

# Distribuzione verticale e spaziale di metalli pesanti nel sedimento del laghetto di Muzzano

Autor(en): **Isenburg, Claudio / Loizeau, Jean-Luc / Tonolla, Mauro**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bollettino della Società ticinese di scienze naturali**

Band (Jahr): **88 (2000)**

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1003221>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

---

# Distribuzione verticale e spaziale di metalli pesanti nel sedimento del laghetto di Muzzano

Claudio Isenburg<sup>1</sup>, Jean-Luc Loizeau<sup>2</sup>, Mauro Tonolla<sup>1</sup> e Raffaele Peduzzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istituto Cantonale Batteriosierologico e Laboratoire d'Écologie Microbienne (Università di Ginevra),  
via Giuseppe Buffi 6, CH-Lugano

<sup>2</sup>Institut F.-A. Forel, 10 route de Suisse, CH-Versoir

---

**Riassunto:** Nel giugno 1997 sono stati prelevati dal laghetto di Muzzano 10 campioni di sedimento superficiale ed uno di colonna sedimentaria (carota) per analizzare le concentrazioni di differenti metalli pesanti. La distribuzione spaziale e verticale di questi metalli pesanti nei sedimenti dimostrano chiaramente un aumento dell'inquinamento di questi elementi negli ultimi decenni. In rapporto al background geochimico del lago, le concentrazioni misurate negli strati superficiali della carota sono risultate essere maggiori di dieci volte per lo zinco, di otto volte per il cadmio ed il rame, di sei volte per il piombo e di più di tre volte per il cromo. Questo aumento è probabilmente il risultato di scarichi di acque usate di origine domestica ed agricola.

**Abstract:** 10 superficial sediment samples and a sediment core were collected in Lake Muzzano in July 1997 in order to analyse the concentrations of several heavy metals. The spatial and vertical distribution of heavy metals in the sediments clearly indicate an increase of metal pollution in the last decades. In relation to the geochemical background of the lake, an increase in the concentrations of zinc (10X), cadmium and copper (8X), lead (6X) and chromium (3.5X) was measured in the upper layers of the core. This increase probably originates from mixed inputs of sewage from domestic and agricultural sources.

**Key words:** heavy metals, sediment, geochemical background

---

## INTRODUZIONE

I sedimenti lacustri sono sempre più utilizzati per decifrare i cambiamenti recenti (da 10 anni a diversi millenni) che si sono prodotti nei bacini imbriferi, nei laghi stessi e talvolta anche nell'atmosfera. Questi veri e propri archivi permettono di ricostruire i livelli di alterazione dell'ambiente quali l'erosione dei suoli, l'acidificazione delle acque superficiali, l'inquinamento da metalli pesanti, da pesticidi o da prodotti organici industriali. Il sedimento è il luogo privilegiato dove si trasforma la materia organica e dove si accumulano gli elementi traccia. Certi contaminanti, presenti in piccole quantità nell'acqua, possono accumularsi e presentare delle concentrazioni importanti nei sedimenti. Essi integrano le concentrazioni nel tempo e presentano quindi meno variabilità rispetto alla colonna d'acqua.

Nell'idrosfera i metalli pesanti hanno come origine naturale l'attività vulcanica e l'erosione chimica. L'influenza dell'uomo sui flussi di questi metalli e sul trasporto della materia particellata è tale che la loro origine principale è oggi di tipo antropica (FÖRSTNER & WITTMANN 1981). I siti preferenziali a cui si legano i metalli pesanti a livello del sedimento sono gli ossidi di ferro e di manganese, i minerali argillosi e la materia organica. Si ritrovano ugualmente nella struttura di minerali primari e secondari e più raramente sui carbonati, solfati o fosfati. I metalli pesanti sono inoltre conosciuti per la loro potenziale tossicità, principal-

mente sotto forma ionica. A seconda delle condizioni di temperatura, pH e potenziale redox, i sedimenti possono intrappolare o al contrario rilasciare i metalli. In ambiente ossigenato, il ferro e il manganese sono sotto forma ossidata e costituiscono uno strato a cui sono assorbiti i metalli e ne regolano quindi la disponibilità. In condizioni riducenti ferro e manganese sono in forma disciolta e i metalli si ritrovano (bio)disponibili nella colonna d'acqua. L'analisi geochimica di un sedimento rappresenta dunque una tappa essenziale nello studio dell'inquinamento di un lago.

## MATERIALI E METODI

### Campionamento del sedimento superficiale

I dieci punti di campionamento sono stati scelti in modo da coprire tutta la superficie del lago. Il sedimento è stato prelevato con una piccola draga (Züllig AG). Una volta sul fondo la draga si chiude tramite un peso messaggero che viene lasciato scorrere lungo il cavo dell'argano. Il sedimento così prelevato viene omogeneizzato, seccato e infine finemente tritato con mortaio e pestello.

