FIUME NERA

Valutazione dello stato qualitativo dei sedimenti

Rapporto Tecnico

Maggio 2009

04 / Introduzione

04 / Campionamento

05 / Lago dell'AIA

07 / Illustrazione dei dati analitici

12 / Lago di S. Liberato

13 / Illustrazione dei dati analitici

18 / Conclusioni

Gruppo di Lavoro

Redazione	Contributi	Versione	Visto
Dott.ssa Sonia Renzi Dott. Mirko Nucci Dott. Michele Sbaragli	Dott. Gianluca Brufola Dott. Nicola Morgantini		

arpa umbria
agenzia regionale per la protezione ambientale

via Pievaiola - San Sisto - 06132 - Perugia / tel 075 515961 / fax 075 51596235 / www.arpa.umbria.it / arpa@arpa.umbria.it

1. INTRODUZIONE

Per effettuare una prima valutazione dello stato di qualità ambientale del fiume Nera, sono stati condotti dei campionamenti di sedimento fine depositatosi lungo l'alveo. E' stata focalizzata l'attenzione sulla matrice sedimento, vista l'affinità dei metalli pesanti e di altri inquinanti per i materiali a granulometria fine ricchi in sostanza organica che, per le loro caratteristiche fisico-chimiche e granulometriche, possono favorire la ritenzione e l'accumulo di sostanze potenzialmente tossiche.
Il fiume Nera è un corso d'acqua ad alta energia, in cui non sono favoriti né la deposizione, né tanto meno l'accumulo di sedimento fine in alveo. Per questo motivo i campionamenti sono stati eseguiti all'interno dei laghi Aia e S. Liberato, invasi artificiali alimentati in parte o totalmente dal Nera, che rappresentano due importanti bacini di sedimentazione lungo il corso del fiume.
I due invasi vengono utilizzati per la produzione di energia elettrica; il lago dell'Aia è gestito da *EON*, mentre l'invaso di S. Liberato da *ACEA Electrabel produzione Spa*. La gestione dei bacini prevede azioni repentine di accumulo e rilascio di acqua, per ottimizzare la produzione di energia elettrica presso le relative centrali. Tali azioni comportano l'alterazione dei naturali meccanismi di accumulo e rimobilizzazione del sedimento fine, soprattutto in prossimità dei canali di scarico. Per lo stesso motivo, si verificano continue variazioni nelle condizioni chimico-fisiche della colonna d'acqua e del sedimento sottostante; pertanto, risulta difficile definire i processi che portano all'immobilizzazione degli inquinanti nel sedimento e al loro rilascio in soluzione. Si può comunque affermare che la concentrazione totale dei contaminanti nel sedimento è strettamente correlata al carico inquinante derivante dalle attività produttive localizzate a monte dei due bacini, che viene trasportato in soluzione e/o in sospensione dal fiume Nera.

2. CAMPIONAMENTO

I campionamenti sono stati condotti in due giorni distinti: il 26 febbraio 2009, nel lago dell'Aia ed il 9 marzo 2009, nel lago di S. Liberato.
Per effettuare una caratterizzazione verticale del sedimento, sono state prelevate carote di lunghezza variabile, mediante un campionatore Beeker a pistone; inoltre, laddove l'esigua profondità del lago lo consentiva, è stata prelevata anche la porzione superficiale del sedimento (circa 10 cm), per mezzo di un campionatore manuale.
Gli spostamenti all'interno degli invasi e le operazioni finalizzate al prelievo del sedimento sono state effettuate a bordo di un natante (figura 2.1).

Fig. 2.1: fasi del campionamento.

La localizzazione dei punti di campionamento è stata scelta preliminarmente a partire dall'osservazione delle ortofotocarte, mediante la quale sono state individuate le zone di maggior accumulo di sedimento fine e quelle di minima profondità dei laghi; la conoscenza della batimetria si è rivelata fondamentale nella pianificazione degli spostamenti con il natante all'interno degli invasi e nell'individuazione delle zone in cui fosse possibile prelevare dalla barca la sola porzione superficiale di sedimento, mediante campionatore manuale (prof max 0,5m). Nella scelta dei punti sono stati presi in considerazione anche la distanza dalle opere degli invasi e l'andamento delle correnti, in modo da poter operare agevolmente in condizioni di massima sicurezza.
La localizzazione effettiva dei punti di monitoraggio è stata definita solamente sul posto, all'atto del campionamento, mediando tra le finalità dello stesso e le condizioni operative.
In corrispondenza di ognuno dei punti precedentemente individuati in carta, è stato effettuato un saggio del fondale per verificare la presenza di sedimento fine e, laddove esistente, è stata infissa un'asta centimetrata fino al rifiuto, per misurarne lo spessore e la profondità dalla superficie dell'acqua. Solamente a quel punto sono stati eseguiti i campionamenti.

3. LAGO DELL'AIA

Il lago dell'Aia è localizzato in Conca Ternana, ad Est dell'abitato di Narni. E' un invaso artificiale formatosi in seguito allo sbarramento del torrente dell'Aia, dal quale viene alimentato insieme ad un canale derivato dal fiume Nera, all'altezza della zona industriale di Terni.
In figura 3.1 è riportata la foto aerea del lago, con la localizzazione dei punti di campionamento.

Fig 3.1: foto aerea del lago dell'Aia; è stata riportata la localizzazione dei punti di campionamento AIA1, AIA2, AIA3.

In questo bacino è stato effettuato un carotaggio in ognuno dei tre punti riportati in figura (AIA1, AIA2, e AIA3) ed un campionamento della porzione superficiale di sedimento in corrispondenza del punto AIA1.
In particolare, sono state prelevate due carote di sedimento fine di 60 cm di lunghezza, nell'area sud-occidentale del lago (AIA1 e AIA2) ed una carota più lunga (1 m), nei pressi dell'immissione del canale del Nera (AIA3). Le carote sono state sezionate ogni 20 cm per ottenere l'aliquota di campione necessaria alle analisi di laboratorio; in questo modo sono stati collezionati in totale dodici campioni.
Il Laboratorio Multisito dell'Arpa Umbria ha effettuato le seguenti determinazioni analitiche: Azoto totale, Carbonio totale, Fosforo totale, TOC, IPA totali, PCB totali, pesticidi acidi, Diossine, Cromo totale, Cromo VI, Cadmio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco e Arsenico. Di seguito sono riportati tutti i risultati analitici, ad esclusione del Cromo VI, dei pesticidi e delle Diossine che sono sempre risultati inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale.

Campione	**Ntot** (mg/kg)	**Ctot** (mg/kg)	**Ptot** (mg/kg)	**TOC** (mg/kg)	**IPA tot** (mg/kg)	**PCBtot** (mg/kg)	**Cr** (mg/kg)	**Cd** (mg/kg)	**Ni** (mg/kg)	**Pb** (mg/kg)	**Cu** (mg/kg)	**Zn** (mg/kg)	**As** (mg/kg)
Limite (mg/kg)					10	0.06	150	2	120	100	120	150	20
AIA 1 0-10 (cm)	3000	6700	460	14000	0.19	0.043	136	0.4	112	23	31	175	3.4
AIA 1 0-20 (cm)	2100	6200	520	15000	0.39	0.081	89	0.3	84	29	33	178	4.7
AIA 1 20-40 (cm)	2100	5700	360	17000	0.64	0.136	47	0.2	34	26	33	137	5.2
AIA 1 40-60 (cm)	1900	6600	720	12000	2.38	0.031	72	0.5	47	70	79	450	12
AIA 2 0-20 (cm)	1400	7800	420	22000	1.01	0.209	202	0.4	190	40	63	322	7.9
AIA 2 20-40 (cm)	1500	9300	600	20000	0.65	0.174	318	0.6	208	58	83	382	11
AIA 2 40-60 (cm)	1200	8600	270	15000	0.76	0.13	426	1.2	272	63	83	540	10
AIA 3 0-20 (cm)	1600	8300	580	29000	0.48	0.239	226	0.4	126	47	64	406	8.7
AIA 3 20-40 (cm)	1300	8900	110	33000	0.56	0.197	129	0.4	76	44	44	318	7.8
AIA 3 40-60 (cm)	1200	7500	530	21000	0.37	0.055	222	0.4	108	58	54	398	9.8
AIA 3 60-80 (cm)	1200	8400	580	25000	0.5	0.233	160	0.5	81	61	52	380	11
AIA 3 80-100 (cm)	1100	7600	680	27000	0.48	0.572	141	0.7	76	60	50	354	10

Tab. 3.1: risultati analitici relativi ad ogni campione. In rosso vengono segnalati i limiti riportati in tabella 1, colonna A, dell'allegato 5 al Titolo V del DLgs.152\06: "Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare".

