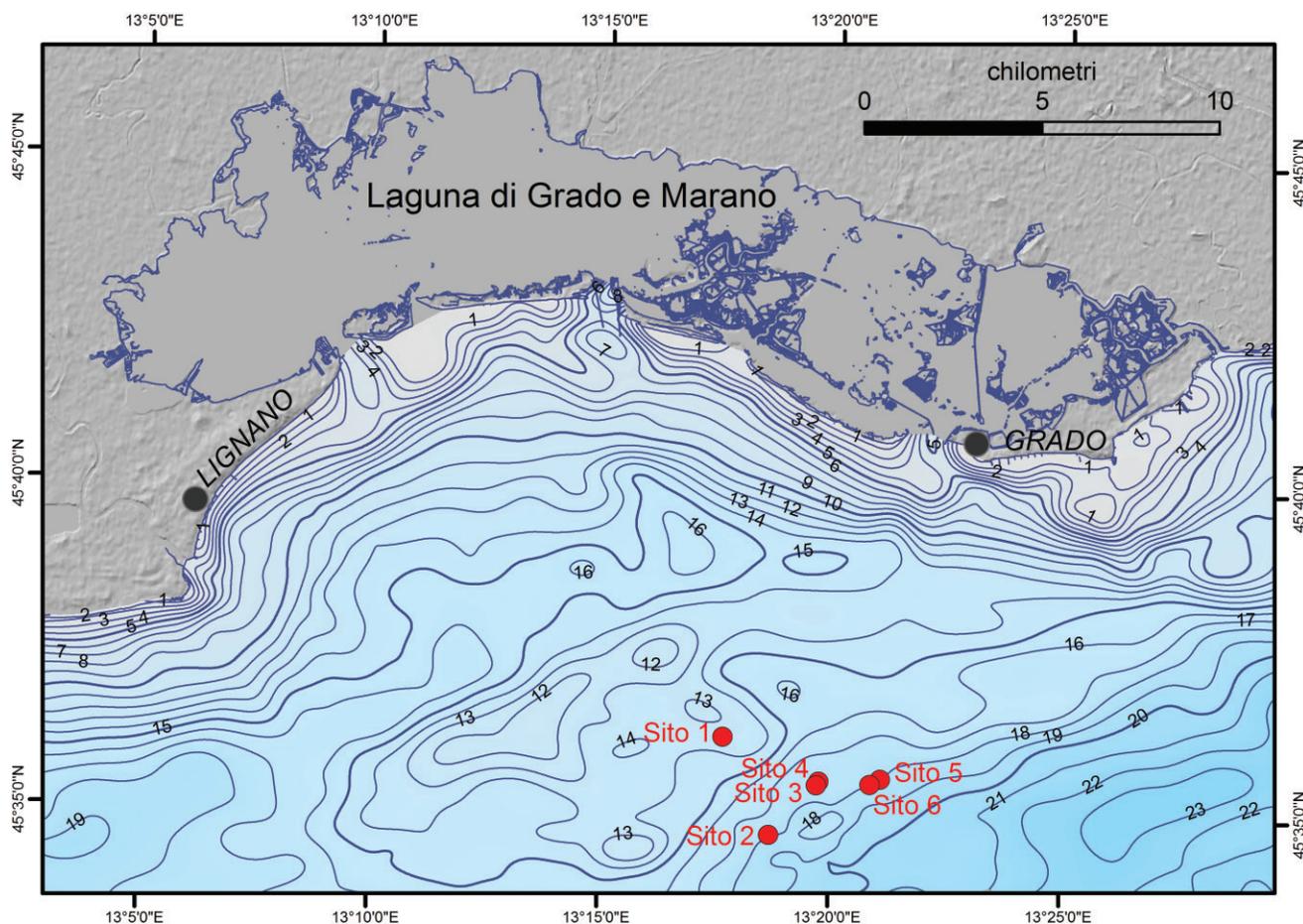


Fig. 1 - Mappa batimetrica (contour in metri, TROBEC *et alii*, 2017) con posizione dei siti dove sono presenti evidenze di fluidi nei sedimenti superficiali (vedi figura 2).
- Bathymetric map (contour lines in meter, TROBEC *et alii*, 2017) with location of the sites with evidences of fluids in the shallow sediment (see figure 2).