### Campionamento della colonna sedimentaria (carotaggio)

Il campione di colonna sedimentaria (carota) è stato prelevato nella zona centrale del lago. La carotiera utilizzata (Aquarius) permette di penetrare nel sedimento per forza

di gravità. Uno speciale dispositivo posto in cima alla carotiera permette di mantenere il sedimento nel tubo per effetto del vuoto che vi si viene a creare. La carota prelevata viene estratta dal tubo con un pistone. Gli strati di sedimento sono raccolti ogni cm circa. Una volta secco, il sedimento è finemente triturato con mortaio e pestello.

**Analisi della concentrazione dei metalli pesanti [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ]**

L'attacco al sedimento secco per liberare i metalli presenti è quello definito come frazione totale dall'Ordinanza federale sugli inquinanti del suolo (O SUOLO 1986). Si tratta di un attacco acido che dura una notte a 100 °C in presenza di 10 ml di  $\text{HNO}_3$  2 M. Dopo la centrifugazione, il surnatante è analizzato tramite spettrometria ICP-MS (=Inductively coupled plasma mass spectrometry).

I metalli pesanti presi in considerazione sono: Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn.

**Analisi ICP-MS**

I campioni sono stati diluiti 100 x per la lettura. Per ogni serie d'analisi è stata effettuata una calibrazione con degli standards di concentrazione conosciuta per ogni elemento analizzato. Dopo ogni 7 misurazioni sono stati nuovamente misurati gli standards in modo da controllare l'apparecchio e correggere così un'eventuale deriva. Alla fine della serie, degli standards di diverse concentrazioni sono stati misurati per correggere gli scarti di linearità. Ogni campione è stato misurato 4 volte.

**Trattamento dei risultati**

Il limite di detezone è stato calcolato sulla base dei risultati ottenuti sui bianchi. Esso corrisponde allo scarto tipo calcolato su tutte le medie delle 4 misure dei bianchi della serie, moltiplicato per 3. Questa stima tiene conto di un'eventuale deriva dei bianchi. A partire dagli standards di concentrazione conosciuta è talvolta necessaria una correzione dei difetti di linearità. La deriva può essere messa in evidenza esaminando gli standards intermediari.

**Calcoli**

Per il calcolo finale delle concentrazioni bisogna tenere conto di:

- Peso del campione e del  $\text{HNO}_3$ .
- Perdite durante l'attacco nel forno.
- Diluizione esatta prima della misura all'ICP-MS.

**RISULTATI**

**Metalli pesanti nel sedimento superficiale**

La concentrazione dei metalli pesanti nel sedimento superficiale è presentata nelle figure 1 e 2. Globalmente nel laghetto di Muzzano la distribuzione spaziale dei differenti metalli analizzati è comparabile. In generale, il campione che possiede la concentrazione più bassa è quello situato presso l'uscita delle acque di stramazzo del collettore consortile. In mezzo al lago sono misurate delle concentrazioni più importanti ed i valori dei diversi campioni ana-

lizzati risultano piuttosto omogenei. Come dimostrato dalla matrice dei coefficienti di correlazione (Tab. 1), le concentrazioni di questi elementi nel sedimento superficiale sono legate tra di loro. Solo il piombo presenta una distribuzione spaziale differente. In effetti il valore minimo misurato ( $60.4 \mu\text{g g}^{-1}$ ) è quello del campione prelevato in prossimità dell'uscita dell'emissario.

