

Caratteri geochemici dei depositi attuali della Sacca di Goro (Delta del Po)

Enrico Dinelli¹, Giovanni Gabbianelli¹ e Umberto Tessari²

¹Scienze Ambientali, Università di Bologna, via degli Ariani, 1- 48100 Ravenna

²Dipartimento di Scienze Geologiche e Paleontologiche, Università di Ferrara
C.so Ercole I d'Este, 32 – 44100 Ferrara

Riassunto

L'attuale sedimentazione all'interno della Sacca di Goro, prevalentemente fine e ricca in biodepositi e sostanza organica, condiziona la distribuzione dei metalli pesanti che raggiungono le maggiori concentrazioni nelle zone centro-orientali dell'area. Pb, Cu e Zn sembrano essere in parte condizionati anche dalla presenza di materia organica che, in queste condizioni, ha modo di concentrarsi e conservarsi. Il confronto con i sedimenti del Po evidenzia che Pb e Zn risultano concentrati rispetto alla composizione del più importante sistema di alimentazione dell'area. Per altro, proprio questi elementi, insieme al Cu e così come evidenziato dal confronto con tenori di fondo misurati in aree limitrofe, risultano quelli più influenzati dalle attività antropiche.

Introduzione

Nell'ambito delle ricerche interdisciplinari condotte negli ultimi anni sulla Sacca di Goro (Fig. 1) in collaborazione tra Università di Ferrara e Bologna, è stata eseguita una serie di campionature al fine di delineare le principali caratteristiche geochemiche degli attuali depositi sedimentari.

Come noto, infatti, i fondali della Sacca, prevalentemente costituiti da materiali fini (Fig. 2) e ricchi in sostanza organica anche per le periodiche crisi anossiche che vi si sviluppano (Viaroli e Fumagalli, 1991; Barbanti et al., 1992; Azzoni et al., 1999), risentono in modo considerevole degli apporti di acque dolci delle reti di bonifica ferrarese, bassa modenese e oltrepò mantovano, le cui colatizie, canali e chiaviche scolano acque nel Po di Goro, di Volano o nel Canal Bianco, contribuendo così a conferirgli una salinità media normalmente inferiore al 28‰ (Bondesan, 1988).

A questi si sono probabilmente aggiunte negli ultimi decenni significative quantità di biodepositi derivanti dalla intensiva vallicoltura (vongole, mitili, ecc) che, unitamente alla pesca, rappresenta la più importante attività economica dell'area.

E' ovvio quindi che la conoscenza dei parametri chimici del substrato su cui queste attività economiche si impostano assume particolare rilevanza e la valutazione di un eventuale grado di inquinamento dell'area rappresenta un parametro di primaria importanza. Sorgenti locali di inquinamento possono essere sporadicamente importanti, ma il maggior carico di sostanze inquinanti nell'area dovrebbe essere trasportato dagli immissari (Po di Volano, Canale Bianco, Po di Goro) e ridistribuiti all'interno dell'ambiente lagunare secondo uno schema circolatorio del tipo di quello delineato in Figura 1.

In questo lavoro una valutazione della qualità dei sedimenti superficiali della Sacca di Goro verrà effettuata prendendo a riferimento i dati relativi ai sedimenti trasportati dal fiume Po (Dinelli e Lucchini, 1999) considerati quelli quantitativamente più importanti nel regime deposizionale dell'area.

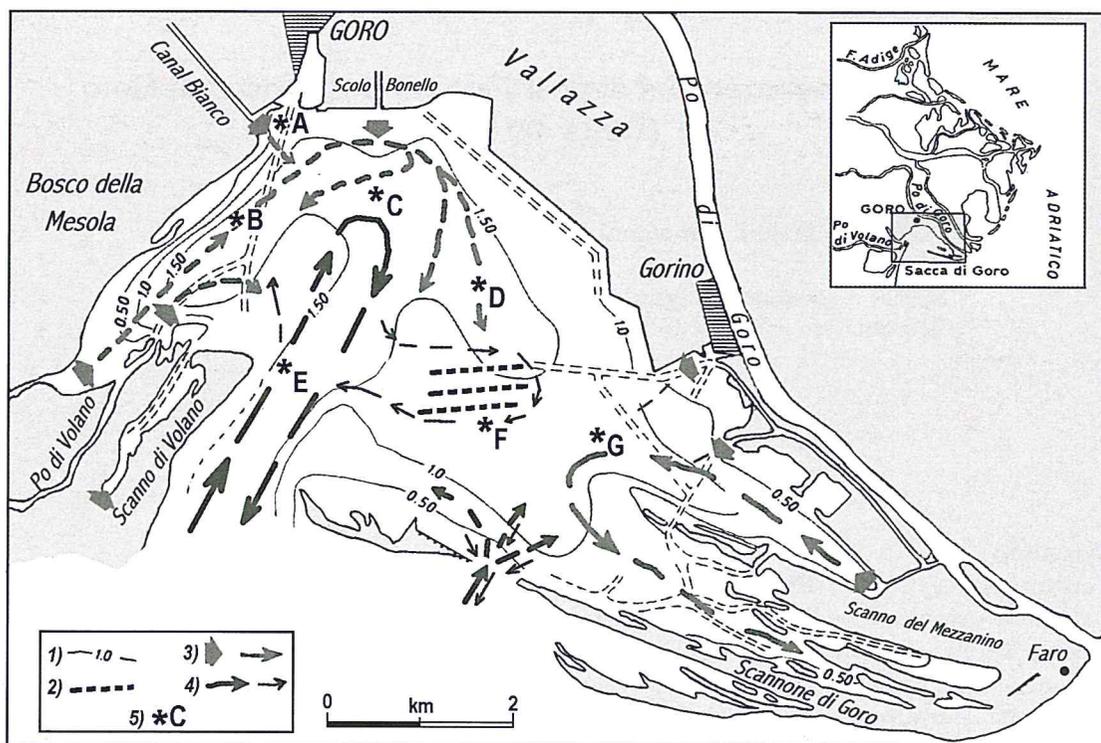


Figura 1 - Schema geomorfologico ed idrologico della Sacca di Goro con ubicazione delle campionature effettuate (da Aquater, 1990 e Lamberti, 1998, mod.).

