

A.M. DE BIASI (*), G. FABI (**), L. PACCIARDI (*), F. GAI (*),
S. FERRARI (*), M. PULETTI (***), S. DE RANIERI (*)

MONITORAGGIO DI UNA PIATTAFORMA DI ESTRAZIONE NEL MAR ADRIATICO SETTENTRIONALE: METALLI PESANTI

Riassunto - Nel presente lavoro riportiamo i risultati di un'indagine condotta tra il 1999 e il 2001 finalizzata alla valutazione dell'eventuale impatto da metalli pesanti indotto da una piattaforma di estrazione posta nel Mar Adriatico settentrionale. I sedimenti sono stati prelevati sia in corrispondenza di 11 stazioni distribuite lungo due transetti aventi come punto di intersezione la piattaforma, sia in un'area di riferimento non influenzata dalla struttura. È stata determinata la concentrazione di Al, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn e la tessitura del sedimento. Le alterazioni più evidenti sono state osservate nell'anno 2000, ovvero pochi mesi dopo il termine delle operazioni di posa in opera e di perforazione. Tali alterazioni tendono a ridursi nel tempo a testimonianza di un recupero dell'ambiente, sebbene alcune anomalie, in particolare a carico dello zinco, rivelino che il recupero totale è ancora in atto.

Parole chiave - Metalli, sedimenti, piattaforma di estrazione, Adriatico settentrionale.

Abstract - *Monitoring a gas-platform in the Northern Adriatic sea: heavy metals.* A 3-year monitoring program was carried out from 1999 to 2001 for detecting the environmental impact due to heavy metals induced by the construction of an off-shore gas platform in the Northern Adriatic Sea. Metal concentrations (Al, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) were measured in the surficial sediments collected in 11 stations placed along two transects intersecting at the platform. Sediments were also analysed for their particle size. A reference site, not influenced by the structure, was also sampled. Some alterations in the sediment quality were assessed in 2000, that is few months after the installation of the platform. Some anomalies, mainly regarding Zn, were also observed during the last sampling, suggesting that the complete recovery requires a larger time lag than our monitoring period.

Key words - Metals, sediments, gas-platform, Northern Adriatic Sea.

INTRODUZIONE

Il Mare Adriatico, nonostante la sua limitata estensione (circa 138.000 km²), ospita circa novanta piattaforme di estrazione utilizzate prevalentemente per lo sfruttamento di giacimenti di idrocarburi gassosi sottomarini (Fabi *et al.*, 2005).

Da diversi anni ricerche volte a rilevare eventuali effetti della costruzione di queste strutture sull'ambiente marino circostante, hanno messo in luce alterazioni riconducibili alla varie fasi dell'impatto, sia per quan-

to riguarda il comparto abiotico sia biotico. In particolare alcuni studi hanno riguardato la struttura dei popolamenti sedentari (Fascari *et al.*, 1991, 1992) e/o mobili (Bombace *et al.*, 1999; Fabi *et al.*, 2002, 2004), nonché l'accumulo di sostanze nocive (metalli pesanti, composti organici) nei sedimenti (Guerzoni *et al.*, 1984; Fascari *et al.*, 2000; Ferrari *et al.*, 2002), o negli organismi filtratori (Mauri *et al.*, 1998; Ferrari *et al.*, 2003, 2004; Mauri *et al.*, 2004).

L'elevato numero di piattaforme presenti, la loro differente struttura e dimensione, la variabilità delle condizioni ambientali in cui si trovano rendono difficile mettere a punto un modello descrittivo che includa la varietà degli effetti osservati.

Anche gli studi effettuati nel Mar del Nord e nel Golfo del Messico mostrano, infatti, risultati apparentemente contrastanti (Olsgard & Gray, 1995; Montagna & Harper, 1996) e gli stessi Autori suggeriscono la necessità di investigare un elevato numero di piattaforme per poter trovare pattern comuni.

Nel Mare Adriatico un primo tentativo in questo senso è stato effettuato da Fabi *et al.* (2005) che hanno descritto due scenari prendendo in considerazione alcune piattaforme situate a differenti distanze dalla costa e quindi in diverse condizioni di profondità, oligotrofia delle acque e tessitura del sedimento. La piattaforma Annalisa, oggetto del presente lavoro, per problemi tecnici sopraggiunti durante le fasi di installazione, costituisce un esempio non inquadabile perfettamente in quelli descritti da Fabi *et al.* (2005). Pertanto essa è stata investigata ponendo particolare attenzione alle variazioni subite, nell'arco di tre anni, da alcuni metalli pesanti nei sedimenti intorno alla struttura.