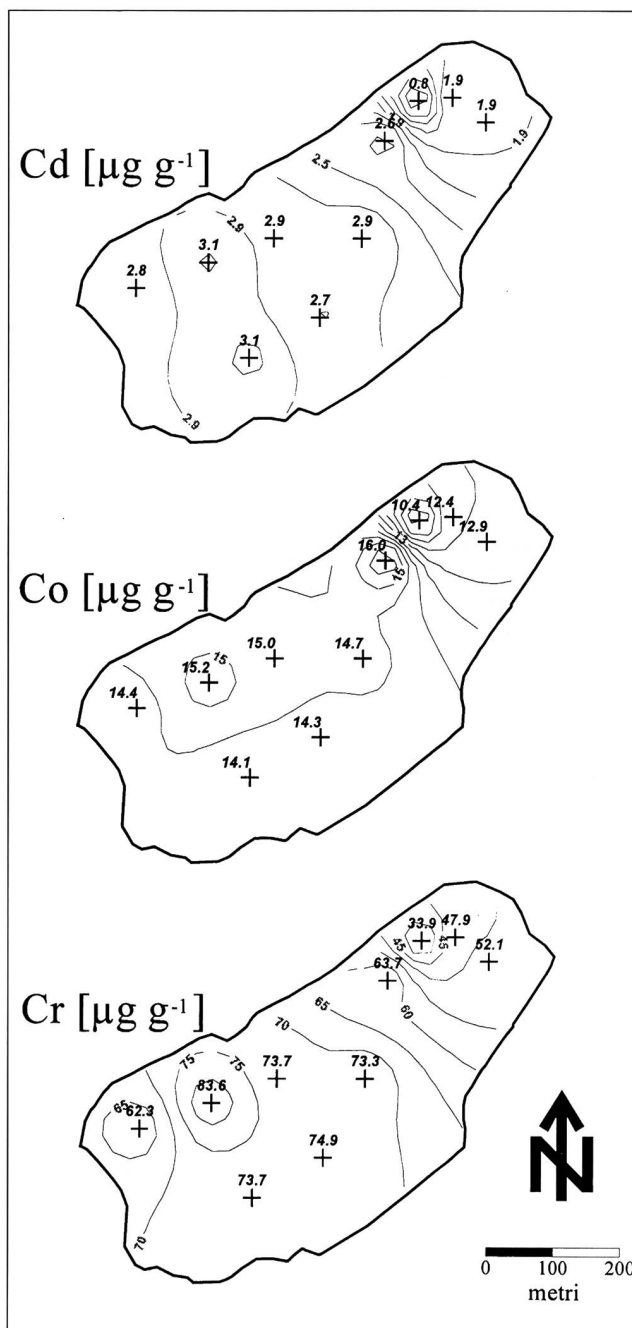


Fig. 1 - Distribuzione delle concentrazioni di Cd, Co, Cr [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ] del sedimento superficiale (in grigio) nel laghetto di Muzzano stabilita a partire dalle misure effettuate sui campioni (in nero).