3.1. Illustrazione dei dati analitici

L'attuale normativa non fissa limiti soglia di concentrazione per i contaminanti nei sedimenti fluviali. Per una valutazione dei risultati analitici ottenuti, sono stati presi come riferimento i limiti riportati in colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 al Titolo V del DLgs.152\06: "*Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare*".
Nelle figure 3.1.1 e 3.1.2 sono riportate le concentrazioni dei metalli, degli IPA totali e dei PCB rilevate in ogni campione, con i relativi limiti fissati dalla normativa (linea in rosso tratteggiata).

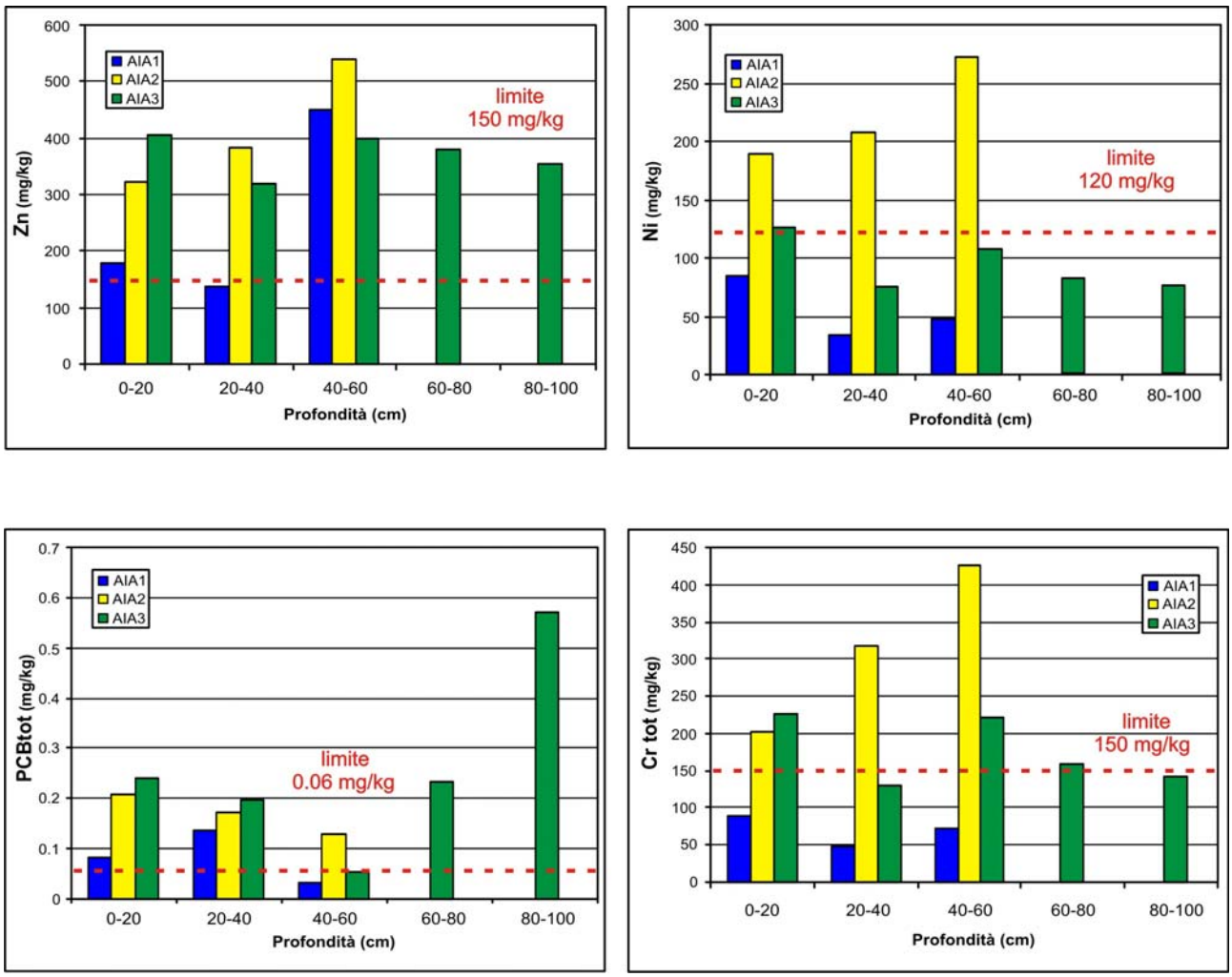

Fig. 3.1.1: concentrazioni di Zinco, Nichel, Cromo e PCB totali rilevate nelle diverse sezioni delle carote AIA1, AIA2, AIA3. La linea rossa tratteggiata indica il limite stabilito dalla normativa vigente.

Come si può vedere, gli elementi le cui concentrazioni superano i limiti tabellari in almeno un campione sono lo Zinco, il Nichel, il Cromo totale e i PCB totali. Lo Zinco e i PCB sono gli analiti per i quali si registrano i superamenti più consistenti, nel più alto numero di campioni: le loro concentrazioni, infatti, sono superiori al doppio del limite in circa l'80% dei casi e, relativamente ai PCB, le concentrazioni risultano superiori al triplo della soglia di contaminazione (0,06 mg/kg) nel 50% dei campioni, con un massimo pari a 0.572 mg/kg (circa dieci volte il limite) nel campione "AIA3 80-100". Dall'osservazione dei quattro grafici, si evince che il sedimento risulta maggiormente contaminato in corrispondenza dei punti di campionamento AIA2 e AIA3, localizzati nelle aree di maggiore accumulo, interessate direttamente dallo scorrimento delle acque del Nera (vedi figura 3.1).