Lo studio è stato condotto utilizzando un disegno di campionamento pianificato secondo la logica *gradient design* in quanto ritenuto più sensibile per investigare gli effetti di una sorgente di impatto puntiforme (Ellis & Schneider, 1997).

MATERIALI E METODI

Area di studio, campionamento e analisi dei campioni
L'indagine è stata condotta in un'area marina posta a circa 35 km al largo di Cattolica (Adriatico settentrionale) a 53 metri di profondità dove è situata la piattaforma Annalisa (44°10'13", 156 N, 13°06'49", 632 E; Fig. 1).

(*) Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata, v.le N. Sauro 4, 57128 Livorno.

(**) IRPEM-CNR, largo Fiera della Pesca, 60125 Ancona.

(***) ENI S.p.A. Divisione AGIP, via dell'Unione Europea 3, 20097 San Donato Milanese (MI).

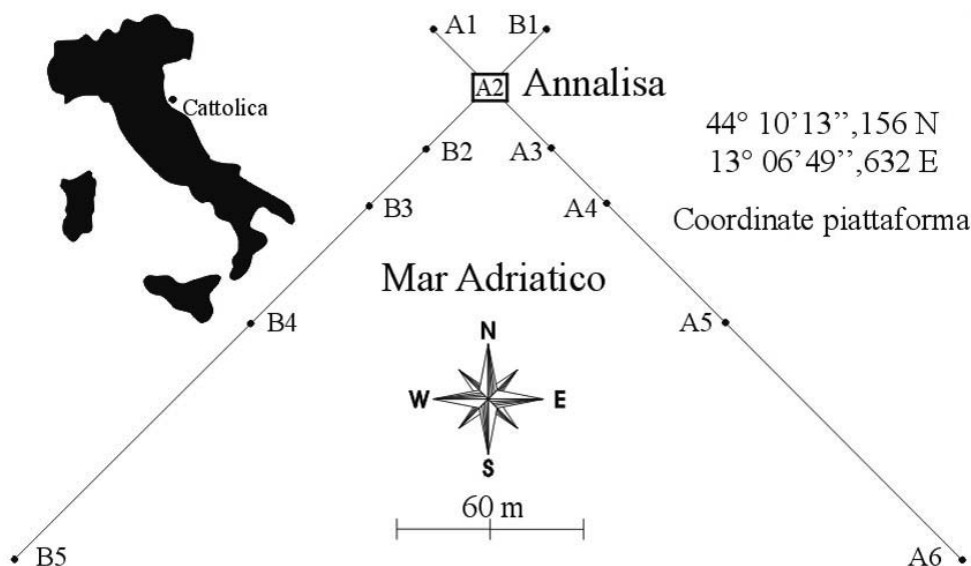


Fig. 1 - Posizione della piattaforma Annalisa e schema di campionamento.

Il jacket è stato installato nel febbraio 1999, il deck nel giugno successivo parallelamente all'inizio delle attività di perforazione che si sono protratte fino alla fine di dicembre del medesimo anno.

Il campionamento è stato replicato 6 volte nell'arco degli anni 1999-2001, ossia nel marzo e nell'agosto di ciascun anno.

I sedimenti superficiali (0-2 cm) sono stati campionati mediante box-corer in 11 stazioni distribuite lungo due transetti e in un sito di riferimento (R) posto a 0,5 miglia nautiche dalla struttura in un'area non influenzata da questa ultima.

Prima di effettuare l'analisi granulometrica i sedimenti sono stati essiccati in stufa a 110°C per almeno 24 ore e pesati, quindi sottoposti a digestione con perossido di idrogeno (H_2O_2) a 16 volumi allo scopo di ossidare la materia organica presente e favorire la disgregazione del sedimento. Ciascun campione è stato, quindi, separato, ad umido, nella frazione sabbiosa e pelitica. Le due frazioni sono state nuovamente poste in stufa ad una temperatura di 100°C per almeno 24 ore. L'analisi granulometrica della frazione grossolana ($\phi > 62,5$ (m)) è stata eseguita utilizzando i setacci della serie ASTM con intervalli di trattamento 1 ϕ , quella della frazione fine ($\phi < 62,5$ (m)) utilizzando il sedigrafo a raggi X.

