



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per lo Studio degli Ecosistemi
Verbania Pallanza

R E P O R T

CNR-ISE, 05.09

INDAGINI LIMNOLOGICHE NELL'AREA ANTISTANTE LA FOCE DEL TORRENTE SAN BERNARDINO (SOPRALLUOGO DEL 15 DICEMBRE 2009)

V. Ambrosetti, A. Fadda, M. Manca, G. Morabito, M. Rogora
M. Contesini, P. Giacomotti, P. Panzani, A. Pranzo, G. Tartari & S. Vanetti

2009

Convenzione tra CNR Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, Acetati S.p.A

INDAGINI LIMNOLOGICHE NELL'AREA ANTISTANTE LA FOCE DEL TORRENTE SAN BERNARDINO (SOPRALLUOGO DEL 15 DICEMBRE 2009)

PREMESSA

Il sopralluogo nell'area lacustre antistante la foce del Torrente San Bernardino ha avuto luogo il 15 dicembre 2009 ed ha interessato come di consueto due diverse stazioni di campionamento: la prima è collocata su un fondale di circa 50 metri a 120 metri dalla sponda destra idrografica del fiume (stazione 1; punto 2 in figura 1); la seconda si trova invece su un fondale di circa 100 metri ad una distanza di circa 200 metri dalla riva (stazione 2; punto 1 in figura 1). Le indagini effettuate hanno come obiettivo quello di individuare eventuali alterazioni delle caratteristiche termiche, chimiche e biologiche delle acque lacustri nella zona interessata dallo scarico finale del depuratore consortile di Verbania gestito dalla S.P.V. (Servizi Pubblici Verbanesi S.r.l.), nel quale confluiscono anche i reflui trattati derivanti dalla Acetati S.p.A.

In entrambe le stazioni sono state eseguite delle misure *in situ* di temperatura con termometro a rovesciamento e sonda multiparametrica. I prelievi per le analisi chimiche hanno interessato le profondità 0 - 10 - 20 - 30 e 45 metri per la stazione 1, e 0 - 15 - 30 - 45 - 60 - 75 e 90 metri per la stazione 2.

Nelle due stazioni sono state inoltre eseguite misure di trasparenza con il disco di Secchi e si è proceduto alla raccolta di un campione integrato nello strato 0-20 metri per l'analisi del popolamento fitoplanctonico e la determinazione di clorofilla e feofitina, nonché di campioni di zooplankton con retino (maglie di luce 126 μm) nello strato 0-40 metri nella stazione 1 e 0-50 metri nella stazione 2.

In questa relazione vengono presentati i risultati delle indagini termiche, chimiche e biologiche, confrontati con quelli relativi alla stazione pelagica di Ghiffa effettuati in giorni diversi e con le caratteristiche delle acque tributarie del Torrente San Bernardino (campionamento del 15 dicembre 2009).

TERMICA LACUSTRE

Il giorno 15 dicembre 2009, oltre ai programmati prelievi per analisi chimiche, fito- e zooplanctoniche, sono state effettuate nella zona antistante la foce del Torrente San Bernardino, interessata dallo scarico Acetati S.p.A., quattro misure termometriche nelle acque del Lago Maggiore. Si sono rilevati mediante sonda multiparametrica, gli andamenti termici verticali ogni 20 cm in punti situati ad una distanza tra 100 e 200 m dalla riva e ad una profondità compresa tra i 60 e i 150 m. Le stazioni relative sono riportate in figura 1.

Le temperature delle acque del lago misurate nelle stazioni rivierasche e a Ghiffa rispettivamente il 15 e il 16 dicembre 2009 sono riportate in figura 2. Esse evidenziano un profilo verticale pressoché identico, tipico della fase di destratificazione del lago che inizia solitamente a settembre-ottobre e che termina normalmente nel mese di febbraio-

marzo. Le quattro curve mostrano uno strato superiore (epilimnio) ben mescolato (temperatura tra i 9,90 e i 10 °C) che si spinge sino alla profondità di 35 metri nella stazione pelagica e a 30 metri in quelle costiere ed uno strato di salto termico (metalimnio) che si estende sino a 55 m, con il massimo gradiente termico verticale di 0,55 °C tra 41 e 42 m di profondità. La zona ipolimnica presenta nelle quattro curve una graduale diminuzione termica mostrando tra loro differenze di entità modesta dell'ordine di pochi centesimi di grado (Fig. 3).