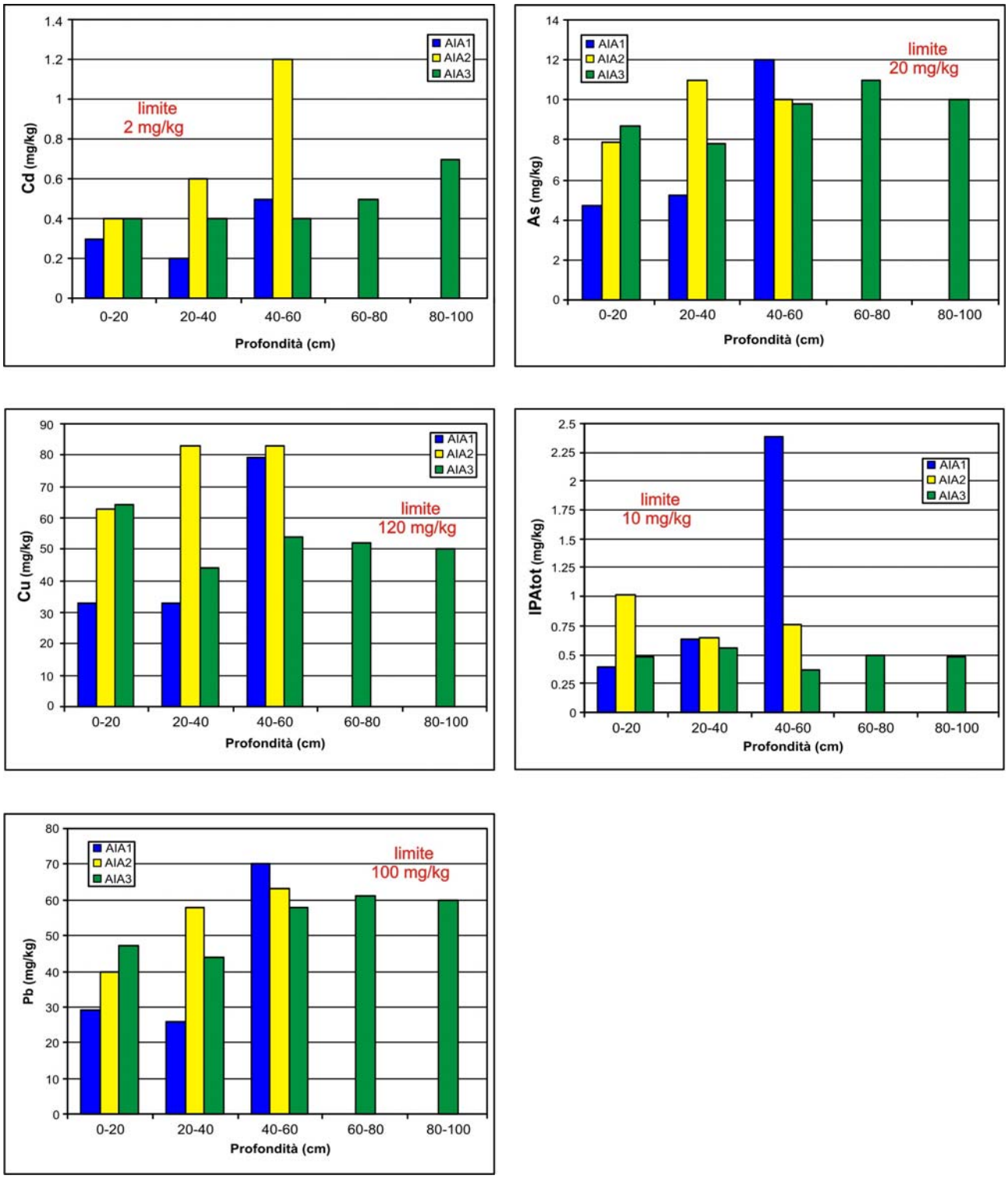

Fig. 3.1..2: concentrazioni di Cadmio, Arsenico, Rame, Piombo e IPA totali nelle diverse sezioni delle carote AIA1, AIA2 e AIA3.

Le concentrazioni di tutti gli altri analiti risultano abbondantemente inferiori ai limiti in tutti i campioni analizzati (figura 3.1..2).

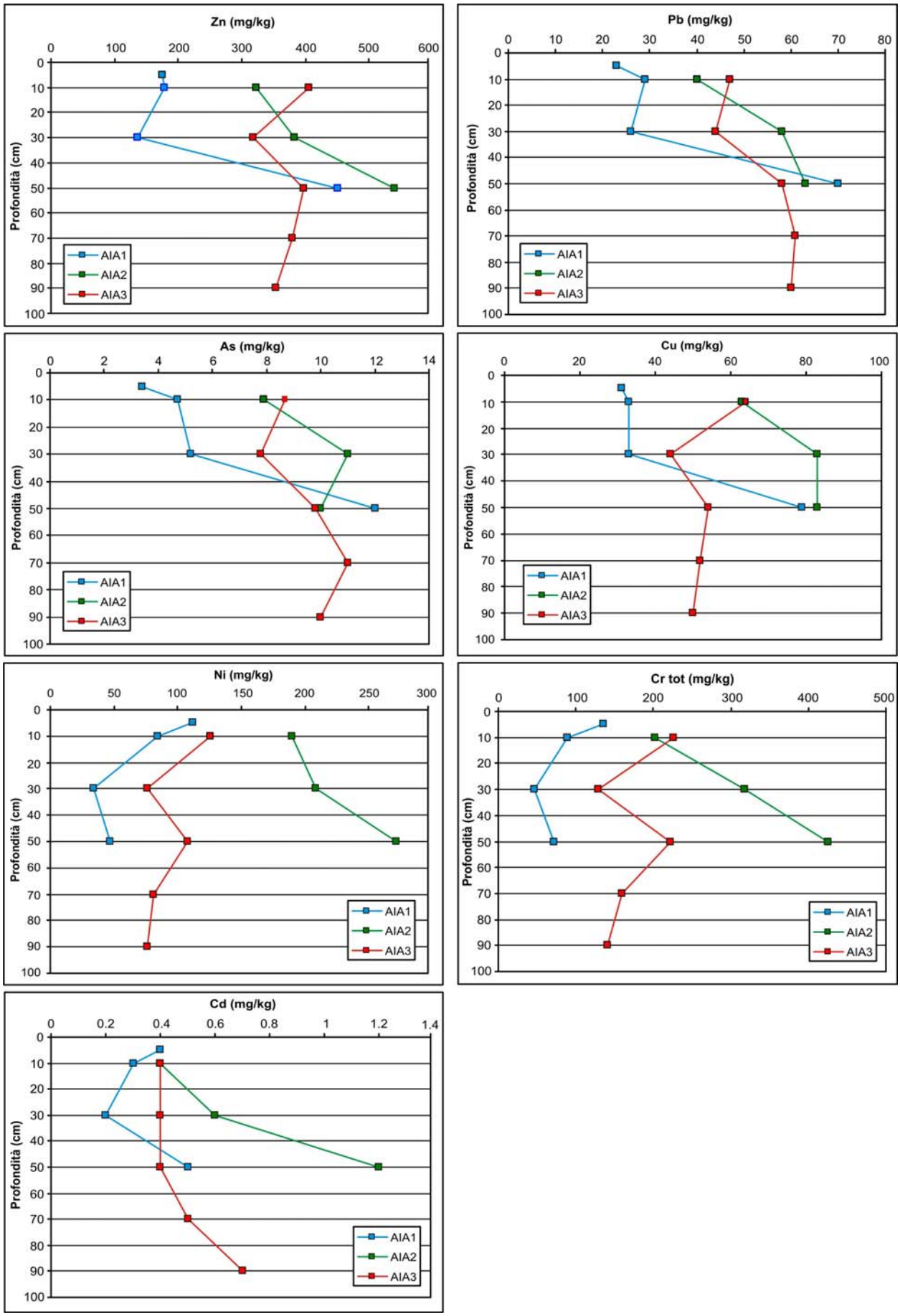

Fig. 3.1.3: variazioni verticali delle concentrazioni dei metalli, nei tre punti di campionamento.