Per la ricerca dei metalli, i sedimenti sono stati sottoposti ad attacco acido (HNO_3 , HCl , HF) e a digestione in un sistema chiuso ad alta pressione e mediante digestore a microonde opportunamente programmato. Il dosaggio del mercurio è stato effettuato con il metodo dello strippaggio dei vapori freddi (Bacharach modello 50 B) mediante l'impiego di $SnCl_2$. Le determinazioni di cadmio e piombo sono state effettuate mediante spettroscopia di assorbimento atomico in for-

netto di grafite (Varian Spectra AA-220 Z). Le concentrazioni di alluminio, cromo, nichel, rame e zinco sono state determinate mediante spettrofotometria ad emissione atomica al plasma (Varian Liberty AX ICP-AES). L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando i materiali standard di riferimento PACS-2 Harbour sediment e MESS-3 Estuarine sediments (National Research Council Canada). La percentuale di recupero degli analiti sui suddetti materiali variava tra il 95% ed il 103%.

Analisi dei dati

I dati ottenuti dalle analisi sono stati rielaborati mediante metodi multivariati. La matrice stazioni x variabili (pelite, metalli) è stata sottoposta ad Analisi delle Componenti Principali senza alcuna trasformazione, usando il software package Brodgar (Highland Statistics Ltd.). L'interpretazione degli assi estratti è stata effettuata usando i diagrammi di Box-Whisker che consentono di raffigurare la struttura della distribuzione, il suo livello di asimmetria e la presenza dei valori anomali (*outliers*). Poiché le varianze sono risultate non omogenee, la significatività delle differenze osservate è stata valutata tramite il test non parametrico Kruskal-Wallis.

RISULTATI

I sedimenti circostanti la piattaforma Annalisa sono caratterizzati da uno strato idrato superficiale di spessore 1-1,5 cm e da uno sottostante più compatto di colore grigio. Dal punto di vista tessiturale, essi sono dominati dalla componente sabbiosa presente con una percentuale compresa tra 61 e 82% (Tab. 1). Nell'arco dei tre anni di studio si osserva, come andamento gene-

Tab. 1 - Risultati delle analisi granulometriche e della ricerca dei metalli pesanti nei sedimenti campionati attorno alla piattaforma Annalisa e nel sito di riferimento R. Sabbia, pelite e alluminito sono espressi in percentuale, gli altri metalli in mg/kg s.s.