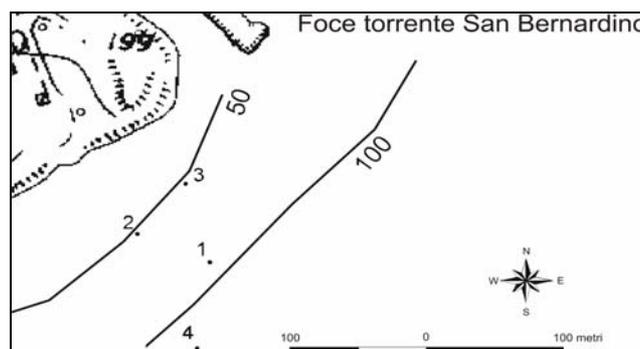


Fig. 1. Ubicazione delle quattro stazioni di misure termometriche situate nella zona interessata dallo scarico.

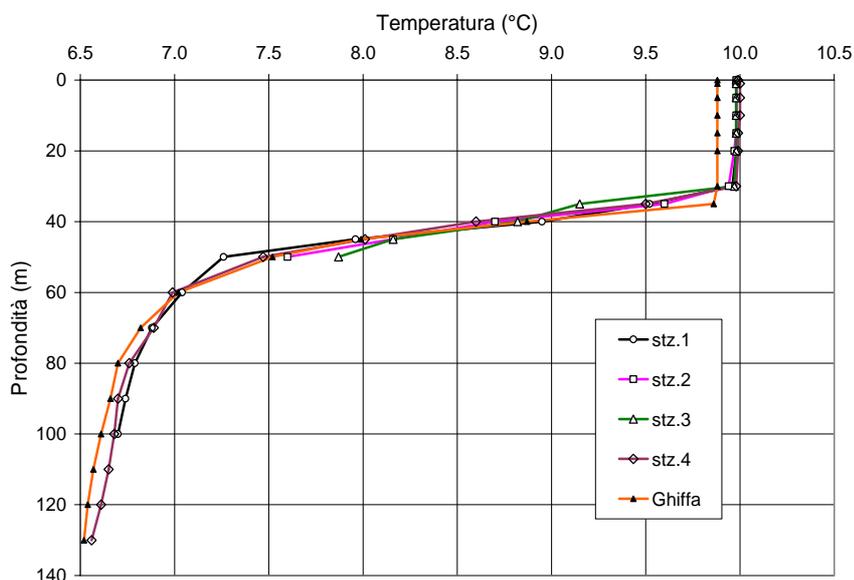


Fig. 2. Profili termici verticali misurati il 15/12/2009 nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1-2-3-4) e nella stazione pelagica di Ghiffa il 16/12/2009.

Il confronto tra gli andamenti termici superficiali sia della zona litorale che della pelagica non appare coerente con l'evolversi dei normali processi di raffreddamento invernale tipico dei due siti, come può essere rilevato anche dai rapporti precedenti. La causa deve essere ricercata nelle condizioni meteorologiche che si sono stabilite sull'areale del lago nel periodo precedente le misure in oggetto e soprattutto nel vento e nella temperatura atmosferica che sono alla base degli scambi energetici attraverso

interfacies aria-acqua.

A questo proposito si sottolinea che il percorso giornaliero del vento è risultato negli ultimi due mesi (novembre – dicembre) molto al di sotto della media degli 11 anni precedenti presentando solo 2 giorni con raffiche massime superiori a 50 km h^{-1} (58 e 52 km h^{-1} rispettivamente il 30 novembre e l'1 dicembre). Per contro la temperatura media dell'aria in novembre ($8,91 \text{ }^\circ\text{C}$) è risultata superiore a quella corrispondente del periodo 1951-2008 di ben $1,36 \text{ }^\circ\text{C}$ mentre nei primi 15 giorni di dicembre si è registrato un aumento di $1,24 \text{ }^\circ\text{C}$. Ciò ha determinato una diminuzione di energia cinetica necessaria allo sprofondamento dell'epilimnio aumentandone la stabilità e favorendo l'omogeneizzazione dello strato superficiale di tutta la massa lacustre.

Non si rileva nessuna traccia nelle curve termiche di anomalie dovute a infiltrazioni di acque tributarie del San Bernardino più fredde di quelle lacustri ($3,6 \text{ }^\circ\text{C}$ il 15/12/2009), né di quelle più calde eventualmente imputabili alla diffusione dello scarico Acetati S.p.A.