In queste figure non sono stati rappresentati i risultati analitici relativi alle Diossine, in quanto ricercate solamente nei due campioni, rappresentativi di due diversi settori del bacino, che erano caratterizzati dalle maggiori concentrazioni di PCB (AIA2 0-20 e AIA3 80-100). In tutti e due i casi le concentrazioni delle Diossine sono risultate molto basse, prossime al limite di rilevabilità strumentale.
Sono state esaminate le distribuzioni verticali di tutti gli analiti nei diversi punti di campionamento. In figura 3.1.3 sono illustrati gli andamenti dei metalli nei punti di campionamento AIA1, AIA2 e AIA3.
Il Piombo, l'Arsenico ed il Cadmio mostrano un trend crescente con la profondità in tutti i siti indagati, anche se le concentrazioni dei singoli elementi variano in misura differente e con diverse modalità da un punto all'altro del lago (vedi, a titolo di esempio, il comportamento dell'Arsenico tra 10 e 50 cm di profondità, nelle tre diverse carote).
Gli altri metalli, al contrario, presentano andamenti verticali differenti nei diversi settori del bacino; le concentrazioni di Zinco e Rame, infatti, crescono con la profondità nell'area sud-occidentale del lago (AIA1 e AIA2) e decrescono in quella nord-occidentale, nei pressi dell'immissione del canale del Nera (AIA3). Il Nichel ed il Cromo, invece, mostrano un andamento decrescente nei punti di campionamento prossimi al settore del lago direttamente interessato dal flusso del Nera (AIA2 e AIA3, vedi figura 3.1) ed un andamento crescente nel punto AIA1, più periferico.
In figura 3.1.4 sono riportati gli andamenti della sostanza organica, dei nutrienti (Azoto e Fosforo totali), dei Policlorobifenili (PCB) e degli Idrocarburi Policiclici Aromatici totali (IPA) all'interno degli stessi campioni.
La concentrazione degli IPA varia in profondità con modalità differenti a seconda del punto di campionamento. Il loro tenore risulta comunque molto ridotto in tutte le sezioni delle carote.
Anche i PCB si comportano in modo diverso all'interno dei tre campioni, ma le concentrazioni risultano ovunque molto elevate, superando frequentemente il limite di 0.06 mg/kg. La distribuzione verticale dei PCB, inquinanti organici persistenti (POP), quindi molto resistenti alla decomposizione e, di conseguenza, poco mobili, appare singolare; ci si aspetterebbe, infatti, una diminuzione delle concentrazioni dalle porzioni di sedimento più profonde verso quelle superficiali, vista la drastica riduzione nell'utilizzo di queste sostanze a partire dagli anni novanta. Ciò, in realtà non trova riscontro negli andamenti relativi ai campioni AIA2 e AIA3. In quest'ultimo, in particolare, dopo una forte riduzione tra 90 e 50 cm di profondità, il contenuto in PCB torna ad aumentare in modo piuttosto evidente.
Le concentrazioni di Fosforo nelle porzioni superficiali delle tre carote sono dello stesso ordine di grandezza, ma in profondità mostrano andamenti molto differenti, con variazioni consistenti lungo le carote.
Il contenuto in Azoto risulta generalmente superiore nei campioni relativi al punto AIA1. Le variazioni in profondità sono molto limitate in tutti e tre i settori del lago; fa eccezione la porzione superficiale di sedimento (0-10 cm) prelevata in corrispondenza del punto AIA1 per mezzo del campionatore manuale, all'interno della quale la concentrazione di questo nutriente aumenta in modo evidente.
La percentuale in Carbonio organico (TOC) ed il suo andamento in profondità appare sensibilmente differente nei tre punti di campionamento. In particolare, risulta più ricco sia in sostanza organica il sedimento interessato direttamente dal Nera (AIA2 e AIA3).

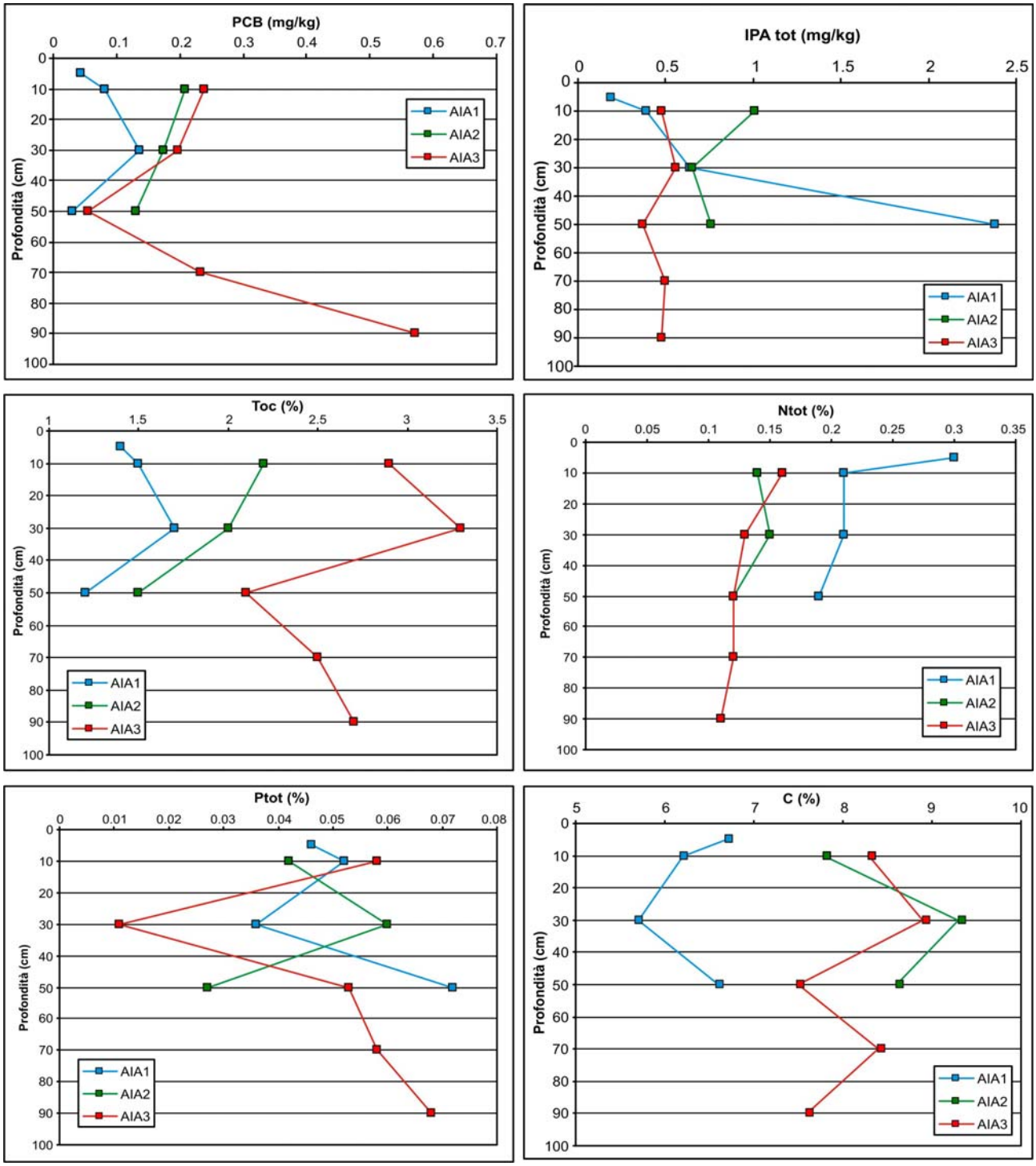

Fig. 3.1.4: variazioni verticali delle concentrazioni di PCBs, IPA, sostanza organica e nutrienti.

4. LAGO DI SAN LIBERATO

Il lago di S. Liberato è localizzato a valle della Conca Ternana, all'altezza dell'omonimo centro abitato.