Site	Estate																							
	Inverno							Estate																
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	R	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	R
	1999																							
Sabbia	81	79,6	82	81	76,6	80,9	79,9	82,7	80,9	81,2	79,4	80,1	74,4	77,4	76	76,7	76,4	75,5	77,9	74,3	74,2	77,3	80	76,9
Pelite	19	20,4	18	19	23,4	19,1	20,1	17,3	19,1	18,8	20,6	19,9	25,6	22,6	24	23,3	23,6	24,5	22,1	25,7	25,8	22,7	20	23,1
Al	3,2	3,6	3,1	3,3	3,2	2,8	3,3	2,6	2,6	2,9	2,5	3,5	1	1,4	1,6	1,8	1,4	2,1	1,5	2,1	1,7	1,4	1,4	2,8
Cd	0,23	0,28	0,16	0,2	0,24	0,23	0,11	0,06	0,15	0,09	0,22	0,28	0,07	0,19	0,12	0,14	0,15	0,12	0,11	0,13	0,11	0,08	0,24	0,19
Cr	45,9	50,9	43,4	49,7	52,1	44,1	47,4	42,2	45	50,4	45	48,1	44,2	38,4	36,9	38,6	41,2	40,5	42,2	36,6	40,1	43,2	37,7	23,8
Cu	6,8	6,7	5,9	6	5,9	5,4	5,5	5,2	5,7	6,1	6,3	6	6,7	6,2	8	6	6,2	5,9	6,5	5,1	5	6,4	6	4,3
Hg	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,07	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Ni	15,8	17,4	17,3	16,9	17,1	14,7	16,5	18,7	18,4	18,4	17,5	15,9	22,8	22,5	17,8	18,9	16,4	18	15,4	16,8	19,9	20,1	19,8	17,5
Pb	15,3	16,1	14,7	18	17,2	15,4	11,9	9,7	13,1	16,4	26,9	15,2	8,1	7,8	11,2	4,4	4	2,7	5,7	8,5	6,9	5,4	7,2	5,2
Zn	32,3	48,1	37,8	36,6	34,2	28,7	30,4	23,6	34,3	35,1	34,6	31,9	46,4	37,1	76,2	50,4	42,5	39,9	39,1	44,8	40,4	48,9	52,8	39,6
	2000																							
Sabbia	76,7	78,4	79,1	78,2	77,8	77,3	82,7	78,7	77,8	76,9	77,4	77,4	81,1	79,2	82,3	61,5	75	75	75,9	73,0	73,4	73,5	64,5	74
Pelite	23,3	21,6	20,9	21,8	22,3	22,7	17,3	21,3	22,2	23,1	22,6	22,6	18,9	20,8	17,7	38,5	25	25	24,1	27,0	26,6	26,5	35,5	26
Al	10,7	5,5	5,1	4,7	9,9	5,0	4,7	4,9	4,6	5,1	5,3	5,4	5,2	5,9	6,3	4,7	5,5	5,8	4,6	5,2	4,8	4,3	4,6	4,8
Cd	1,6	2,4	1,4	1,2	0,6	0,8	1	1,2	1	1,4	1,2	0,8	0,9	0,8	0,6	0,9	0,6	1,2	1,3	0,8	0,9	0,6	0,9	1,2
Cr	66	36	30	32	28	31	27	30	30	32	36	33	56	52	44	49	47	44	43	44	32	30	37	55
Cu	26	19	5	12	7	8	10	10	8	10	12	10	11	10	12	50	12	11	14	16	18	14	12	12
Hg	0,7	0,31	0,3	0,28	0,26	0,26	0,21	0,22	0,22	0,2	0,24	0,3	0,1	0,12	0,1	0,11	0,12	0,08	0,14	0,16	0,14	0,38	0,16	0,16
Ni	48	36	46	35	58	44	42	60	42	42	36	60	75	47	40	40	34	36	40	44	38	42	61	34
Pb	12,7	18	10,6	12,7	12,7	14	12,7	16,6	12,7	12,7	15,3	15,3	16,4	14,8	20,4	19,3	18,6	39,2	22,3	20,4	22,5	23,3	17,6	13,2
Zn	78	239	51	60	53	48	47	52	48	58	57	52	86	193	141	293	60	82	64	97	160	51	63	92
	2001																							
Sabbia	82,4	77,5	79	76	76,5	74,1	78,6	77,1	76,2	76	73,2	76	77,7	76,3	76,3	75,9	75,5	75,6	75,6	75,8	75,5	75,7	75,1	74
Pelite	17,6	22,5	21	24	23,5	25,9	21,5	22,9	23,8	24	26,8	24	22,3	23,7	23,7	24,1	24,5	24,4	24,4	24,2	24,5	24,3	24,9	26
Al	3,76	3,57	3,52	3,68	4,18	3,52	3,1	3,53	3,91	2,92	3,71	4,18	3	3,2	3,3	2,8	3,3	3,2	2,7	3,2	3,3	3,4	3,2	3,4
Cd	0,08	0,24	0,08	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,12	0,04	0,12	0,12	0,04	0,05	0,08
Cr	41,5	48,7	46,5	47,4	48,1	46,5	40,8	47	46,6	42,7	47,8	45,5	41,5	48,7	46,5	47,4	48,1	46,5	40,8	47	46,6	42,7	47,8	45,5
Cu	5,31	10,6	6,08	6,63	6,43	6,36	25,1	13	5,79	6,02	6,41	6,02	6,01	6,64	4,41	4,61	5,38	5,68	4,68	8,3	5,13	5,2	4,03	5,62
Hg	0,06	0,01	0,03	0,23	0,02	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04	0,06	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05
Ni	27,3	31,3	29,6	29,6	28,8	30,6	26,6	28,8	29,1	28,3	31	29,4	17,7	20,3	17,6	18	20,6	21,5	18,3	19,1	19,8	20,1	19,9	22,3
Pb	13,6	28,3	18,8	19,1	19	18,6	15,1	21,1	18,8	22,8	28,3	16,7	35,7	17	14,3	15,9	16,2	16,2	14,7	16,8	13,1	18,6	13,4	15,2
Zn	41,7	133	53,6	51,3	48,4	47,8	95,3	78,2	43,8	45,7	52,2	42,4	39	68,2	43,1	35,9	40,9	37,8	34,7	40,8	36,6	37,8	36,7	38,3