Assetto geografico- ambientale della Sacca

La Sacca di Goro, che attualmente si estende su un'area di circa 24,5 km², presenta profondità medie dell'ordine dei 0.50 – 1.50 m metri ed in base alla sua morfologia e caratteristiche idrodinamiche può essere suddivisa in due settori a diverse caratteristiche (Fig. 1; Simeoni, 1998). Il primo, centro-occidentale, è caratterizzato dagli apporti del Po di Volano, del Canal Bianco e dello Scolo Bonello che determinano un flusso di acque dolci prevalentemente confinato nelle porzioni più interne e costiere. Nella zona più esterna e in quelle centrali si sviluppa invece il canale navigabile (artificialmente mantenuto a profondità di 2- 3 m circa per permettere l'accesso al Porto di Goro) che, con andamento nord-sud ed ampio 1, 25 km circa, rappresenta la via di maggior interscambio delle acque interne con il mare aperto. Interscambio controllato soprattutto da un regime microtidale (escursione media di marea dell'ordine dei - 40 / + 80 cm), prevalentemente limitato a questa porzione centro-occidentale in cui, per altro, si sviluppano alcuni impianti di miticoltura (Fig. 1). Per contro, l'opposto settore orientale, più ampio e centrato sullo Scannone o Piallazza che confina la Sacca verso mare, presenta fondali meno profondi (mediamente inferiori al metro) ed articolati per lo sviluppo di vaste aree barenicole la cui estensione varia sensibilmente con la marea. Queste ultime rappresentano in genere i residui dei sistemi di frecce litoranee che nell'ultimo secolo circa si sono alternati sul lato sottocorrente (occidentale) della Foce del Po di Goro (Dal Cin 1994; Simeoni et al., 1998).

In questo settore gli interscambi con le acque marine sono in genere limitati e localizzati in corrispondenza di una bocca secondaria dello Scannone (artificialmente aperta nel 1992 a tale scopo e progressivamente allargatasi sino alle attuali dimensioni; Fig. 1). Le acque dolci provengono pressochè totalmente dal Po di Goro attraverso un sistema di chiuse e canali di recente costruzione e tali flussi risultano del tutto confinati nell'area (Lamberti, 1998; Simeoni et al., 1998). Anche in

quest'area orientale, per altro, l'originario intreccio di canali mareali, che ne assicuravano l'officiosità idraulica, è stato profondamente alterato da tutta una serie di interventi artificiali.

In tal senso, recenti modelli sull'idrodinamica e sui fenomeni di trasporto-dispersione registrabili all'interno della Sacca evidenziano come la marea non sia oggi più sufficiente, allontanandosi progressivamente dalle bocche lagunari, ad evitare ampie zone di sofferenza negli scambi idrici così come una flottazione ristretta e, soprattutto, mai in uscita, nei settori più interni ed orientali della sacca (Lamberti, 1998).

Materiali e metodi analitici

Le campionature, opportunamente distribuite ai fini di risultare il più possibile rappresentative in funzione delle caratteristiche sedimentologiche ed idrodinamiche della Sacca (oltre che comparabili con precedenti indagini; Fagioli et al., 1991, 1994; Simeoni et al., 1998), sono state effettuate una prima volta nell'Aprile 1997 e ripetute poi nelle stesse posizioni (attraverso un sistema GPS differenziale che ha garantito precisioni relative di circa 1 m) nel successivo mese di Ottobre; esse sono in tal modo rappresentative di condizioni generali della Sacca sia di tipo invernale che estivo. In Figura 1 sono riportate le posizioni di ogni prelievo effettuato attraverso una benna del tipo "Ehkmann" da 250 cm³. Sui campioni così raccolti sono state svolte analisi granulometriche tramite setacciatura a secco, separando la frazione sabbiosa da quella pelitica (vaglio a 63 µm).

La loro composizione chimica è stata valutata tramite spettrometria per fluorescenza di raggi X (XRF) utilizzando uno spettrometro Philips PW1480 con tubo ad anticatodo di Rh seguendo i metodi proposti da Franzini et al. (1972, 1975), Leoni e Saitta (1976) e Leoni et al. (1982) per la correzione degli effetti di matrice. Per le analisi sono stati utilizzati 0,5 gr di campione pressati su un supporto di acido borico. Accuratezza e precisione, valutate utilizzando standard internazionali come riferimento, sono risultate migliori del 5% tranne che per gli elementi presenti a tenori < 10 ppm (10-15%). Il contenuto in elementi volatili, indicato dalla sigla LOI, è stato determinato gravimetricamente dopo riscaldamento per 12 ore a 950°C.

Sugli stessi campioni sono stati valutati anche i tenori di C_{totale}, C_{organico} e di N_{totale}, utilizzando un analizzatore elementare Carlo Erba CHN/S Analyzer, seguendo le metodologie standardizzate per l'analisi di questi elementi su sedimenti che prevedono l'attacco dei carbonati con HCl diluito per la determinazione del C_{organico}.

Risultati e discussione

Granulometria

I risultati delle analisi granulometriche svolte sui campioni, riportate in Tabella 1 ed in Figura 2, evidenziano una prevalenza di sedimenti fini nelle zone nord-orientali della Sacca, come già verificato da Dal Cin e Pambianchi (1991), abbastanza simile in entrambi i periodi di campionamento.

Tabella 1 - Caratteristiche granulometriche dei campioni.