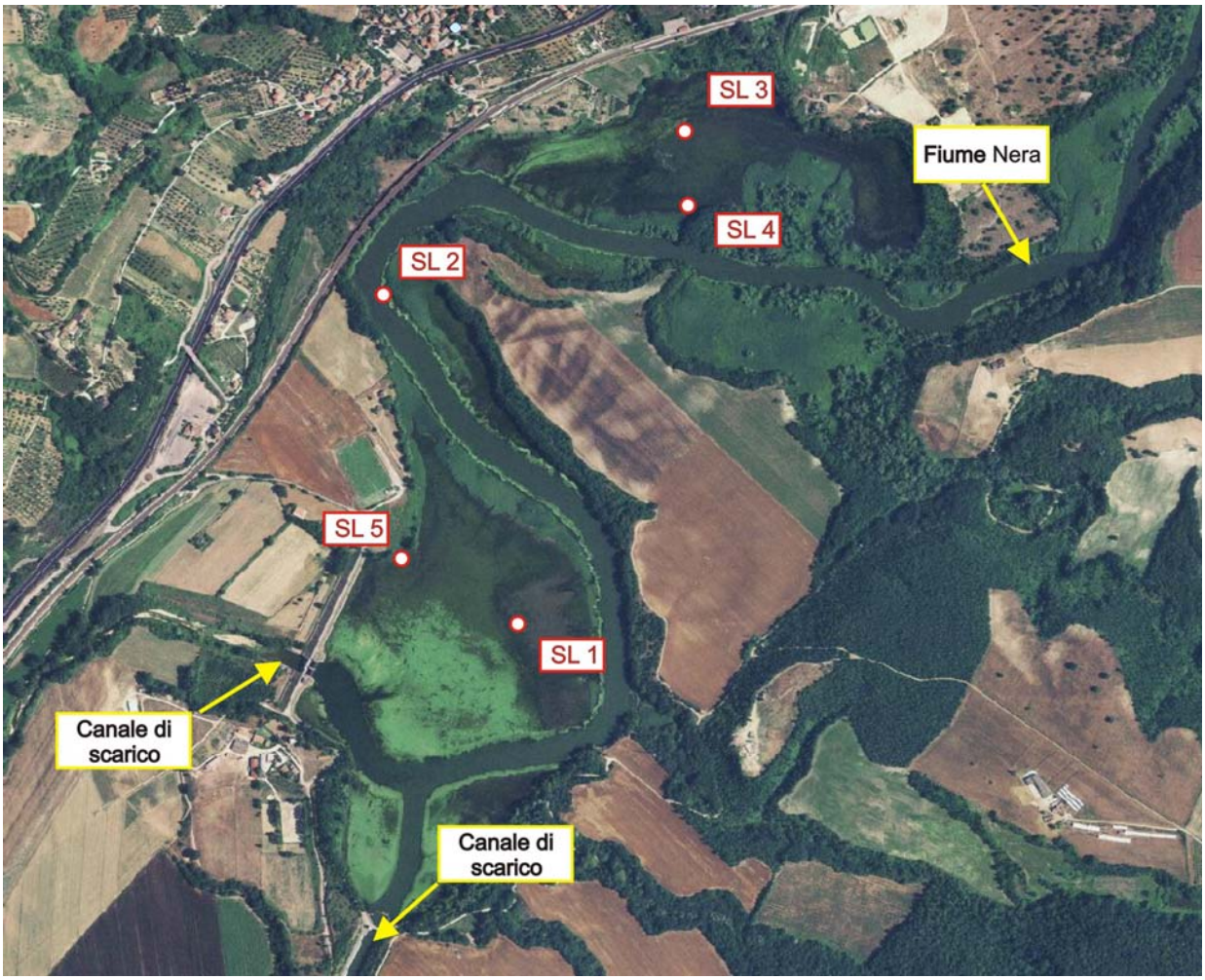

Fig. 4.1: foto aerea del lago di S. Liberato; è stata riportata la localizzazione dei punti di campionamento SL1, SL2, SL3, SL4 e SL5.

Il lago, formatosi in seguito allo sbarramento del fiume Nera, presenta una forma caratteristica che segue l'andamento dell'alveo.
In figura 4.1 viene riportata la foto aerea del lago con la localizzazione dei punti di campionamento.
In questo bacino sono stati effettuati tre carotaggi in corrispondenza dei punti SL1, SL3 e SL5 e due campionamenti della porzione superficiale di sedimento, in corrispondenza dei punti SL2 e SL4.
Le carote prelevate sono lunghe rispettivamente110 cm (SL1) e 120 cm (SL3 e SL5); sono state sezionate ogni 10 o 20 centimetri, ottenendo diciannove campioni.
Sui ventuno campioni totali, il Laboratorio Multisito dell'Arpa Umbria ha effettuato le seguenti determinazioni analitiche: Azoto totale, Carbonio totale, Fosforo totale, TOC, IPA totali, PCB totali, pesticidi acidi, Cromo totale, Cromo VI, Cadmio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Arsenico e Mercurio. Di seguito sono riportati tutti i risultati analitici, ad esclusione del Cromo VI, e dei pesticidi che sono sempre risultati inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale.

Campione	Ntot (%)	Ctot (%)	Ptot (%)	TOC (%)	IPA tot (mg/kg)	PCBtot (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)	Hg (mg/kg)
Limite (mg/kg)					10	0.06	150	2	120	100	120	150	20	1
SL1 0-10 (cm)	0.26	6.6	.057	2.3	0.5	.0068	75	0.4	50	19	34	110	3.4	0.7
SL1 10-30 (cm)	0.21	5.8	.05	1.7	0.26	.0074	85	0.6	59	24	41	130	3.8	0.07
SL1 30-50 (cm)	0.24	6.5	.059	1.9	0.12	<0.006	66	0.4	48	18	32	107	3.2	0.06
SL1 50-70 (cm)	0.28	6.6	.062	2.1	0.39	.0067	98	0.7	60	29	44	146	4.3	0.1
SL1 70-90 (cm)	0.22	6.5	.039	1.9	0.51	0.016	101	1.1	59	34	45	149	4.4	0.1
SL1 90-110 (cm)	0.19	6.2	.058	2.1	2.5	0.054	174	1.5	82	50	75	242	6.2	0.17
SL2 0-10 (cm)	0.28	6.8	.054	2.8	0.56	0.011	89	0.4	62	22	38	122	4.2	0.09
SL3 0-10 (cm)	0.3	8.9	.024	2.5	2.2	0.015	90	0.9	47	27	38	181	5.8	0.1
SL3 10-30 (cm)	0.11	5.1	.041	1.5	4.9	.0096	52	0.4	43	26	35	91	4.6	0.1
SL3 30-50 (cm)	0.09	5.7	.04	1.7	5.9	<0.006	51	0.4	43	38	36	146	5.8	0.21
SL3 50-70 (cm)	0.14	5.2	.048	1	10	<0.006	58	0.3	42	35	34	124	5.8	0.24
SL3 70-90 (cm)	0.24	5.6	.032	1	12	0.006	43	0.3	37	34	30	126	6	0.13
SL3 90-110 (cm)	0.19	5.9	.015	1.5	13	<0.006	37	0.3	37	33	30	110	6	0.14
SL3 110-120 (cm)	0.24	5.9	.034	1.7	5.5	0.009	48	0.4	45	77	41	165	11	0.26
SL4 0-10 (cm)	0.5	10.6	.046	3	0.33	.0067	52	0.5	39	15	25	130	3	0.06
SL5 0-20 (cm)	0.3	7.7	.033	2.1	0.42	.0103	70	0.6	57	23	35	135	4.1	0.07
SL5 20-40 (cm)	0.23	6.9	.027	2.1	4.7	.0043	79	0.9	54	37	54	232	7.6	0.12
SL5 40-60 (cm)	0.19	6.2	.029	1.4	17	.097	58	0.4	42	33	39	220	7.8	0.17
SL5 60-80 (cm)	0.18	5.2	.036	1.2	11	0.009	43	0.4	42	27	35	106	5.4	0.12
SL5 80-100 (cm)	0.13	5.1	.038	0.85	3.8	0.017	54	0.3	45	33	33	148	6.6	0.15
SL5 100-120 (cm)	0.26	6.1	.032	1.5	44	0.015	50	0.4	41	50	40	215	8.6	0.27

Tab. 4.1: risultati analitici relativi ad ogni campione. In rosso vengono segnalati i limiti riportati in tabella 1, colonna A, dell'allegato 5 al Titolo V del DLgs.152\06: "Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare".