rale, un incremento delle frazioni fini nei periodi estivi rispetto al corrispondente periodo invernale (Fig. 2). Secondo il test di Kruskal-Wallis la differenza tra estate e inverno è risultata significativa sia nel 1999 ($H = 21,01$, $p = 0,000$) sia nel 2000 ($H = 5,07$, $p = 0,02$) sia nel 2001 ($H = 3,86$, $p = 0,04$).

I sedimenti campionati in corrispondenza della piattaforma mostrano caratteristiche paragonabili agli altri siti di monitoraggio, sebbene sotto il jacket della struttura sia stata rilevata, in particolare durante l'ultimo anno di indagine, una notevole quantità di *Mytilus galloprovincialis* derivante dalla pulizia dei piloni dove questo bivalve si insedia.

Le uniche anomalie di rilievo sono state osservate nell'estate 2000 a carico delle stazioni A4 e B5 dove è stata registrata una elevata percentuale di pelite (> 35%). L'analisi delle componenti principali (PCA) applicata alla matrice variabili (9) x stazioni (72) ha consentito di concentrare la varianza sui primi due assi che spiegano complessivamente oltre il 60% della varianza totale (Fig. 3). Nel piano di ordinamento il primo asse, che spiega il 43% della varianza, separa i campionamenti del 2000 da tutti gli altri. I metalli che maggiormente contribuiscono a tale distinzione sono Al, Cu, Zn, Cd, Ni e Hg. Il secondo asse è di difficile interpretazione. La pelite apporta il maggior contributo alla varianza di questo asse. Tuttavia, seppure questa variabile mostri un trend stagionale (Fig. 2), i punti stazionari non sono distribuiti lungo il secondo asse in accordo alla stagione di campionamento. Questo è dovuto al fatto che il cromo, seconda variabile in ordine di importanza dopo la pelite, non è caratterizzato dal medesimo trend stagionale (Tab. 1). Esso, infatti, decresce gradualmente dal primo (inverno 1999) al terzo (inverno 2000) campionamento, quindi inverte la tendenza e si

assesta, dall'estate 2000 in poi, su valori simili a quelli rilevati nell'inverno 1999.

Zn, Cu, Ni, Al, Cd, Hg sono i metalli che mostrano, nell'arco dei tre anni di studio, le variazioni maggiori e paragonabili tra loro (Tab. 1). Essi presentano un significativo incremento, secondo il test di Kruskal-Wallis, dal 1999 al 2000 ($H_{Zn} = 28,3$, $p = 0,000$; $H_{Cu} = 29,64$, $p = 0,000$; $H_{Ni} = 35,30$, $p = 0,000$; $H_{Al} = 30,11$, $p = 0,000$; $H_{Cd} = 35,38$, $p = 0,000$; $H_{Hg} = 36,0$, $p = 0,000$). Cd, Hg e Ni mostrano picchi di concentrazione nell'inverno 2000, i restanti metalli (Al, Cu, e Zn) nell'estate del medesimo anno (Fig. 4).

Le anomalie positive di maggior rilievo nel periodo invernale sono state osservate sotto la piattaforma e nelle sue vicinanze. Infatti Cd, Cu, Hg, Zn presentano picchi di concentrazione in A2, mentre Al e Cu in A1, stazione situata a 30 m dalla struttura.

Nel periodo estivo si individuano anomalie positive per Cu e Zn in A4, per Hg in B4 e per Ni in A1 e B5. Nell'anno successivo si verifica un decremento delle concentrazioni che tornano a valori comparabili a quelli del 1999, sebbene permangano segnali di alterazione. Nell'inverno 2001, infatti, Cu e Hg mostrano anomalie positive nelle stazioni B1 e A5 rispettivamente, mentre Cd e Zn presentano picchi di concentrazione sotto la piattaforma (A2). Le anomalie positive a carico dello zinco osservate sotto la struttura permangono anche nell'ultimo campionamento, sebbene si osservi un sensibile calo di concentrazione.