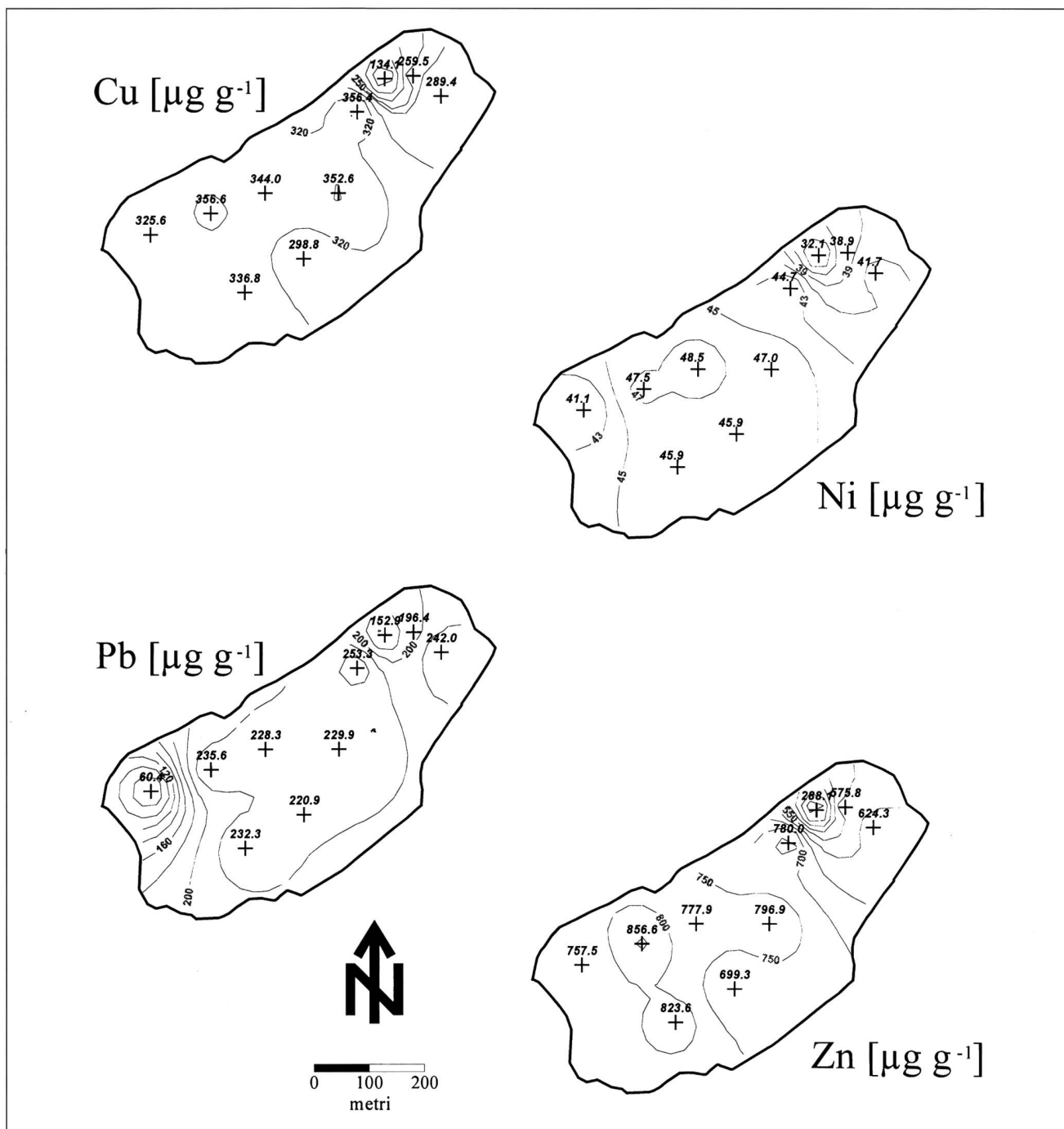


Fig. 2. Distribuzione delle concentrazioni di Cu, Ni, Pb, Zn [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ] del sedimento superficiale (in grigio) nel laghetto di Muzzano stabilita a partire dalle misure effettuate sui campioni (in nero).

	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Cd	1.00						
Co	<b>0.89</b>	1.00					
Cr	<b>0.95</b>	0.85	1.00				
Cu	<b>0.93</b>	<b>0.95</b>	0.86	1.00			
Ni	<b>0.91</b>	<b>0.88</b>	<b>0.95</b>	<b>0.92</b>	1.00		
Pb	0.23	0.34	0.37	0.35	0.53	1.00	
Zn	<b>0.98</b>	<b>0.93</b>	<b>0.91</b>	<b>0.99</b>	<b>0.92</b>	0.31	1.00

Tab. 1 - Matrice dei coefficienti di correlazione di Pearson di tutte le variabili dei campioni di sedimento superficiale ( $n = 10$ ). Le correlazioni significative con una soglia di  $p = 0.01$  sono in corsivo e quelle con una soglia di  $p = 0.001$  sono in corsivo e in grassetto.

### Metalli pesanti nella colonna sedimentaria

Nel sedimento del laghetto di Muzzano i metalli pesanti possono essere divisi in due gruppi a seconda del tipo di profilo ottenuto.

Il primo gruppo è costituito dal cobalto e dal nichel (Fig. 3). I profili di questi due metalli sono comparabili tra di loro ed esiste una buona correlazione tra questi due elementi (Tab. 2). Negli strati superficiali del sedimento le concentrazioni del Co e del Ni non presentano una particolare tendenza. A partire da 6.7 cm di profondità, la concentrazione nel sedimento di questi due metalli diminuisce progressivamente fino a raggiungere un minimo a 13

cm. Negli strati successivi le concentrazioni del Co e del Ni aumentano rapidamente.

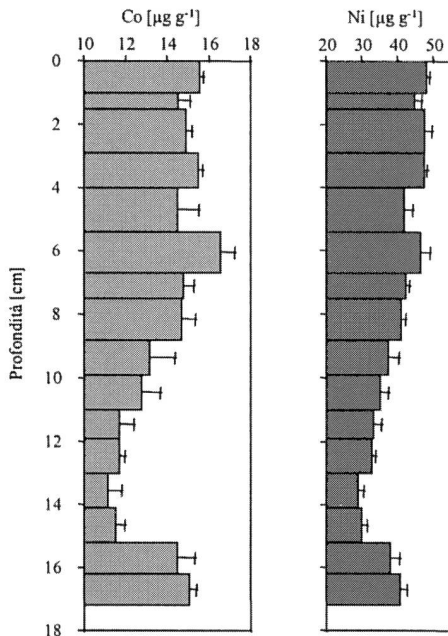


Fig. 3 - Profili delle concentrazioni di cobalto e nichel [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ] nei primi 17.2 centimetri di sedimento del laghetto di Muzzano. Le sbarre orizzontali indicano la deviazione standard.

Il secondo gruppo è costituito dal rame, dal piombo, dallo zinco, dal cadmio e dal cromo. Nella carota prelevata dal laghetto di Muzzano i profili di questi metalli sono molto simili tra di loro (Fig. 4). Negli strati superficiali del sedimento si misurano le concentrazioni più elevate. A partire da 4 cm di profondità, le concentrazioni di questi metalli pesanti diminuiscono progressivamente. Negli strati più profondi del sedimento, le concentrazioni risultano scarse e piuttosto costanti.