ANALISI CHIMICHE

In tabella 1 sono riportati i risultati dei campionamenti eseguiti nella stazione 1, su fondale di 50 metri, ed alla foce del Torrente San Bernardino, mentre la tabella 2 è relativa ai prelievi effettuati nella stazione 2, su fondale di 100 metri, a circa 200 metri dalla riva. La tabella 3 infine riporta i valori misurati nella stazione di Ghiffa, a centro lago, nello strato d'acqua compreso tra la superficie ed i 100 m di profondità.

I risultati relativi alle acque del Torrente San Bernardino, campionato nel punto di immissione a lago, non denotano la presenza lungo il corso d'acqua di scarichi urbani o altre fonti di contaminazione (Tab. 1). Infatti l'azoto ammoniacale ed organico presentano concentrazioni molto basse, così come il fosforo sia reattivo che totale (pari a 2 e 5 $\mu\text{g P l}^{-1}$, rispettivamente). Anche le altre variabili considerate, tra cui pH (7,36 unità), alcalinità totale (0,31 meq l^{-1}), conducibilità (57 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 20 °C), presentano i tipici valori che caratterizzano le acque di un torrente il cui bacino imbrifero è impostato prevalentemente in rocce ignee.

Il confronto tra le due stazioni rivierasche interessate dallo scarico e la zona pelagica del lago (stazione di Ghiffa) è presentato nelle figure 3-18, che mostrano la distribuzione verticale di pH, saturazione di ossigeno, conducibilità a 20 °C, nonché delle principali specie ioniche e di quelle variabili chimiche che potrebbero essere influenzate direttamente dallo scarico, oppure che potrebbero segnalare processi biochimici anomali rispetto a quelli che avvengono a lago.

Gli andamenti dei valori di pH e della saturazione di ossigeno nella zona in esame non mostrano differenze sostanziali tra le stazioni 1 e 2 e quella pelagica di Ghiffa (Tabb 1-3 e Fig. 3 e 4). In quest'ultima si osserva un valore leggermente superiore della saturazione di ossigeno nelle acque superficiali (93-95 % nello strato tra 0 e 30 m di profondità) rispetto a valori di 85-90 % nelle stazioni interessate dallo scarico. La mancata differenza tra i valori sia di pH che di saturazione di ossigeno alle profondità potenzialmente interessate dallo scarico dimostra come non si verificano consumi aggiuntivi di ossigeno per la demolizione del carico organico. I tenori di ossigeno in entrambe le stazioni si mantengono infatti sempre al di sopra dell'70 % come percentuale di saturazione ed i valori di pH oscillano tra 7,6 unità in superficie e 7,4 in ipolimnio, valori del tutto analoghi a quelli di Ghiffa (Fig. 3).

Anche le altre variabili chimiche considerate, in particolare quelle connesse con l'idrochimica di base (conducibilità, alcalinità totale, solfati, calcio, magnesio, sodio, potassio e cloruri) hanno presentato valori simili nelle due stazioni rivierasche ed in quella pelagica (Figg 5-12). La maggior parte delle variabili mostra infatti profili simili nei tre punti di campionamento, con un aumento dei valori al di sotto dei 35-40 m. Come evidenziato nel paragrafo relativo alla termica lacustre, le acque del lago presentano infatti un metalimnio tra 35 e 55 m di profondità. La stratificazione termica delle acque si riflette sui profili delle variabili chimiche, che presentano valori pressoché costanti tra 0 e 40 m, per poi aumentare in ipolimnio. La conducibilità ad esempio passa da 137-139 $\mu\text{S cm}^{-1}$ in epilimnio a 150-155 $\mu\text{S cm}^{-1}$ nelle acque profonde (Fig. 5). Analogamente l'alcalinità aumenta da 0,75-0,76 a 0,84-0,85 meq l^{-1} (Fig. 6). Andamenti simili si osservano per i principali cationi (calcio, magnesio, sodio, potassio) e per solfati e cloruri. Nella stazione 2 queste ultime variabili si discostano leggermente dall'andamento tipico di questo periodo dell'anno, presentando un minimo alla profondità di 45 m (Figg. 7-13). In generale i valori sia dei solfati che dei cloruri risultano leggermente superiori

nelle due stazioni rivierasche rispetto a Ghiffa; i cloruri in particolare presentano un massimo di $3,1 \text{ mg l}^{-1}$ nella stazione 1 alla profondità di 45 m (Fig. 12). Si tratta ad ogni modo di differenze estremamente contenute che rientrano nella normale variabilità stagionale e non tali da indicare un effetto significativo dello scarico.