Stazione	Aprile		Ottobre	
	% Sabbia fine	%Pelite	%Sabbia fine	% Pelite
1	64.2	35.8	84.6	15.4
3	2.3	97.7	15.1	85.9
4	3.2	96.8	2.4	97.6
16	25.5	74.5	31.1	68.9
17	3.5	96.5	2.6	97.4
22	56.3	43.7	51.4	48.6
23	15.3	84.7	27.2	72.8

Sedimenti leggermente più grossolani (circa 30% di sabbia) caratterizzano la stazione 16, allo sbocco del Canal Bianco e la stazione 22, localizzata vicino ad una delle bocche di entrata nella Sacca, che mostra una granulometria media più grossolana, con contenuti in sabbia in entrambe le campionature superiori al 50%. L'unica stazione che mostra sensibili variazioni stagionali nella granu-

lometria del sedimento è la stazione 1, a sabbia prevalente nella campionatura di Aprile, più fine nella campionatura di Ottobre.

Analisi chimica degli elementi maggiori

I risultati delle analisi svolte sui sedimenti superficiali prelevati nelle due campagne di campionamento sono riportati in Tabelle 2 e 3. Il sedimento non è stato preventivamente trattato per eliminare eventuale acqua salata intrappolata e ciò spiega i tenori elevati di N_2O e S che non sono stati considerati nell'interpretazione.

Tabella 2 - Elementi maggiori contenuti nei sedimenti superficiali della Sacca di Goro, nelle due campionature di Aprile e Ottobre 1997.

	Aprile								Ottobre								
	1	3	4	6	16	17	22	23	1	3	4	6	16	17	22	23	Po ^a
SiO ₂	46.04	42.62	41.07	50.39	45.93	42.14	46.68	41.28	31.25	42.60	42.21	43.51	51.82	43.13	48.16	33.86	47.33
TiO ₂	0.48	0.54	0.50	0.25	0.49	0.49	0.44	0.53	0.37	0.52	0.52	0.52	0.49	0.49	0.46	0.45	0.57
Al ₂ O ₃	10.56	13.04	12.67	8.08	12.07	12.91	10.43	12.50	9.70	12.89	12.88	12.74	9.98	12.35	10.89	10.62	13.3
Fe ₂ O ₃	4.27	5.45	5.31	2.74	4.78	5.13	4.19	5.19	3.96	5.11	5.62	5.74	4.30	4.88	4.46	4.42	5.29
MnO	0.13	0.12	0.13	0.11	0.13	0.13	0.13	0.14	0.11	0.11	0.14	0.14	0.15	0.12	0.12	0.12	0.15
MgO	3.37	4.04	4.09	2.43	3.63	4.26	3.36	3.76	3.33	4.15	4.27	3.76	3.36	4.23	3.86	3.48	4.09
CaO	12.91	9.12	9.03	14.80	8.35	7.83	9.29	11.74	16.98	8.76	9.67	8.66	11.45	8.25	9.72	16.71	13.45
Na ₂ O	2.78	3.09	3.69	3.40	2.81	4.11	2.59	2.69	3.62	3.63	3.22	2.74	2.83	4.49	4.18	2.63	0.86
K ₂ O	2.10	2.54	2.49	2.02	2.34	2.39	1.93	2.43	1.86	2.44	2.49	2.48	1.97	2.26	2.04	2.09	2.02
P ₂ O ₅	0.11	0.12	0.12	0.09	0.11	0.13	0.13	0.10	0.11	0.11	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.11	0.15
LOI	17.25	19.32	20.91	15.67	19.35	20.49	20.82	19.64	28.70	19.67	18.85	19.55	13.52	19.66	15.97	25.52	12.79
CO ₂	6.75	8.54	6.12	9.86	7.74	6.49	8.95	6.71	8.84	7.11	5.46	3.81	8.87	5.68	6.93	7.48	
Corg	1.21	1.50	2.40	0.89	1.22	1.82	0.85	1.55	2.20	2.00	2.10	2.90	0.80	1.90	0.90	2.50	
N	0.06	0.25	0.28	0.03	0.17	0.22	0.14	0.12	0.28	0.26	0.27	0.30	0.09	0.21	0.05	0.33	

^a dati da Dinelli e Lucchini (1999)

I sedimenti sono principalmente costituiti da una componente silicoclastica e da una componente carbonatica. Come mostrato in Figura 3 la relazione negativa esistente tra Al₂O₃ e CaO conferma la reciprocità delle componenti mentre una analoga correlazione negativa tra Al₂O₃ e SiO₂ suggerisce un loro legame con componenti diverse, rispettivamente una componente fine ed una componente grossolana costituita prevalentemente da quarzo.