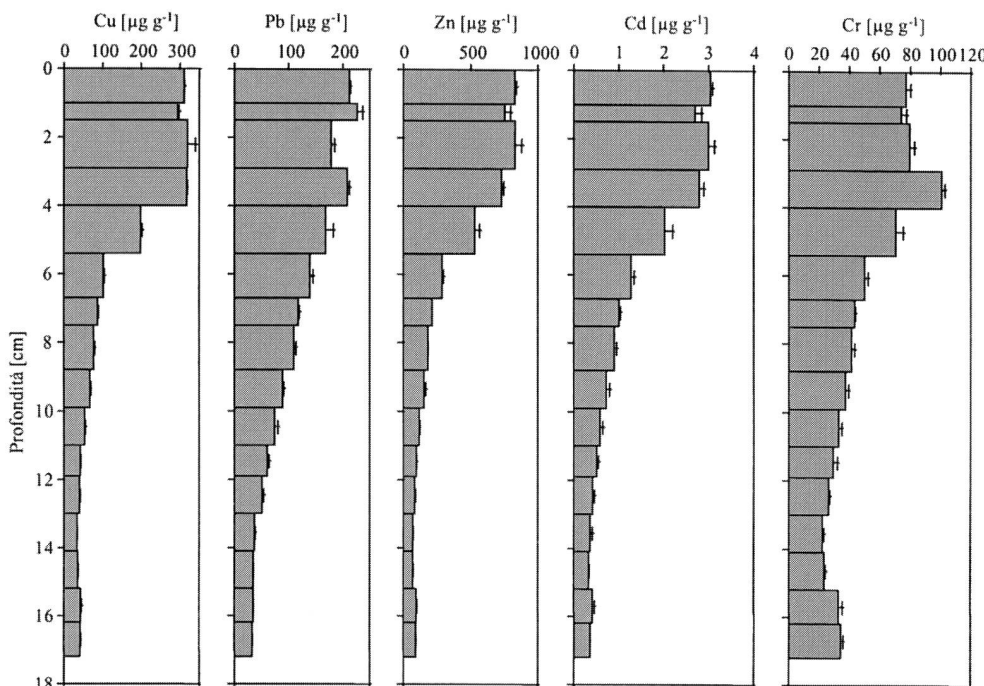


Fig. 4 - Profili delle concentrazioni di rame, piombo, zinco, cadmio e cromo [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ] nei primi 17.2 centimetri di sedimento del laghetto di Muzzano. Le sbarre orizzontali indicano la deviazione standard.

La matrice dei coefficienti di correlazione di Pearson (Tab. 2) mostra come le concentrazioni di questi metalli siano legate tra di loro. Particolarmente buona è la correlazione che esiste tra lo Zn, il Cd ed il Cu (Fig. 5).

	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Cd	1.00						
Co	0.60	1.00					
Cr	<b>0.96</b>	0.67	1.00				
Cu	<b>0.99</b>	0.57	0.96	1.00			
Ni	<b>0.82</b>	<b>0.94</b>	<b>0.85</b>	<b>0.80</b>	1.00		
Pb	<b>0.96</b>	0.64	<b>0.93</b>	<b>0.94</b>	<b>0.84</b>	1.00	
Zn	<b>0.99</b>	0.58	<b>0.95</b>	<b>0.99</b>	<b>0.80</b>	<b>0.94</b>	1.00

Tab. 2 - Matrice dei coefficienti di correlazione di Pearson di tutte le variabili dei campioni della colonna sedimentaria (n = 16). Le correlazioni significative con una soglia di  $p = 0.01$  sono in corsivo e quelle con una soglia di  $p = 0.001$  sono in corsivo e in grassetto.

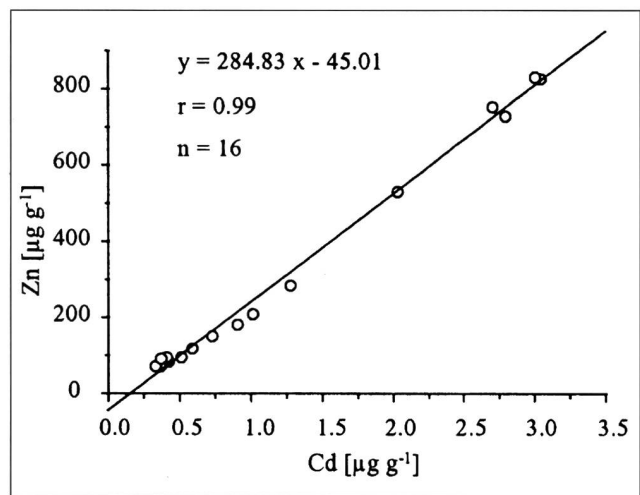


Fig. 5 - Relazione tra la concentrazione del cadmio e dello zinco nella carota prelevata nel laghetto di Muzzano.