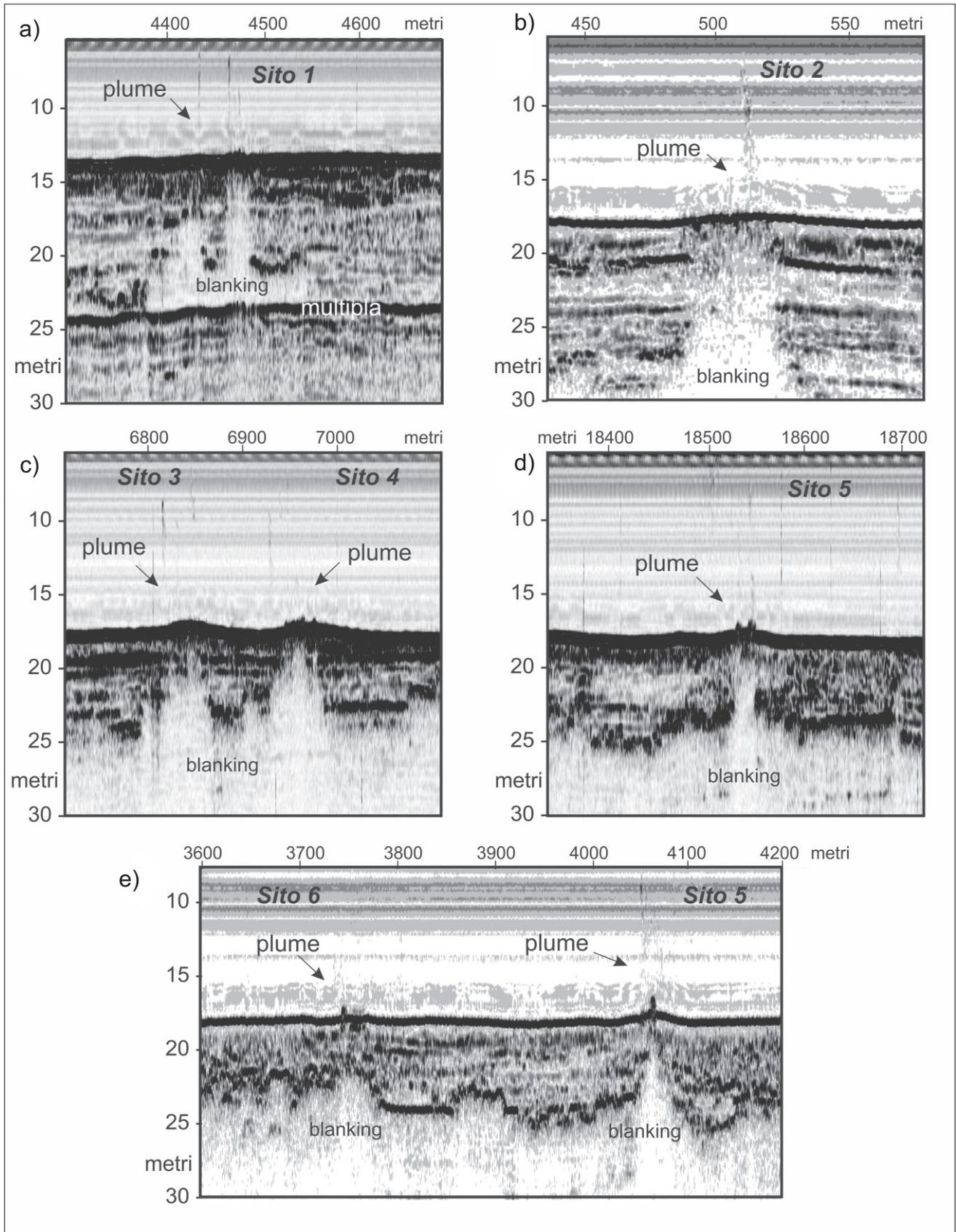


Fig. 2 - Profili *chirp* caratterizzati da evidenze di fluidi (*blinking*) nei sedimenti superficiali. La dispersione dei fluidi nella colonna d'acqua è testimoniata da *plume* che si innalzano per diversi metri dal fondo mare. In corrispondenza della loro fuoriuscita sul fondo mare sono presenti delle morfologie relative ad affioramenti rocciosi.