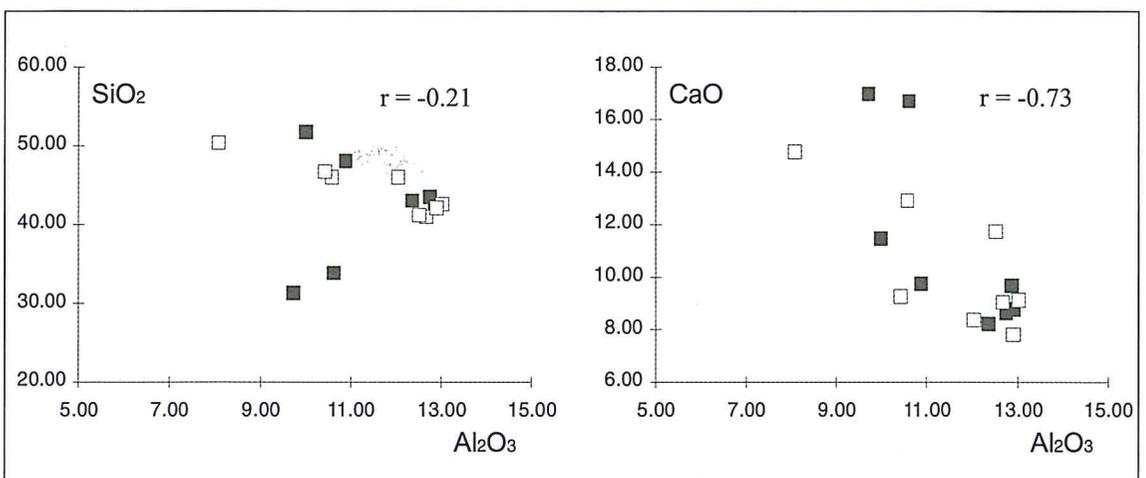


Figura 3 - Relazione SiO₂/Al₂O₃ (a) e CaO/Al₂O₃ (b) nei sedimenti superficiali della Sacca di Goro (quadrato pieno: campionatura Ottobre; quadrato vuoto: campionatura Aprile). In entrambi i casi, pur con qualche eccezione, è evidente una correlazione negativa tra gli elementi. (coefficienti di correlazione espressi come "r").

Tabella 3 - Elementi in traccia contenuti nei sedimenti superficiali della Sacca di Goro, nelle due campionature di Aprile e Ottobre 1997.

	Aprile								Ottobre								Po ^a
	1	3	4	6	16	17	22	23	1	3	4	6	16	17	22	23	
Sc	12	13	11	9	11	13	11	13	12	11	13	14	14	9	12	15	16
V	77	106	98	43	93	97	76	97	72	103	100	103	73	89	76	87	91
Cr	199	208	190	106	190	193	205	199	141	202	203	207	202	185	198	169	196
Co	15	18	18	8	18	17	13	16	8	17	18	22	12	14	11	13	16
Ni	104	123	118	75	115	113	107	124	94	116	120	123	105	105	104	113	126
Cu	38	56	50	25	37	48	32	52	39	53	60	52	30	43	34	48	53
Zn	108	177	157	72	104	146	111	144	117	170	162	159	94	139	114	151	129
Ga	14	16	16	13	13	14	13	15	15	15	16	17	15	14	15	16	9
Rb	90	129	122	73	117	106	78	116	93	114	120	121	75	105	68	99	84
Sr	429	312	320	406	344	234	248	390	693	295	325	305	291	252	203	625	270
Y	19	21	19	9	25	18	21	18	14	18	18	23	23	19	15	16	20
Zr	122	120	112	55	159	110	161	121	76	117	117	121	190	126	115	84	132
Nb	10	13	14	6	14	11	11	14	11	12	16	13	12	14	11	9	10
Ba	237	261	239	283	267	245	247	273	178	271	274	284	241	237	249	225	336
La	23	28	24	13	25	24	21	27	22	25	27	31	24	26	27	27	28
Ce	60	63	64	21	50	52	43	50	42	55	58	59	61	56	39	44	42
Pb	32	50	41	22	28	31	23	39	31	55	45	36	22	32	18	35	34
Th	7	9	12	9	16	11	9	9	4	10	11	7	13	13	13	11	7
S	3446	8417	9539	3811	9832	8657	1534	7155	6175	7878	11484	7240	3508	9194	3624	6452	383

^a dati da Dinelli and Lucchini (1999)

Variazioni stagionali

Il confronto tra le due campionature (Fig. 4) evidenzia una differenza particolarmente marcata per la stazione 6, localizzata alla fronte della foce del Po di Volano, la marcata diminuzione dei carbonati ed un marcato aumento di tutti gli elementi legati alla componente argillosa del sedimento suggeriscono l'aumento della componente detritica silicoclastica.

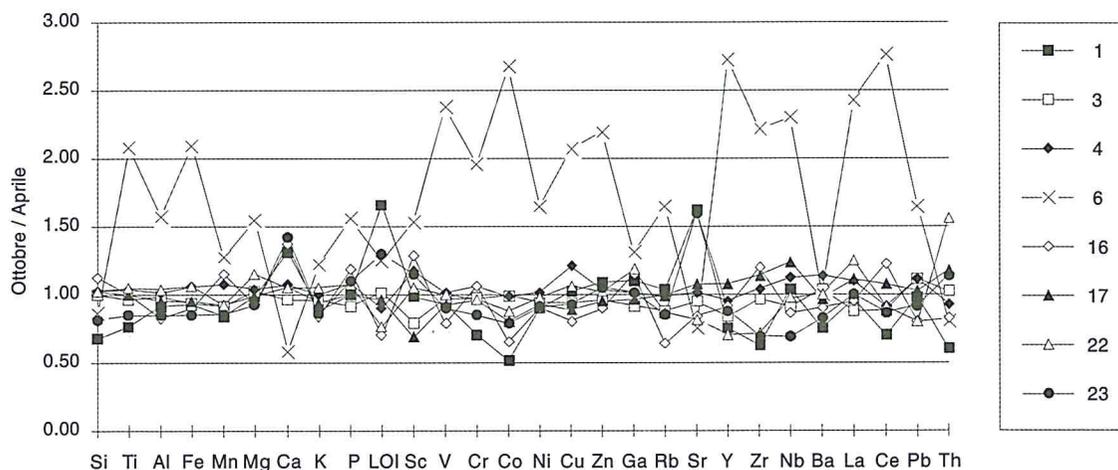


Figura 4 - Confronto tra i risultati delle campionature (Ottobre/Aprile). La stazione 6 mostra le maggiori differenze tra le due campionature. Minori differenze interessano i siti 1, 23 e 16, che hanno una componente carbonatica più abbondante nella campionatura di Ottobre.

Questa è una zona in cui gli apporti da terra rappresentano la principale fonte di alimentazione del sedimento (Barbanti et al., 1992), e quindi significative variazioni nella composizione potrebbero essere condizionate dall'andamento della dinamica fluviale.