## DISCUSSIONE

L'evoluzione della contaminazione da metalli pesanti non può essere analizzata senza un confronto tra i valori misurati e le concentrazioni naturali di questi elementi. Queste concentrazioni naturali sono indipendenti dall'influenza antropica e sono ereditate dalle caratteristiche petrografiche del bacino imbrifero. La determinazione di queste concentrazioni può essere effettuata a partire dallo studio di carote sedimentarie datate: la concentrazione naturale di un elemento corrisponde al valore degli strati più antichi. Questo valore naturale è anche chiamato «background geochimico». L'analisi della carota prelevata nel laghetto di Muzzano mostra che esistono due tipi di profili per i metalli pesanti presi in considerazione. Il primo gruppo, costituito dal nichel e dal cobalto, ha probabilmente un'origine detritica (Fig. 3). Il secondo gruppo, formato da rame, piombo, zinco, cadmio e cromo, mostra un evidente aumento nel corso del tempo (Fig. 4). Gli strati più vecchi sono infatti caratterizzati da concentrazioni di metalli pesanti nettamente inferiori agli strati più recenti. Le concentrazioni misurate negli strati inferiori possono essere considerate come background geochimico del laghetto di Muzzano. Questa concentrazione naturale è stata ottenuta calcolando la media delle concentrazioni del metallo considerato negli ultimi quattro strati della carota, laddove il profilo assume un andamento asintotico. Il confronto tra il background geochimico calcolato per il laghetto di Muzzano e le concentrazioni naturali medie determinate nei sedimenti pre-industriali di differenti laghi d'Europa e d'America mostra una buona corrispondenza (Tab. 3).

	Media dei laghi d'Europa e d'America <sup>(1)</sup>	Lago di Muzzano		F = (b/a)
		Background geochimico (a)	Valore (b) massimo	
Cu	29	39	317.6	8
Pb	35	34.4	212.3	6
Zn	111	82	827	10
Cd	0.58	0.37	3.04	8
Cr	49	28.3	101	3.5

<sup>(1)</sup> HÅKANSON 1980

Tab. 3 - Confronto tra le concentrazioni (in ppm) di differenti metalli misurati in sedimenti pre-industriali (prima del 1850) e le concentrazioni naturali calcolate per il laghetto di Muzzano. F è il fattore di incremento e rappresenta il rapporto (arrotondato) tra il valore massimo misurato nella carota prelevata nel laghetto di Muzzano ed il background geochimico.

L'aumento progressivo delle concentrazioni di metalli pesanti negli strati più recenti è dunque dovuta ad una contaminazione antropica. Per lo zinco, ad esempio, le concentrazioni misurate negli strati più recenti risultano dieci volte maggiori del background geochimico calcolato. Rispetto al valore naturale, le concentrazioni misurate negli strati superficiali sono maggiori di otto volte per rame e

cadmio, di sei volte per il piombo e di tre volte e mezzo per il cromo.

Nel laghetto di Muzzano la distribuzione spaziale dei differenti metalli analizzati nel sedimento superficiale è comparabile (Fig. 1 e 2). A parte per il caso del piombo, il campione di sedimento superficiale che possiede la concentrazione più bassa del metallo considerato è quello situato a prossimità dell'uscita delle acque di stramazzo del collettore consortile. Le correnti d'acqua che si formano in questa zona in caso di intense precipitazioni rimettono in sospensione il sedimento e trasportano verso il centro del lago le particelle più fini alle quali sono legati i metalli. È infatti la frazione fine del sedimento (< 63 μm) che normalmente risulta ricca di elementi inquinanti poichè essa offre un'elevata superficie di assorbimento in rapporto al volume. È in effetti al centro del lago che si misurano le concentrazioni più elevate di metalli pesanti. Le concentrazioni misurate in questa zona sono inoltre nettamente superiori al background geochimico del lago.

La tabella 4 mostra il confronto tra le concentrazioni massime, minime e medie di metalli pesanti nei campioni di sedimento superficiale del laghetto di Muzzano e del lago di Lugano. Si noti come le concentrazioni minime misurate nel lago di Lugano siano sempre inferiori a quelle misurate nel laghetto di Muzzano.

Per quanto concerne le concentrazioni massime, solamente la contaminazione da zinco è superiore a quella del lago di Lugano. Le grandi differenze che esistono tra valori massimi e minimi nel lago di Lugano dimostra come la contaminazione da metalli pesanti sia molto più eterogenea di quella del laghetto di Muzzano. Osservando le concentrazioni medie dei campioni di sedimento superficiale si nota che, all'eccezione del cromo, il laghetto di Muzzano è globalmente più contaminato dai metalli pesanti che il lago di Lugano.

		Cd [μg g <sup>-1</sup> ]	Cr [μg g <sup>-1</sup> ]	Cu [μg g <sup>-1</sup> ]	Pb [μg g <sup>-1</sup> ]	Zn [μg g <sup>-1</sup> ]
Lago di Muzzano	minima	0.82	33.93	134.13	60.40	288.08
	massima	3.14	83.63	356.56	253.25	856.64
	media	2.47	63.91	305.39	205.18	698.02
Lago di Lugano <sup>(2)</sup>	minima	0.12	5.00	7.50	2.00	21.00
	massima	8.70	627	565	789	706
	media	1.87	107	65.76	113	256

<sup>(2)</sup> PRINCIPI *et al.* 1994

Tab. 4 - Confronto tra le concentrazioni massime, minime e medie dei metalli pesanti misurate nei campioni di sedimento superficiale del laghetto di Muzzano (N=10) e del lago di Lugano (N=83). N = numero di campioni analizzati.