- *Chirp profiles with evidences of fluids in the shallow sediment (blinking). The dispersion of the fluids in the water column is testified by plumes rising for several meters from the sea floor. In correspondence of the fluid escapes from the sea floor, rocky outcrops are present.*

Tale fenomeno è causato dalla forte attenuazione delle alte frequenze contenute nel segnale acustico dovuto all'assorbimento e allo *scattering* delle bolle di gas nei sedimenti. Come conseguenza, solo il tetto del livello a gas dà luogo ad una riflessione, mentre i sedimenti sottostanti risultano sostanzialmente trasparenti (TOTH *et alii*, 2014). Nei profili utilizzati, il tetto dei settori caratterizzati da *blanking* è marcato da un riflettore ad elevata ampiezza (*enhanced reflections*): la sua discontinuità laterale conferma che non è originato da una discontinuità stratigrafica, ma da una disomogeneità dovuta alla distribuzione dei fluidi nella porosità dei sedimenti.

I siti individuati si trovano in un'area caratterizzata da un'ampia diffusione della facies acustica con *blanking*, al tetto della quale sono presenti riflettori ad elevata ampiezza. In particolare i profili *chirp* indicano che nei sedimenti fino alla profondità di circa 7-10 metri dal fondo mare, questa facies si estende per diverse centinaia di metri (fig. 2c, d, e). Localmente, da questo

livello i fluidi risalgono verso la superficie canalizzandosi nelle zone più ristrette dei camini, larghi circa 40-70 metri nella parte più profonda e con la tendenza a rastremarsi in diametri più ridotti verso il fondo del mare (fig. 2, tab. 1).

La dispersione dei fluidi nella colonna d'acqua genera dei *plume* che possono essere visibili nei profili *chirp* come riflessioni che perturbano le riflessioni relative allo strato d'acqua in prossimità del fondo mare (fig. 2b), e che si estendono in verticale fino a circa 10 metri (fig. 2, tab. 1).

In corrispondenza delle zone di accumulo di fluidi nei sedimenti e della loro dispersione nella colonna d'acqua, sono evidenti sul fondo mare delle morfologie quali rilievi convessi e/o tabulari relativi agli affioramenti rocciosi. Questi elementi possono estendersi fino a circa 100 metri in orizzontale ed elevarsi di circa 50 cm rispetto al fondo mare. Localmente in alcuni siti, su queste morfologie sono presenti degli elementi morfologici con dimensioni fino a circa 10 metri in larghezza e circa 50 cm di altezza.

Tab. 1 - Dimensioni dei camini relativi alla migrazione dei fluidi nei sedimenti, dei *plume* relativi alla dispersione dei fluidi nella colonna d'acqua, e descrizione della tipologia e dimensione delle morfologie relative agli affioramenti rocciosi sul fondo del mare dei siti individuati.

- Sizes of the chimneys related to fluid migration in the sediment, and of the *plume* related to the dispersion of the fluid in the water column, and description of type and size of the rocky outcrop on the sea floor.

	Diametro dei camini	Estensione verticale dei <i>plume</i>	Tipologia e dimensioni delle morfologie sul fondo mare
Sito 1	~50 metri	~7 metri	morfologia tabulare di ~20 metri di estensione con superficie rugosa
Sito 2	~40 metri	~10 metri	morfologia tabulare di ~100 metri di estensione e ~60 cm di altezza
Sito 3	50-70 metri	~8 metri	morfologia tabulare di ~60 metri di estensione e ~50 cm di altezza
Sito 4	50-70 metri	~7 metri	morfologia tabulare di ~70 metri di estensione e ~50 cm di altezza morfologia, su cui sono presenti elementi morfologici di qualche metro di estensione e qualche decimetro di altezza
Sito 5	~40 metri	~8 metri	morfologia tabulare di ~70 metri di estensione e ~50 cm di altezza, su cui sono presenti due elementi morfologici di ~10 metri di estensione di ~50 cm di altezza
Sito 6	non visibile nel profilo <i>chirp</i>	~7 metri	elemento morfologico di ~10 metri di estensione di ~50 cm di altezza