4.1. Illustrazione dei dati analitici

Nelle figure 4.1.1 e 4.1.2 sono illustrate le concentrazioni dei metalli, degli IPA totali e dei PCB rilevate in ogni campione, con i relativi limiti fissati dalla normativa (linea in rosso tratteggiata).
Come si può vedere in queste figure, gli analiti per i quali vengono superati i limiti normativi in almeno una delle sezioni di carota analizzate, sono gli IPA totali, i PCB totali, lo Zinco ed il Cromo. Il contenuto in PCB totali e Cromo nel sedimento risulta generalmente ridotto, ad eccezione di due porzioni della carota SL5 e della frazione più profonda della SL1.

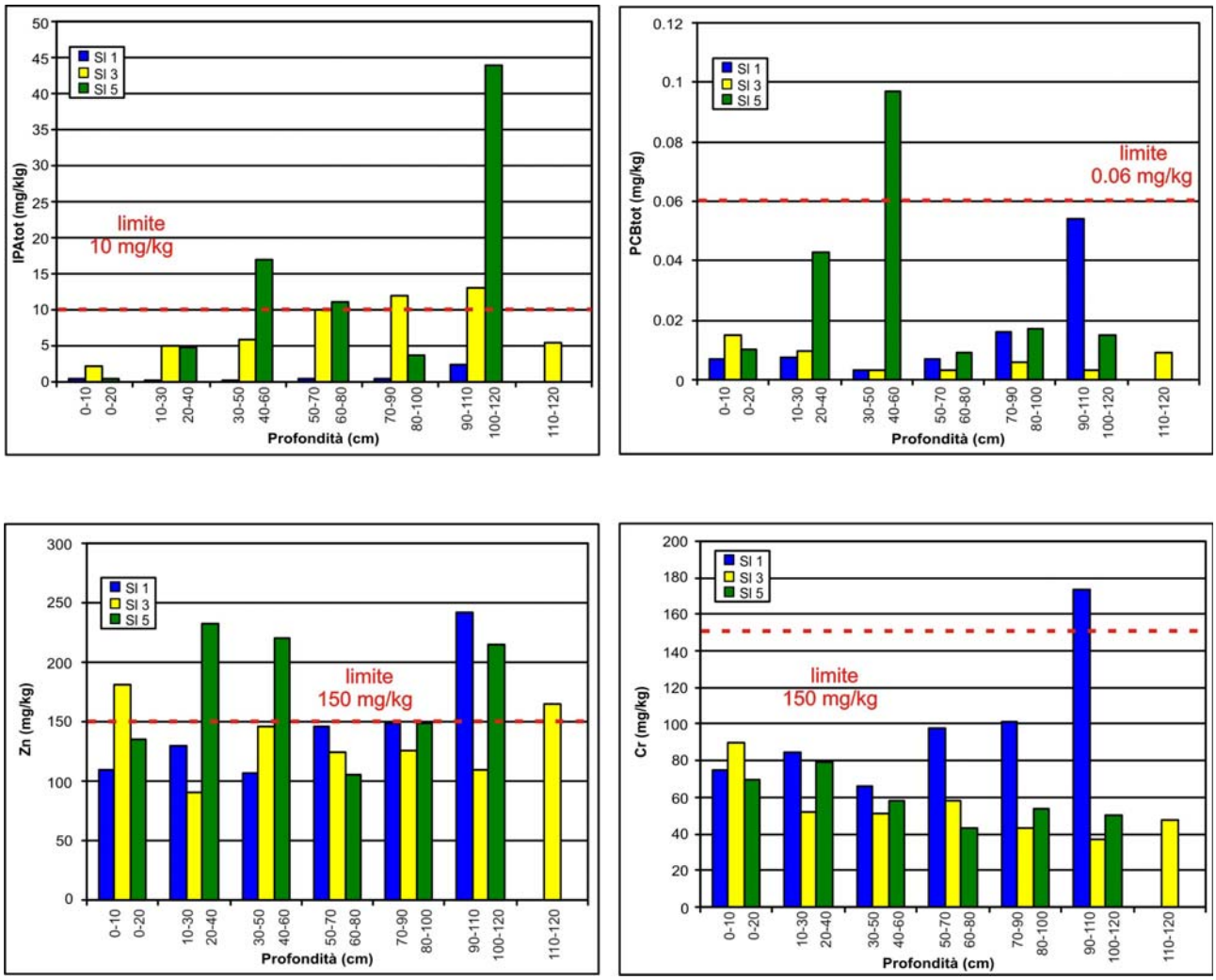

Fig. 4.1.1: concentrazioni di IPA totali, PCB totali, Zinco e Cromo rilevate nelle diverse sezioni delle carote SL1, SL3 e SL5. La linea rossa tratteggiata indica il limite stabilito dalla normativa vigente.

Lo Zinco e gli IPA totali, al contrario, risultano presenti in alte concentrazioni in un numero più elevato di campioni: la quasi totalità per il primo e circa il 30% per i secondi. Va sottolineato il bassissimo contenuto di IPA totali nella carota SL1.

Per quanto riguarda i restanti analiti (Cadmio, Nichel, Piombo, Rame, Arsenico e Mercurio), sono state rilevate concentrazioni abbondantemente inferiori ai limiti di riferimento, nella quasi totalità dei campioni analizzati.

Anche nei campioni SL2 e SL4, rappresentativi della sola porzione superficiale di sedimento, sono state riscontrate concentrazioni generalmente basse di tutte le specie ricercate, ad eccezione dello Zinco, presente in concentrazioni, rispettivamente, di 122 e 130 mg/kg, di poco inferiori al limite (150 mg/kg) e comunque confrontabili con quelle riscontrate in tutti i campioni prelevati nei restanti settori del lago.