Il confronto tra le concentrazioni medie dei metalli pesanti misurate nei campioni di sedimento superficiale del laghetto di Muzzano e la classificazione proposta dall'Agenzia di Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (U.S.EPA) per valutare il grado di inquinamento dei sedimenti (GIESY & HOKE 1990) mostra che il sedimento del laghetto di Muzzano è da considerarsi moderatamente in-

quinato per il cromo e fortemente inquinato per il piombo, il rame e lo zinco (Tab. 5).

	non inquinato <sup>(3)</sup>	moderatamente inquinato <sup>(3)</sup>	fortemente inquinato <sup>(3)</sup>	Concentrazione media
Cd	-	-	> 6	2.47
Cr	< 25	25-75	> 75	63.91
Cu	< 25	25-50	> 50	305.39
Pb	< 40	40-60	> 60	205.18
Zn	< 90	90-200	> 200	698.02

<sup>(3)</sup> GIESY & HOKE 1990

Tab. 5 - Confronto tra le concentrazioni medie dei metalli pesanti misurate nei campioni di sedimento superficiale del laghetto di Muzzano e la classificazione proposta dall'Agenzia di Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (U.S.EPA). Le concentrazioni sono espresse in  $\mu\text{g g}^{-1}$  (ppm).

A livello svizzero l'Ordinanza sugli inquinanti del suolo (O SUOLO 1986) indica dei valori indicativi al di sopra dei quali un suolo è da considerarsi contaminato (Tab. 6). All'eccezione del cadmio, questi valori corrispondono abbastanza bene con le concentrazioni proposte dall'U.S.EPA per un sedimento fortemente inquinato (Tab. 5). I sedimenti lacustri sono per lo più costituiti da materiale proveniente dall'erosione dei bacini imbriferi. Anche se i sedimenti non sono assimilabili ai suoli dal punto di vista geologico, è comunque possibile valutare il loro contenuto in metalli pesanti per mezzo dei valori indicativi dell'O Suolo. Il confronto con le concentrazioni medie misurate nei campioni di sedimento superficiale del laghetto di Muzzano mostra che i valori sono superati per il cadmio, il rame, il piombo e lo zinco.

	Valori indicativi <sup>(4)</sup>	Concentrazione media
Cd	0.8	2.47
Cr	75	63.91
Cu	50	305.39
Pb	50	205.18
Zn	200	698.02

<sup>(4)</sup> Ordinanza federale sugli inquinanti del suolo del 9 giugno 1986

Tab. 6 - Confronto tra le concentrazioni medie misurate nei campioni di sedimento superficiale del laghetto di Muzzano ed i valori indicativi dell'O Suolo. Le concentrazioni sono espresse in  $\mu\text{g g}^{-1}$  (ppm).

Già GEISER (1975) aveva messo in evidenza come i sedimenti superficiali del laghetto di Muzzano fossero molto ricchi di piombo e cadmio.

Ma qual'è l'origine di questi metalli?

Il laghetto di Muzzano riceve dell'acqua dalle precipitazioni atmosferiche, dallo scorrimento superficiale e, in caso di forti piogge, dalle acque di stramazzo del collettore consortile. L'origine possibile di inquinamento è quindi da ricercarsi nell'acqua piovana, nelle acque usate e nelle acque di scorrimento.

Durante le precipitazioni, lo scorrimento superficiale comincia quando l'acqua caduta al suolo raggiunge una

certa quantità. A questo scorrimento superficiale sono associati dei fenomeni di erosione e quindi di trasporto di particelle così mobilizzate. La maggior parte degli inquinanti risulta fissata alle particelle in sospensione mentre il contributo dato dalla frazione disciolta è trascurabile (BACHOC *et al.* 1994). Inoltre è stato stimato che dal 15 al 25% dell'inquinamento delle acque di scorrimento è direttamente riconducibile all'inquinamento dell'acqua piovana. Questa proporzione può risultare più importante nel caso dei metalli pesanti (BACHOC *et al.* 1994). La circolazione automobilistica è un'importante fonte diretta per un grande numero di inquinanti. È il caso degli idrocarburi (olio e benzina), del piombo (fino a poco tempo fa presente nella benzina), e differenti metalli provenienti dall'usura dei pneumatici (zinco, cadmio, rame) e di altre componenti metalliche (titanio, cromo, alluminio,...) (BACHOC *et al.* 1994). Inoltre, in zona urbana, il fenomeno della corrosione dei tetti di alcune abitazioni comporta un arricchimento di rame e di zinco delle acque di scorrimento (FÖRSTNER & WITTMANN 1981). In zona agricola il suolo coltivato può risultare arricchito di metalli pesanti a causa dell'utilizzo di fertilizzanti e di pesticidi. I concimi a base di fosfati contengono spesso delle quantità importanti di elementi traccia, in particolare di cadmio (FÖRSTNER & WITTMANN 1981). L'utilizzo di verderame nei vigneti può contribuire ad una contaminazione da rame, come è il caso per i sedimenti della riva vodese del lago Lemano a forte attività vinicola. Lo scorrimento superficiale in zona urbana e in zona agricola rappresenta quindi un'importante fonte diffusa di metalli pesanti (FÖRSTNER & WITTMANN 1981).