DISCUSSIONE

La tessitura dei sedimenti mostra, nell'arco dei tre anni di indagine, variazioni relazionabili alla stagionalità. Infatti, durante i campionamenti estivi, in regime di basso idrodinamismo, è stato osservato un incremento delle frazioni fini rispetto ai periodi invernali. Le anomalie osservate, per lo più limitate all'estate del 2000, potrebbero testimoniare un effetto del rilascio dei fanghi di perforazione seppure una situazione di infangamento dell'area sia stata osservata da Fabi *et al.* (2003) e interpretata come l'effetto di fenomeni su più larga scala indipendenti dalla presenza delle piattaforme.

Le concentrazioni dei metalli osservate nel primo anno di campionamento rispecchiano i valori medi riportati in letteratura per l'Adriatico settentrionale (Guerzoni *et al.*, 1984) e non differiscono da quelli del sito di riferimento.

I campionamenti successivi hanno consentito di rilevare alcuni segni di alterazione: le anomalie sono state osservate prevalentemente nel 2000, ossia pochi mesi dopo la fine delle attività (protrattesi per tutto il 1999) di installazione e perforazione. Nell'anno successivo (2001) evidenti segnali di ripresa fanno ipotizzare che l'impatto sia connesso più alle operazioni di perforazione che alle attività di estrazione. L'incremento di molti metalli osservato nel 2000 può essere testimonianza di uno stato di alterazione che in quel periodo ha interessato l'intero areale (Fabi *et al.*, 2001a, b). Tuttavia, l'incremento osservato nel sito di controllo è

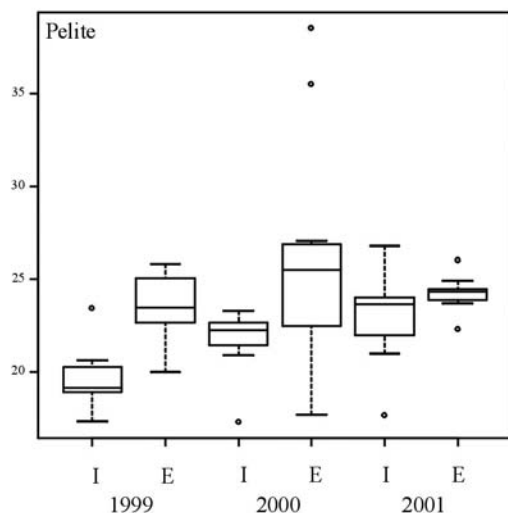


Fig. 2 - Diagrammi Box-Whisker relativi alla percentuale di pelite rinvenuta nei sedimenti campionati attorno alla piattaforma Annalisa e nel sito di riferimento.