I silicati presentano un profilo simile nelle tre stazioni (Fig. 13), con valori leggermente inferiori a centro lago ($1,0 \text{ mg Si l}^{-1}$ in superficie) rispetto alla zona rivierasca ($1,3 \text{ mg Si l}^{-1}$), a causa probabilmente di un maggior consumo algale, pur essendo i processi biologici ed i loro effetti sul chimismo estremamente limitati in questo periodo dell'anno.

Anche considerando i composti di azoto e fosforo non si osservano differenze rilevanti tra le stazioni interessate dallo scarico e la zona pelagica (Figg 14-18). I valori di azoto nitrico e totale presentano un andamento simile a quello delle altre variabili chimiche, con valori in aumento al di sotto dei 40 m. Nelle stazioni 1 e 2 le concentrazioni in epilimnio risultano solo leggermente superiori ($0,73\text{-}0,74 \text{ mg N l}^{-1}$ e $0,82\text{-}0,83 \text{ mg N l}^{-1}$ per azoto nitrico e totale rispettivamente) rispetto a Ghiffa ($0,70$ e $0,78\text{-}0,79 \text{ mg N l}^{-1}$). Le concentrazioni di azoto ammoniacale sono risultate molto basse in tutti e tre i punti di campionamento (inferiori a $0,02 \text{ mg N l}^{-1}$; Fig. 15). Anche i valori di azoto organico non risultano influenzati dalla presenza dello scarico, mantenendosi comunque al di sotto di $0,1 \text{ mg N l}^{-1}$ (Fig. 16). Analoga osservazione può essere fatta per il fosforo totale, le cui concentrazioni non superano i $10 \mu\text{g P l}^{-1}$ in nessuna delle stazioni considerate (Fig. 18).

Tab. 1 - Principali caratteristiche fisiche e fisico-chimiche riscontrate nella stazione 1 il 15 dicembre 2009, nonché alla foce del Torrente San Bernardino.

		0 m	-10 m	-20 m	-30 m	-45 m	Foce San Bernardino
Temperatura	°C	10,0	10,0	10,0	9,9	8,2	2,5
Ossigeno	mg O ₂ l ⁻¹	9,4	9,9	9,9	9,8	8,6	-
Saturazione ossigeno	%	85	90	89	89	75	-
pH		7,57	7,60	7,62	7,60	7,37	7,36
Alcalinità totale	meq l ⁻¹	0,76	0,76	0,76	0,76	0,82	0,31
Conducibilità a 20 °C	µS cm ⁻¹	137	138	139	139	149	57
Azoto ammoniacale	mg N l ⁻¹	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,003
Azoto nitrico	mg N l ⁻¹	0,74	0,73	0,74	0,73	0,86	1,05
Azoto inorganico	mg N l ⁻¹	0,75	0,74	0,75	0,74	0,88	1,05
Azoto organico	mg N l ⁻¹	0,07	0,08	0,06	0,09	0,07	0,15
Azoto totale	mg N l ⁻¹	0,82	0,82	0,81	0,83	0,95	1,20
Fosforo reattivo	µg P l ⁻¹	1	3	3	3	4	2
Fosforo totale	µg P l ⁻¹	6	5	5	6	9	5
Silicati reattivi	mg Si l ⁻¹	1,3	1,2	1,2	1,2	1,6	4,0
Calcio	mg Ca l ⁻¹	20,2	20,2	19,9	21,5	21,5	7,3
Magnesio	mg Mg l ⁻¹	3,3	3,3	3,2	3,5	3,5	1,6
Sodio	mg Na l ⁻¹	2,8	2,8	2,8	2,8	3,1	1,9
Potassio	mg K l ⁻¹	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	0,7
Solfati	mg SO ₄ l ⁻¹	27,2	27,2	27,2	27,2	28,7	7,0
Cloruri	mg Cl l ⁻¹	2,7	2,7	2,7	2,7	3,1	1,3

Tab. 2 - Principali caratteristiche fisiche e fisico-chimiche riscontrate nella stazione 2 il 15 dicembre 2009.