Minori differenze riguardano altre tre stazioni (16, 1 e 23) principalmente legate ad una maggiore importanza della componente carbonatica nel periodo autunnale, mentre le altre stazioni non evidenziano alcuna differenza sistematica.

Distribuzione dei metalli pesanti

Studi precedenti (Fagioli et al., 1991; 1994) relativi alla valutazione dello stato di inquinamento della Sacca di Goro da metalli pesanti avevano suggerito un significativo inquinamento da Cr e Ni ed un moderato inquinamento da Cu e Zn.

Le relazioni esistenti tra i metalli pesanti analizzati nel presente studio e l' Al_2O_3 (Fig. 5) evidenziano una relazione positiva, con grado di correlazione variabile da elemento a elemento, ed è generalmente buono per Ni e Co e Cr, mentre altri elementi (Cu, Zn e Pb) mostrano una dispersione leggermente maggiore. E' lecito attendersi le concentrazioni maggiori dei metalli nelle zone della Sacca dove la sedimentazione è a dominante argillosa: la zona orientale della Sacca di Goro rappresentata dalle stazioni 23, 3 e 4. Il confronto di questi stessi elementi con il contenuto in Corg (Fig. 6) evidenzia una correlazione positiva con Cu, Zn e Pb, per i quali quindi si può supporre un ruolo importante della sostanza organica nel controllarne la distribuzione. Questo giustificherebbe anche il più basso grado di correlazione osservata tra questi elementi e Al_2O_3 .

Sedimenti a dominante argillosa favoriscono una minore ossigenazione del sedimento e quindi un maggiore potenziale di preservazione della sostanza organica.

L'assenza o la scarsa correlazione degli altri tre elementi indicano che la componente silicoclastica del sedimento ricopre un ruolo fondamentale nella loro distribuzione, scarsamente condizionata da altri fattori nel sedimento.

Qualità dei sedimenti

La valutazione dello stato di inquinamento da metalli pesanti in un ambiente ristretto come questo deve considerare quelli che sono gli apporti dei principali tributari, in questo caso il Po di Volano ed il Po di Goro. I dati presentati da Dinelli e Lucchini (1999) relativi a sedimenti di fondo trasportati dal Po (Tab. 2) sono stati utilizzati per valutare la qualità del sedimento.

Il risultato del confronto (Fig. 7) evidenzia come le concentrazioni sia pur elevate di elementi come Cr, Ni, e Co osservate nel sedimento non siano in realtà molto diverse da quelle osservate nei sedimenti del fiume Po. Differenze sistematiche esistono per i valori della LOI, probabilmente condizionati da alti valori di materia organica presente nei sedimenti (come riportato da Azzoni et al., 1999) vista la mancanza di correlazione con CaO. Solo due siti, 1 e 23 nella campionatura relativa al mese di Ottobre, hanno alti valori di CaO, al quale si associa anche Sr, e chiaramente indicatori di accumulo di detrito carbonatico. I metalli pesanti non mostrano sostanziali differenze con i sedimenti del Po anche se nelle stazioni 3 e 4 Zn e Pb, mostrano arricchimenti di circa 1,5x rispetto ai valori del fiume Po.

Studi svolti in zone limitrofe (Amorosi et al., 1999; Dinelli, 1999; Dinelli et al. 1999) su dati relativi a campioni di sondaggi hanno evidenziato che alti valori di Cr, Co e Ni cominciano a comparire dal passaggio Pleistocene-Olocene nell'area e sono quindi da ritenersi indicatori di provenienza del sedimento e non testimoni di inquinamento. Questi stessi dati sono stati utilizzati come stima dei tenori di fondo per la valutazione della qualità dei sedimenti fluviali (Dinelli et al., 1999) evidenziando che i sedimenti attuali del fiume Po risultino inquinati soprattutto da Cu, Pb e Zn. Ciò significa che nella Sacca di Goro questi elementi, come abbiamo visto anche più concentrati rispetto ai sedimenti fluviali, sono potenzialmente inquinanti, mentre Cr, Co e Ni mostrano concentrazioni confrontabili con quelle comuni nell'area già dal limite Pleistocene-Olocene e quindi una loro origine antropica è da ritenersi decisamente ridotta.