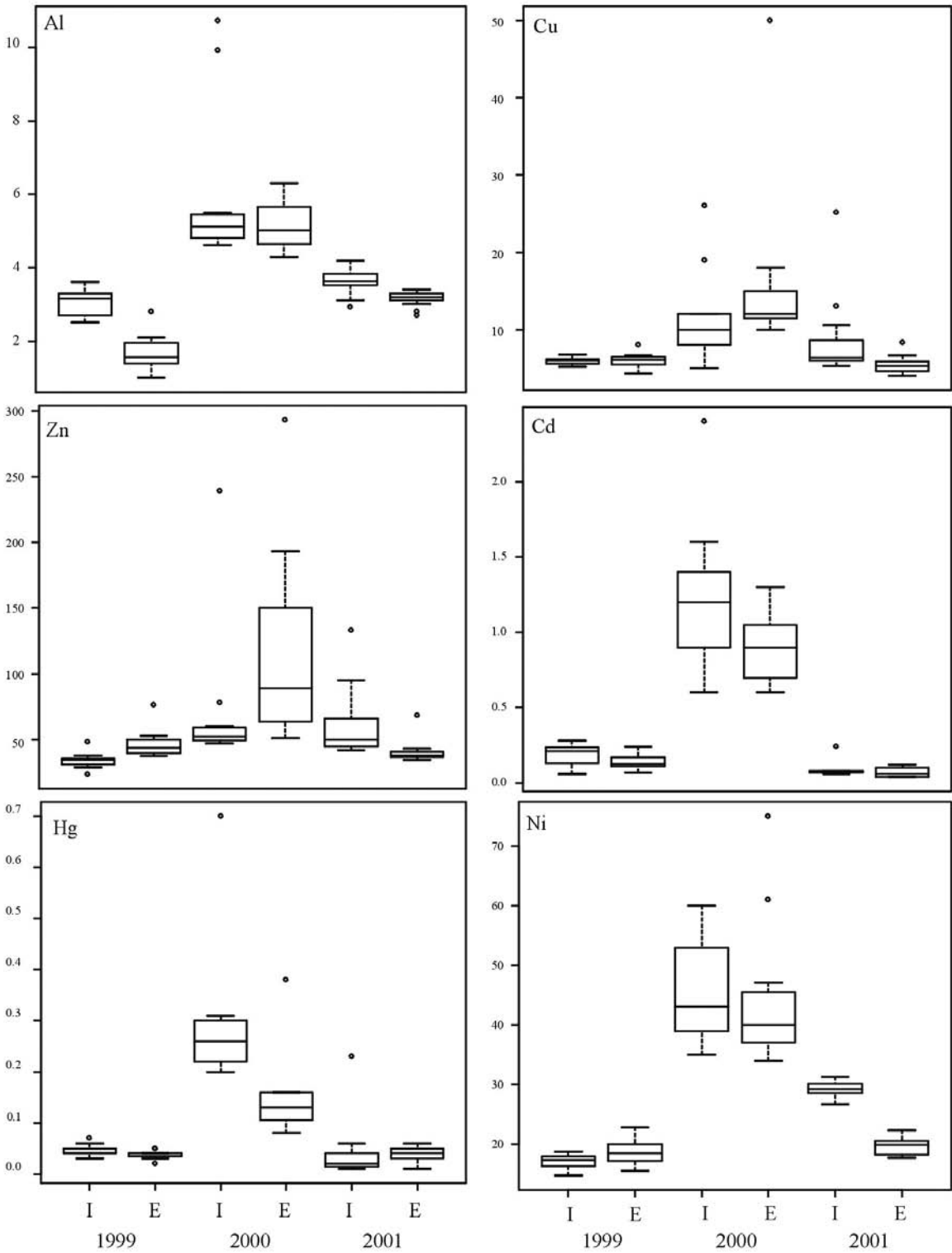


Fig. 4 - Diagrammi Box-Whisker relativi alle concentrazioni dei metalli pesanti rinvenuti nei sedimenti campionati attorno alla piattaforma Annalisa e nel sito di riferimento. Al espresso in percentuale, gli altri metalli in mg/kg s.s.

generazione, presentano basse percentuali di zinco. Anche in questo caso, gli Autori avevano osservato che i maggiori segni di alterazione avvengono nelle vicinanze della struttura e scompaiono nell'arco di circa un anno e mezzo dopo il termine delle operazioni di perforazione. Tuttavia lo zinco aveva mostrato anomalie positive nell'ultimo campionamento a testimonianza di un recupero più lento.

Comunque, in entrambi i casi, l'impatto è risultato limitato sebbene le due piattaforme siano situate in condizioni di differente regime idrodinamico.

Il modesto impatto potrebbe essere connesso, almeno in parte, all'uso di fanghi di trivellazione a base d'acqua che, come sottolineato da Olsgard & Gray (1995), causano minori alterazioni rispetto a quelli a base d'olio o a fluidi di sintesi.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il sig. O. Spinelli (CIBM Livorno) per l'assistenza nell'esecuzione delle analisi. Si ringraziano, inoltre, tutti i colleghi (IRPEM Ancona; CIBM Livorno) che hanno partecipato alle attività di campionamento.