		0 m	-15 m	-30 m	-45 m	-60 m	-75 m	-90 m
Temperatura	°C	10,0	10,0	10,0	8,0	7,0	6,8	6,7
Ossigeno	mg O ₂ l ⁻¹	9,7	9,7	9,7	9,8	8,3	8,9	8,7
Saturazione ossigeno	%	88	88	88	84	70	75	73
pH		7,55	7,58	7,59	7,57	7,32	7,42	7,40
Alcalinità totale	meq l ⁻¹	0,76	0,75	0,76	0,75	0,82	0,84	0,84
Conducibilità a 20 °C	µS cm ⁻¹	138	139	139	137	149	152	153
Azoto ammoniacale	mg N l ⁻¹	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Azoto nitrico	mg N l ⁻¹	0,73	0,74	0,73	0,74	0,83	0,86	0,86
Azoto inorganico	mg N l ⁻¹	0,74	0,75	0,74	0,75	0,83	0,86	0,86
Azoto organico	mg N l ⁻¹	0,09	0,07	0,08	0,07	0,09	0,06	0,05
Azoto totale	mg N l ⁻¹	0,83	0,82	0,82	0,82	0,92	0,92	0,91
Fosforo reattivo	µg P l ⁻¹	2	1	1	2	4	3	6
Fosforo totale	µg P l ⁻¹	7	7	8	7	6	5	7
Silicati reattivi	mg Si l ⁻¹	1,2	1,3	1,3	1,3	1,6	1,7	1,7
Calcio	mg Ca l ⁻¹	20,2	20,2	19,8	19,9	21,7	22,0	21,7
Magnesio	mg Mg l ⁻¹	3,3	3,3	3,2	3,2	3,6	3,7	3,7
Sodio	mg Na l ⁻¹	2,8	2,8	2,8	2,8	3,1	3,0	3,1
Potassio	mg K l ⁻¹	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5
Solfati	mg SO ₄ l ⁻¹	27,2	27,3	27,0	26,6	28,7	29,4	29,8
Cloruri	mg Cl l ⁻¹	2,7	2,7	2,7	2,5	2,7	2,7	2,8

Tab. 3 - Principali caratteristiche fisiche e fisico-chimiche riscontrate nella stazione di Ghiffa il 2 dicembre 2009.

		0 m	-5 m	-10 m	-20 m	-30 m	-50 m	-100 m
Temperatura	°C	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	7,7	6,7
Ossigeno	mg O ₂ l ⁻¹	10,1	10,1	10,1	10,0	9,9	8,6	8,9
Saturazione ossigeno	%	94	94	94	93	93	73	74
pH		7,67	7,68	7,70	7,67	7,68	7,33	7,37
Alcalinità totale	meq l ⁻¹	0,76	0,75	0,75	0,75	0,76	0,82	0,85
Conducibilità a 20 °C	µS cm ⁻¹	137	137	137	138	138	150	154
Azoto ammoniacale	mg N l ⁻¹	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Azoto nitrico	mg N l ⁻¹	0,70	0,70	0,70	0,70	0,71	0,89	0,88
Azoto inorganico	mg N l ⁻¹	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,89	0,88
Azoto organico	mg N l ⁻¹	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,05	0,02
Azoto totale	mg N l ⁻¹	0,78	0,78	0,78	0,79	0,79	0,94	0,90
Fosforo reattivo	µg P l ⁻¹	2	2	2	1	1	3	7
Fosforo totale	µg P l ⁻¹	6	5	5	7	6	4	9
Silicati reattivi	mg Si l ⁻¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4
Calcio	mg Ca l ⁻¹	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2	22,2	22,4
Magnesio	mg Mg l ⁻¹	3,2	3,2	3,1	3,2	3,2	3,5	3,6
Sodio	mg Na l ⁻¹	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	3,0	3,0
Potassio	mg K l ⁻¹	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
Solfati	mg SO ₄ l ⁻¹	25,9	26,1	26,0	26,1	26,3	28,1	29,2
Cloruri	mg Cl l ⁻¹	2,6	2,5	2,6	2,6	2,6	2,9	2,9