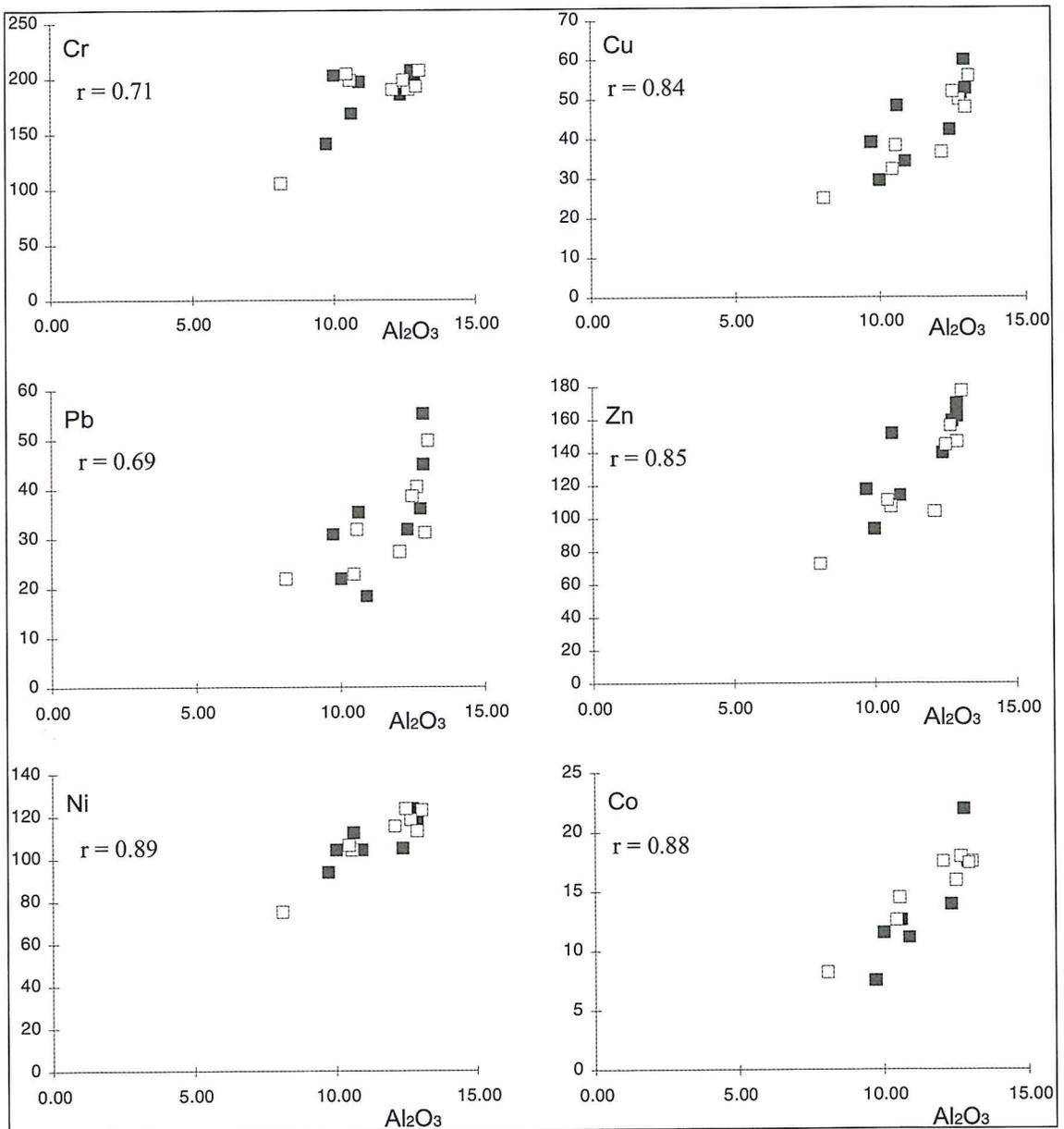


Figura 5 - Relazione tra Al_2O_3 ed alcuni metalli pesanti nei sedimenti superficiali della Sacca di Goro (simboli come in Fig. 2). Il buon grado di correlazione tra i parametri suggerisce un controllo importante della componente argillosa del sedimento sulla distribuzione di questi metalli. (coefficienti di correlazione espressi come "r").

Conclusioni

La sedimentazione fine all'interno della Sacca di Goro, localizzata nelle zone centro-orientali della laguna, condiziona in maniera importante la distribuzione dei metalli pesanti che in queste zone raggiunge le maggiori concentrazioni. Pb, Cu e Zn sembrano essere condizionati in parte anche dalla presenza di materia organica, che in queste condizioni ha modo di concentrarsi e conservarsi.