BIBLIOGRAFIA

- BABICH A. (2017) - *Identificazione della presenza di fluidi nei sedimenti superficiali del Golfo di Trieste*. Tesi di Laura Triennale in Scienze Geologiche, Università degli Studi di Trieste, Relatore A. Del Ben, correlatrice M. Busetti, A.A. 2015-2016, 10 marzo 2017, 51 pp.
- BUSETTI M., ZGUR F., VRABEC M., FACCHIN L., PELOS C., ROMEO R., SORMANI L., SLAVEC P., TOMINI I., VISNOVICH G. & ZERIAL A. (2013) - *Neotectonic reactivation of Meso-Cenozoic structures in the Gulf of Trieste and its relationship with fluid seepings*. Atti del 32° Convegno del GNGTS, Trieste, 19-21 novembre 2013, Tema3: Geofisica Applicata: 29-34.
- DELLA VEDOVA B., CASTELLI E., CIMOLINO A., VECCELIO C., NICOLICH R. & BARISON E. (2008) - *La valutazione e lo sfruttamento delle acque geotermiche per il riscaldamento degli edifici pubblici*. Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia, 6/2008: 16-19.
- GORDINI E. (2009) - *Integrazione di metodologie geofisiche, geomorfologiche, sedimentologiche e geochimiche, per la definizione della genesi e dell'età degli affioramenti rocciosi presenti sul fondale marino dell'Adriatico Settentrionale*. Dottorato di ricerca in Scienze Ambientali, ambiente fisico, marino e costiero, XX ciclo, Università degli Studi di Trieste, relatore R. Marocco, correlatori: G. Tunis, R. Ramella, M. Vazzoler: 1-398.
- GORDINI E., FALACE A., KALEB S., DONDA F., MAROCCO R. & TUNIS G. (2012) - *Methane-Related Carbonate Cementation of Marine Sediments and Related Macroalgal Coralligenous Assemblages in the Northern Adriatic Sea*. Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat: 16 pp., DOI: 10.1016/B978-0-12-385140-6.00009-8
- GORDINI E., MAROCCO R., TUNIS G. & RAMELLA R. (2004) - *I depositi cementati del Golfo di Trieste (Adriatico Settentrionale): Distribuzione areale, caratteri geomorfologici e indagini acustiche ad alta risoluzione*. Il Quaternario, 17(2/2): 555-563.
- HOVLAND M., TALBOT M.R., QVALE H., OLAUSSEN S. & AASBERG L. (1987) - *Methane-related carbonate cements in pockmarks of the North Sea*. J. Sediment. Petrol., 57/5: 881-892.
- MORGANTE S. (1940) - *I "bromboli" delle coste istriane*. Notiziario dell'Istituto di Biologia Rovigno, 16/2: 1-12.
- PETRINI R., ITALIANO F., PONTON M., SLEJKO F.F., AVIANI U. & ZINI L. (2013) - *Geochemistry and isotope geochemistry of the Monfalcone thermal waters (northern Italy): inference on the deep geothermal reservoir*. Hydrogeology Journal 21, 1275-1287, DOI 10.1007/s10040-013-1007-y
- TÓTH Z., SPIESS V. & JENSEN J.B. (2014) - *Seismo-acoustic signatures of shallow free gas in the Bornholm Basin, Baltic Sea*. Continental Shelf Research, 88: 228-239.
- TROBEC A., BUSETTI M., ZGUR F., BARADELLO L., BABICH A., COVA A., GORDINI E., ROMEO R., TOMINI I., POGLAJEN S., DIVIACCO P. & VRABEC M. (2018) - *Thickness of marine Holocene sediment in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea)*. Earth Syst. Sci. Data, 10/2, 1077-192, <https://doi.org/10.5194/essd-10-1077-2018>
- ŽUMER J. (2004) - *Odkriitje podmorskih termalnih izvirov*. Geografski Obzornik, 51/2: 11-17.