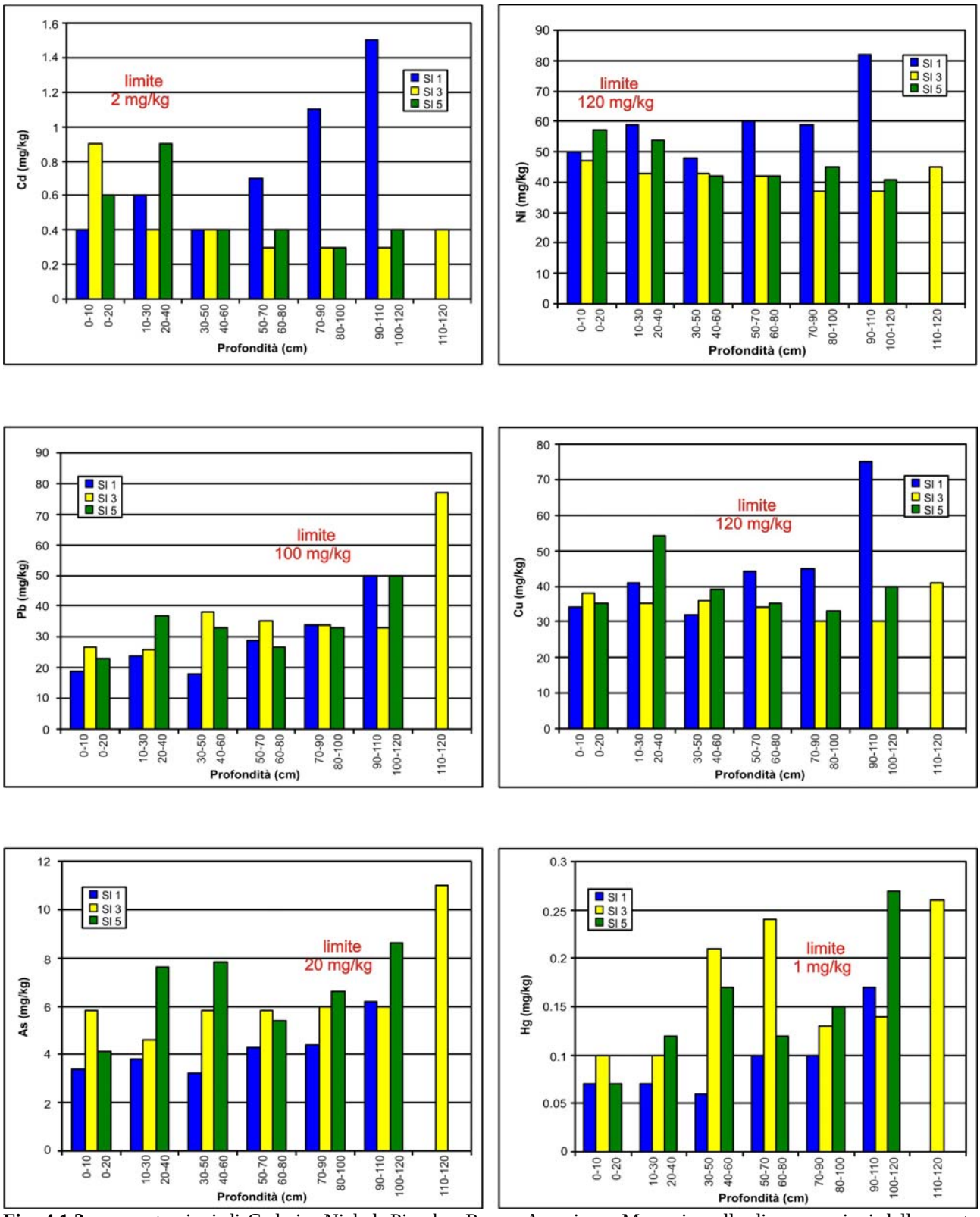

Fig. 4.1.2: concentrazioni di Cadmio, Nichel, Piombo, Rame, Arsenico e Mercurio nelle diverse sezioni delle carote SL1, SL3 e SL5.

Nelle figure 4.1.3 e 4.1.4 sono rappresentati gli andamenti in profondità delle concentrazioni dei metalli, degli IPA, dei PCB, della sostanza organica e dei nutrienti all'interno del sedimento, in corrispondenza dei punti di campionamento SL1, SL3 e SL5.

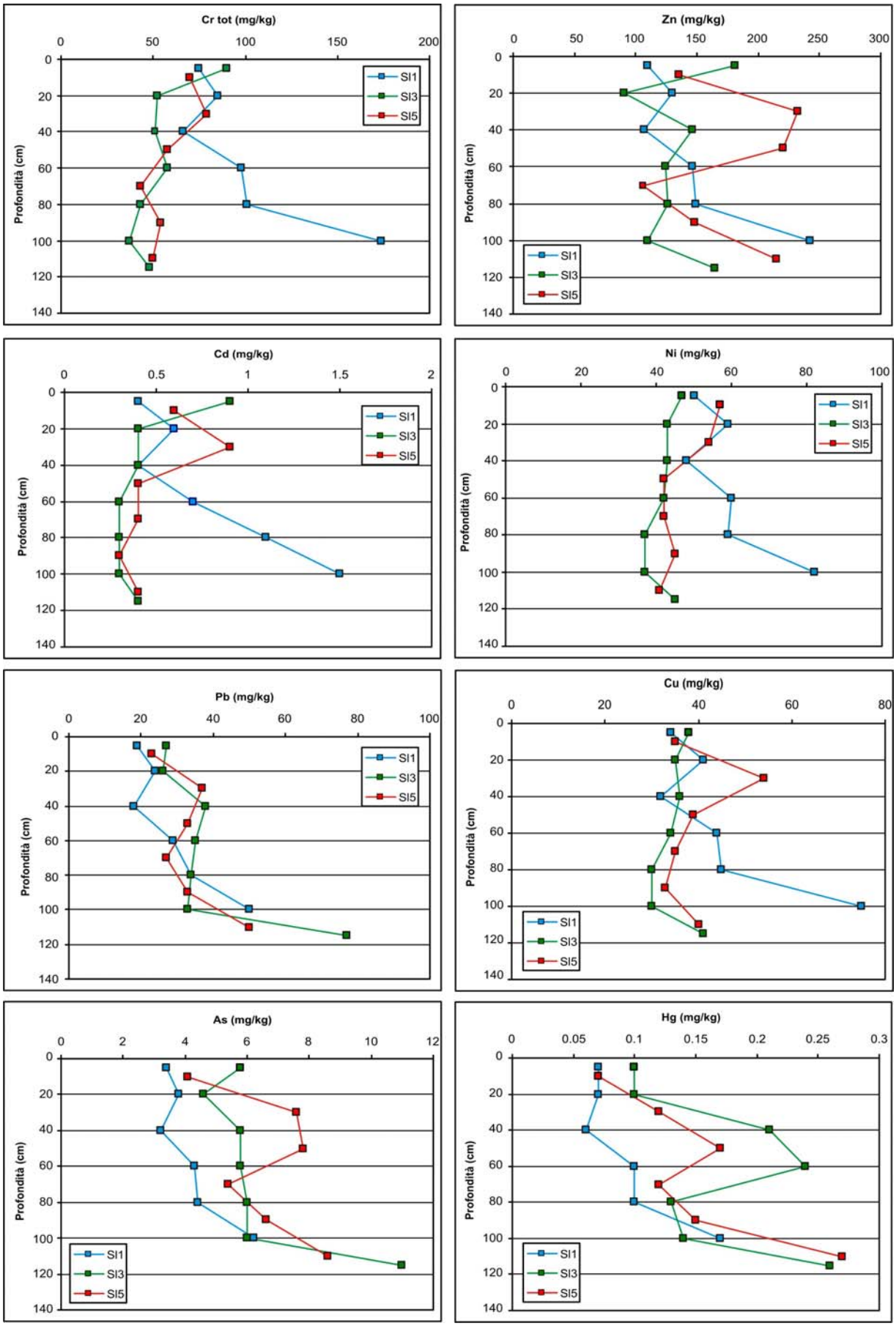

Fig. 4.1.3: variazioni delle concentrazioni dei metalli con la profondità, nei tre punti di campionamento.