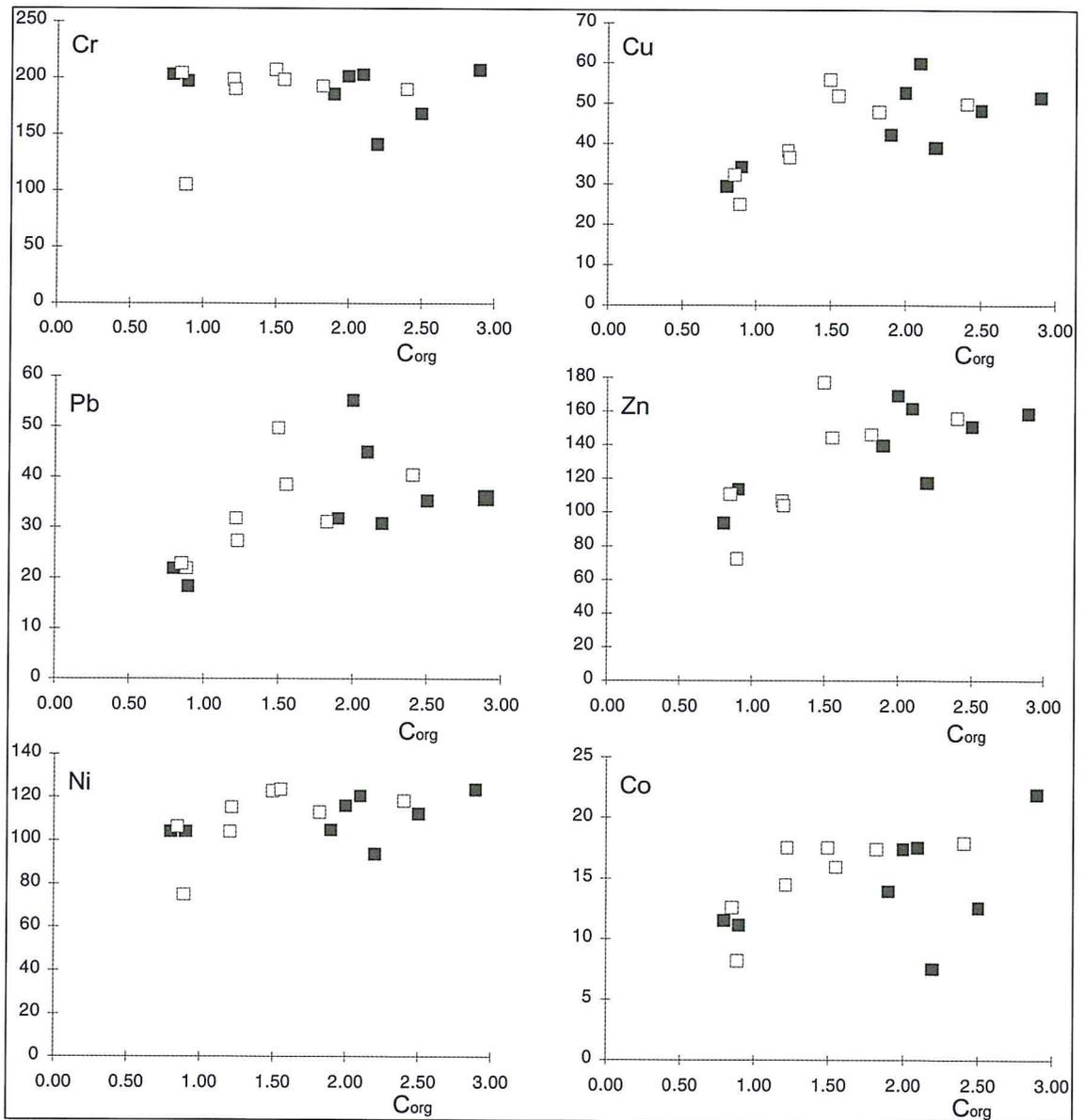


Figura 6 - Relazione tra C_{org} e gli stessi elementi di Figura 5 nei sedimenti superficiali della Sacca di Goro (simboli come in Figura 3).

Il confronto con i sedimenti del Po evidenzia che Pb e Zn risultano concentrati nella zona della Sacca di Goro rispetto alla composizione del più importante sistema di alimentazione dell'area. Proprio questi elementi insieme al Cu sono risultati gli elementi più influenzati dalle attività antropiche nell'area, come risulta dal confronto con tenori di fondo misurati in aree limitrofe.

Ringraziamenti

Le analisi alla fluorescenza a raggi-X si sono rese possibili grazie alla collaborazione del Dott. Alceo Mordenti del Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell'Università di Bologna. Per le analisi di C_{org} e N si ringrazia il Centro Studi Ambientali di Rimini.

Lavoro svolto con fondi ex- 60% dell'Università di Bologna (Resp. G. Gabbianelli).

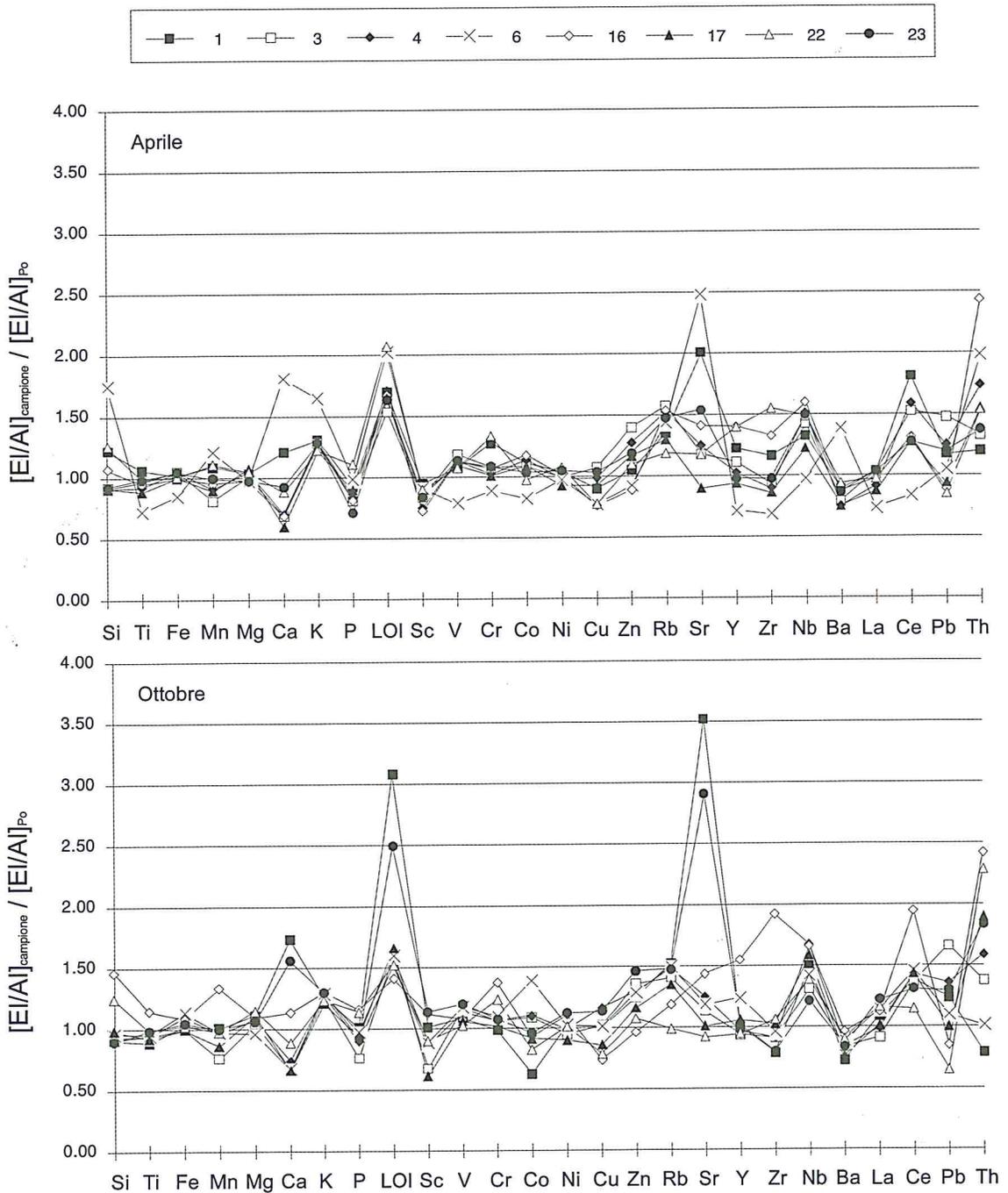


Figura 7 - Confronto tra i dati dai sedimenti superficiali della Sacca di Goro ed i sedimenti attuali del fiume Po (dati in Tab. 2). In grafico sono riportati i valori dei fattori di arricchimento $[(Ei/Ai)_{campione} / (Ei/Ai)_{riferimento}]$ in modo da ridurre l'effetto diluente di carbonati e materiale grossolano.