BIBLIOGRAFIA

- Bombace G., Fabi G., Rivas G., 1999. Effetti sul popolamento ittico indotti da una piattaforma estrattiva dell'alto Adriatico: prospettive di gestione delle risorse costiere. *Biol. Mar. Medit.* 6: 64-72.
- Ellis J.I., Schneider D.C., 1997. Evaluation of a gradient sampling design for environmental impact assessment. *Environ. Monit. Assess.* 48: 157-172.
- Fabi G., Grati F., Lucchetti A., Trovatelli L., 2002. Evolution of fish assemblage around a gas-platform in the northern Adriatic Sea. *ICES J. Mar. Sc.* 59 (suppl): 309-315.
- Fabi G., Grati F., Puletti M., Scarcella G., 2004. Effects on fish community induced by installation of two gas platforms in the Adriatic Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 273: 187-197.
- Fabi G., Ausili S., Campanelli A., De Biasi A., Fornasiero P., Grati F., Grilli F., Marini M., Panfili M., Paschini E., Puletti M., Scarcella G., Spagnolo A., 2005. Methods of assessing the ecological impact of gas platforms in the Adriatic Sea: two different scenarios. In: Libro de Ponencias II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Marina - Oceanos III Millennium, Tomo I: 127-139. Editorial C.P.D., Madrid.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A., 2001a. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Regina - III Anno di indagine. Rapporto finale. Rapporto per ENI S.p.a. - Divisione Agip, 185 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., 2001b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Anemone (1999-2000). Rapporto finale. ENI S.p.a. - Divisione Agip, 119 pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A., 2003. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa - III Anno di indagine. Rapporto finale. Rapporto per ENI S.p.a. - Divisione Agip, 123 pp.
- Ferrari S., De Biasi A.M., Fabi G., Ceffa L., 2002. Metalli pesanti in sedimenti marini e organismi in prossimità di una piattaforma gas-metano posta nel Mar Adriatico Centrale. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Ser. B* 109: 105-110.
- Ferrari S., De Biasi A.M., Pacciardi L., Fabi G., Ceffa L., 2003. Bioaccumulo di metalli in tracce in *Mytilus galloprovincialis* prelevato sui jacket di una piattaforma gas-metano. *Atti Ass. Ital. Oceanol. Limnol.* 16: 115-120.
- Ferrari S., De Biasi A.M., Pacciardi L., Fabi G., Puletti M., 2004. Impiego del biondicatore *Mytilus galloprovincialis* per la valutazione dei livelli di metalli pesanti nei pressi di una piattaforma di estrazione gas-metano. *Biol. Mar. Medit.* 11: 322-325.
- Frascati F., Marcaccio M., Spagnoli F., Modica A., 2000. Effects of offshore drilling activities on the geochemical and sedimentological processes in the Northern Adriatic coastal area. *Period. Biol.* 102: 225-241.
- Frascati F., Rosso G., Bortoluzzi G., Barbanti A., Bonvicini Pagliai A.M., Crema R., Castelli A., Mauri M., Zunarelli R., Orlando E., Prevedelli D., Ceffa L., Ratti S., 1992. Environmental impact of water based drilling muds and cuttings in a northern Adriatic Sea site. *Bull. Inst. Ocean.* 11: 305-324.
- Frascati F., Rosso G., Bortoluzzi G., Barbanti A., Ravaioli M., Bonvicini Pagliai A.M., Crema R., Castelli A., Mauri M., Zunarelli R., Orlando E., Prevedelli D., Ceffa L., Ratti S., 1991. Uno studio sull'impatto dell'attività di perforazione in ambiente marino. *Atti Soc. Ital. Ecol. (S.It.E.)* 12: 761-767.
- Guerzoni S., Frignani M., Giordani P., Frascati F., 1984. Heavy metals in sediments from different environments of a Northern Adriatic Sea area, Italy. *Environ. Geol. Water Sc.* 6: 111-119.
- Mauri M., Polimeni R., Modica A., Ferraro M., 1998. Heavy metal bioaccumulation associated with drilling and production activities in Middle Adriatic Sea. *Fresenius Environ. Bull.* 7: 60-70.
- Mauri M., Spagnoli F., Marcaccio M., 2004. Heavy metal in sediments and bioaccumulation in the Bivalve *Corbula gibba* in a drilling discharge area. *Annali di Chimica* 94: 57-69.
- Montagna P., Harper D.E. Jr., 1996. Benthic infaunal long-term response to offshore production platforms in the Gulf of Mexico. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2567-2588.
- Olsgard F., Gray J.S., 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 122: 277-306.

(ms. pres. il 12 ottobre 2005; ult. bozze l'8 febbraio 2007)