In caso di forti precipitazioni, nel laghetto di Muzzano si riversavano direttamente dal collettore consortile un miscuglio di acque usate e di acque di scorrimento. Questi scarichi di acque usate trasportano delle importanti quantità di rame, piombo, zinco e cadmio, e in misura minore di cromo. Il confronto tra la concentrazione media dei metalli pesanti nei fanghi di depurazione e la rispettiva concentrazione nelle rocce della crosta terrestre da un'idea dell'ampiezza di questa contaminazione (Tab. 7).

	Fanghi di depurazione [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ] (a)	Rocce della crosta terrestre [ $\mu\text{g g}^{-1}$ ] (b)	(a)/(b)
Cr	240	200	1.2
Cu	700	45	15
Pb	450	15	30
Zn	2600	65	40
Cd	10	0.2	50

Tab. 7 - Confronto tra le concentrazioni medie dei metalli pesanti nei fanghi di depurazione e nelle rocce della crosta (da FÖRSTNER & WITTMANN 1981).

Le elevate concentrazioni di Cu, Pb, Zn ed in misura minore di Cd provengono dalla corrosione delle condotte delle canalizzazioni (FÖRSTNER & WITTMANN 1981).

I sedimenti del laghetto di Muzzano sono in effetti fortemente contaminati da questi metalli e questo indica come l'origine principale di questo inquinamento siano gli

scarichi di acque usate. Inoltre i depositi che si formano nelle condotte vengono rimossi ed il loro contributo in caso di forti piogge può raggiungere una proporzione di 30 a 45% del totale della materia rimessa in sospensione (BACHOC *et al.* 1994).

## CONCLUSIONI

I risultati delle analisi dei sedimenti lacustri del laghetto di Muzzano dimostrano come, negli scorsi decenni, l'inquinamento da metalli pesanti sia aumentato considerevolmente. Infatti i metalli di origine umana (cadmio, cromo, piombo, rame e zinco) misurati negli strati più superficiali del sedimento risultano da tre a dieci volte più elevate rispetto ai valori naturali del lago. I metalli pesanti in questione provengono principalmente dalla corrosione della rete di canalizzazioni e dallo scorrimento superficiale dell'acqua piovana in zona urbana e sui terreni agricoli. Gli scarichi episodici in caso di intense precipitazioni delle acque di stramazzo del collettore consortile hanno quindi contribuito fortemente a contaminare di metalli pesanti il sedimento del laghetto di Muzzano. Le buone correlazioni che esistono tra questi elementi, la loro simile distribuzione spaziale e la loro comparabile evoluzione nel corso del tempo rinforzano questa ipotesi.

## BIBLIOGRAFIA

- BACHOC A., TABUCHI J.P., CHEBBO G. & PHILIPPE J.P., 1994. La pollution des rejets urbains par temps de pluie: quantité, origine et nature. *La Houille Blanche* 1/2: 21-33.
- FÖRSTNER U. & WITTMANN G. T. W., 1981. *Metal pollution in the aquatic environment*, 2nd. ed.. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, Tokio, 486 p.
- GEISER R., 1975. Recherche de métaux lourds dans l'eau (milieu), la biomasse (seston) et les détritiques organiques du sédiment de l'étang de Muzzano (Tessin). Travail de diplôme, Université de Genève, 180 p.
- GIESY J. P. & HOKE R. A., 1990. Freshwater sediment quality criteria: Toxicity bioassessment. In: R. Baudo, J. P. Giesy and H. Muntau (eds.). *Sediments: Chemistry and toxicity of in-place pollutants*. Lewis Publ., Chelsea, Michigan: 265-348.
- HÅKANSON L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control - a sedimentological approach. *Water Res.* 14: 146-159.
- O SUOLO, 1986. Ordonnance sur les polluants du sol. Ordonnance du Conseil fédéral suisse. Office central fédéral des imprimés et du matériel, Berne, RS 814.015.
- PRINCIPI C., BAUDO R. & MUNTAU, H., 1994. Spatial and temporal heterogeneity of Lake Lugano sediment composition. *Aquatic Sciences* 56/3: 243-262.