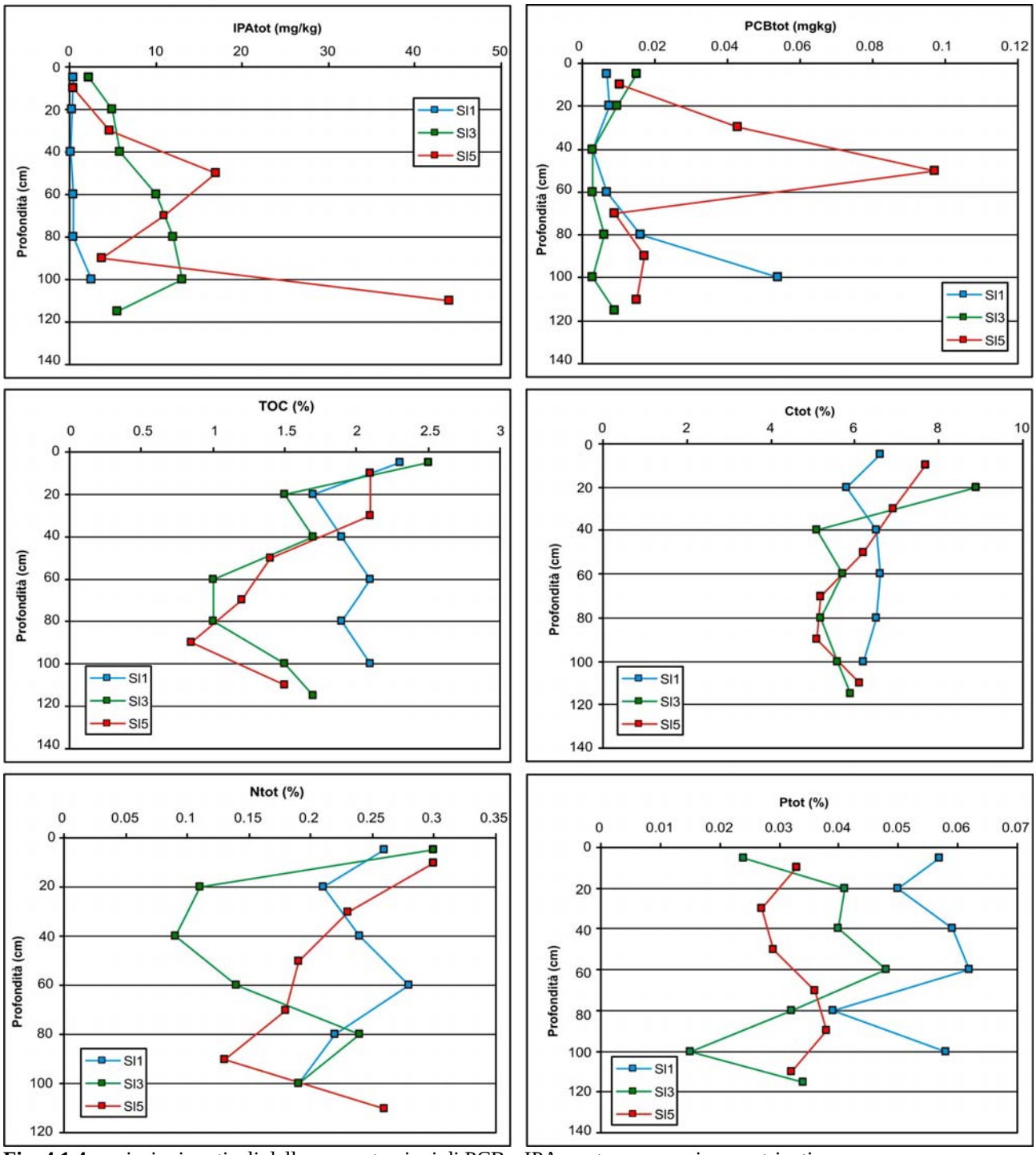

Fig. 4.1.4: variazioni verticali delle concentrazioni di PCBs, IPA, sostanza organica e nutrienti.

Dall'analisi dei sei campioni della carota SL1, emerge una generale diminuzione delle concentrazioni di tutti i metalli, dei PCB e degli IPA, dalle porzioni profonde del sedimento verso quelle più superficiali. La sostanza organica ed i nutrienti mostrano, al contrario, un trend debolmente crescente.

Nella carota prelevata in corrispondenza del punto SL3, il contenuto in PCB e metalli quali Cromo, Zinco, Cadmio, Nichel e Rame, cresce in modo più o meno marcato verso la superficie, mentre le concentrazioni di IPA, Piombo, Arsenico e Mercurio diminuiscono consistentemente (la concentrazione di Piombo nel sedimento, ad esempio, passa da 77 mg/kg in profondità a 27 mg/kg nel campione più superficiale). Azoto e Fosforo presentano un andamento pressoché speculare, con

variazioni spesso consistenti lungo la verticale; in particolare, nella porzione più superficiale, si assiste ad un consistente aumento del primo ed una diminuzione altrettanto forte del secondo.
In SL5 gli andamenti di tutti gli analiti sono molto simili a quelli riscontrati in SL3. Fanno eccezione i PCB che presentano un forte aumento, di circa un ordine di grandezza, tra 70 a 50 cm di profondità, per poi gradualmente diminuire verso la superficie, dove la concentrazione rilevata si attesta nuovamente sui valori contenuti rilevati negli strati più profondi del sedimento.

5. CONCLUSIONI

Dai risultati analitici sopra esposti, si deduce una contaminazione del sedimento in tutti i diversi settori di bacino indagati, sia per il lago dell'Aia che per il lago di S. Liberato. La natura e l'entità delle contaminazioni è in realtà differente nei due casi; in particolare, nel sedimento del lago dell'Aia, primo bacino di sedimentazione del fiume Nera, sono state riscontrate concentrazioni abbondantemente superiori ai limiti di legge presi a riferimento in questo lavoro (colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 al Titolo V del DLgs.152\06: "*Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare*"), per lo Zinco, il Nichel, il Cromo ed i PCB totali.
Nel lago di S. Liberato, bacino di sedimentazione situato più a valle, sono state riscontrate ancora contaminazioni da Zinco, Cromo e PCB totali, ma le concentrazioni nel sedimento risultano sensibilmente minori rispetto a quelle rilevate nell'Aia (vedi tabella 3.1 e 4.1) e si riscontrano in un numero inferiore di campioni; inoltre, a S. Liberato non si ha contaminazione da Nichel. In compenso, gli IPA totali costituiscono una criticità, in quanto rilevati in concentrazioni elevate (fino a 44 mg/kg) in circa il 30% dei campioni.

La distribuzione spaziale e verticale degli inquinanti nei sedimenti dei laghi è legata a diversi fattori, quali il carico inquinante che transita nei bacini, l'andamento e la velocità delle correnti, le condizioni chimico-fisiche del sedimento ed il suo contenuto in sostanza organica.
Le caratteristiche chimico-fisiche del sedimento, soprattutto in corrispondenza della porzione più superficiale, risentono fortemente della continua alternanza nei processi di deposizione e rimobilizzazione della frazione fine, dovuta principalmente alle repentine operazioni di accumulo/rilascio d'acqua. In particolare, le variazioni di pH e dello stato redox giocano un ruolo fondamentale soprattutto nei confronti dei metalli. A seconda dei casi, infatti, alcuni di essi possono essere sottratti dalla soluzione acquosa ed immobilizzati mediante adsorbimento da parte della frazione fine di sedimento e della sostanza organica in esso contenuta; altri, al contrario, possono essere desorbiti e rilasciati in soluzione, dando luogo ad una loro migrazione verticale attraverso il sedimento, per mezzo dei fluidi interstiziali.
Allo stato attuale non è possibile quantificare i processi sopra descritti, vista la carenza di dati relativi alle condizioni fisico-chimiche del sedimento, al tasso di sedimentazione nei diversi settori dei bacini, al carico inquinante a monte del lago Aia e di quello di S. Liberato e alle sue variazioni nel tempo. Non disponendo di una datazione del sedimento e non potendo risalire ai processi che hanno portato all'accumulo delle sostanze inquinanti all'interno dei bacini, non risulta possibile mettere in relazione, in modo univoco, le concentrazioni degli inquinanti nel sedimento alle diverse profondità con le variazioni dei carichi nel tempo. In questo senso, non si può stabilire se la minore/maggiore concentrazione degli inquinanti nella porzione più superficiale del sedimento sia dovuta ad un effettiva riduzione/aumento di apporti all'interno dei due bacini.
Lo stesso discorso potrebbe non essere valido per i PCB i quali, come detto precedentemente (cfr. par. 3.1), sono sostanze molto resistenti ai processi di decomposizione e, di conseguenza, poco mobili. L'aumento del loro contenuto nella porzione superficiale del sedimento, in corrispondenza

dei punti AIA2, AIA3 e SL3, induce a pensare ad un aumento nel tempo degli apporti inquinanti da parte del fiume Nera.
Nonostante la carenza di dati, le minori concentrazioni di inquinanti riscontrate nel sedimento del lago di S. Liberato, inducono a pensare ad una riduzione del carico inquinante che vi transita rispetto a quello in ingresso nel lago dell'AIA.
La presenza consistente di IPA totali solamente a S. Liberato può essere dovuta ad un loro ingresso in un'area localizzata tra i due bacini, oppure ad un effetto di accumulo differenziato tra i due laghi, difficilmente interpretabile con i dati in nostro possesso.