Bibliografia

Amorosi A., Centineo M.C., Dinelli E., Lucchini F. e Tateo F. (1999) - *Provenance changes across the Pleistocene/Holocene boundary in the south-eastern Po-Plain*. In: H. Ámannsson (Ed.) *Geochemistry of the Earth Surface (GES-5, Reykiavik, 16-20 Agosto 1999)*. Balkema, Rotterdam: 23-26.

- Aquater (1990) – *Piano di risanamento della Sacca di Goro*. Relazione finale, Amministrazione Provinciale di Ferrara. pp. 76.
- Azzoni R., Giordani G., Gazzola S. e Bonoli M. (1999) - *Accumulation of phosphorus in relation to iron and sulphur in the surficial sediments of three coastal lagoons: Sacca di Goro, Valle Smarlacca (Italy) and Arcachon Bay (France)*. Atti AIOL, 13: 75-84.
- Barbanti A., Ceccherelli V.U., Frascari F., Rosso G. e Reggiani G. (1992) - *Nutrient release from sediments and the role of bioturbation in the Goro Lagoon (Italy)*. In: Vollenweider R.A., Marchetti R., Viviani R. (eds): "Marine coastal eutrophication". Elsevier, Amsterdam: 475-487.
- Dal Cin R. (1994) - *Lo Scannone di Goro nel Delta del Po: evoluzione morfologica e possibili interventi per conservare l'ambiente della laguna retrostante*. In: Bencivelli S., Castaldi N. e Finessi D. (a cura di) *Sacca di Goro: studio integrato sull'ecologia - 2° anno di ricerche*. Provincia di Ferrara, Franco Angeli, Milano: 291- 303.
- Dal Cin R. e Pambianchi P. (1991) - *I sedimenti nella Sacca di Goro*. In: Bencivelli S. e Castaldi N. (a cura di) *Studio integrato sull'ecologia della Sacca di Goro*. Provincia di Ferrara, Franco Angeli, Milano: 253- 263.
- Dinelli E. (1999) - *Caratteristiche geochimiche dei sedimenti*. In: Amorosi A. (a cura di): *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F° 223 Ravenna*: 135-139.
- Dinelli E. e Lucchini F. (1999) *Sediment supply to the Adriatic sea basin from the Italian rivers: geochemical features and environmental constraints*. *Giornale di Geologia*, 61, 121-132
- Dinelli E., Amorosi A., Centineo M.C. e Lucchini F. (1999) - *Geochimica dei sedimenti sepolti della Pianura Padana - uno strumento per valutare la qualità dell'ambiente*. "Conoscenza e salvaguardia delle aree di pianura", Ferrara, 8-11 Novembre 1999: 159-162.
- Fagioli F., Landi S., Locatelli C. e Vecchiotti R. (1991) - *Valutazione del carico di metalli nelle acque, nei sedimenti e nei principali organismi accumulatori*. In: Bencivelli S. e Castaldi N. (a cura di) *Studio integrato sull'ecologia della Sacca di Goro*. Provincia di Ferrara, Franco Angeli, Milano: 135-172.
- Fagioli F., Righini F., Landi S. e Locatelli C. (1994) - *Valutazione del carico di metalli nelle acque, nei sedimenti e nei principali organismi accumulatori (Aprile 1990 - Marzo 1991)*. In: Bencivelli S., Castaldi N. e Finessi D. (a cura di) *Sacca di Goro: studio integrato sull'ecologia - 2° anno di ricerche*. Provincia di Ferrara, Franco Angeli, Milano: 177-226.
- Franzini M., Leoni L. e Saitta M. (1972) - *A simple method to evaluate the matrix effects in X-Ray fluorescence analysis*. *X-Ray Spectrom.*, 1: 151-154.
- Franzini M., Leoni L. e Saitta M. (1975) - *Revisione di una metodologia analitica per fluorescenza-X, basata sulla correzione completa degli effetti di matrice*. *Rend. Soc. It. Min. Petrol.*, 31: 365-378.
- Lamberti P. (1988) - *Opere di Somma urgenza per la movimentazione naturale delle acque all'interno della Sacca di Goro*. Progetto esecutivo: relazione idraulica. Amm. Provinciale di Ferrara.
- Leoni L. e Saitta M. (1976) - *X-ray fluorescence analysis of 29 trace elements in rock and mineral standard*. *Rend. Soc. It. Min. Petrol.*, 32: 497-510.
- Leoni L., Menichini M. e Saitta M. (1982) - *Determination of S, Cl, and F in silicate rocks by X-Ray fluorescence analyses*. *X-Ray Spectrom.*, 11: 156-158.
- Simeoni U., Borghesi A., Calderoni G., Ciavola P., Fontolan G., Gatti M., Gonella M., Tessari U. e Zamariolo A., (1998) - *Analisi previsionale dell'evoluzione dello Scanno e della Sacca di Goro*. Relazione finale, Regione Emilia-Romagna. pp. 273.
- Viaroli P., Fumagalli L. e Cavalca M. (1991) - *Chemical composition and decomposition of Ulva rigida in a coastal lagoon (Sacca di Goro, Po River Delta)*. In: Vollenweider R.A., Marchetti R., Viviani R. (eds): "Marine coastal eutrophication". Elsevier, Amsterdam: 471- 474.