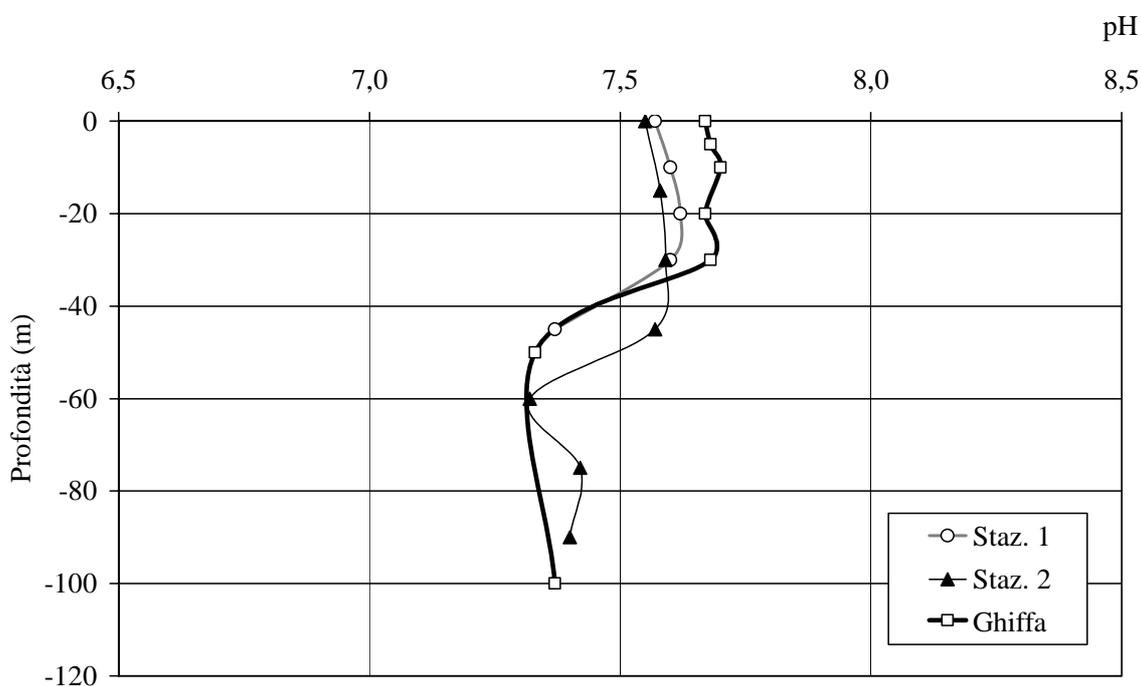


Fig. 3. Distribuzione verticale dei valori di pH nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

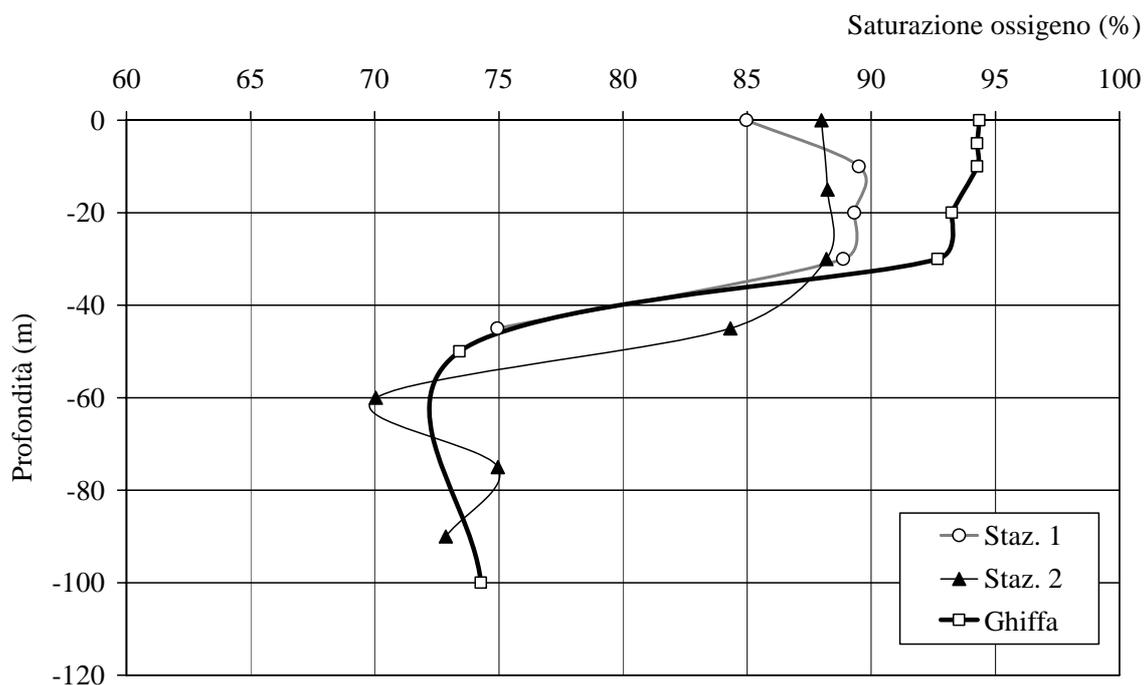


Fig. 4. Distribuzione verticale dei valori di saturazione di ossigeno nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

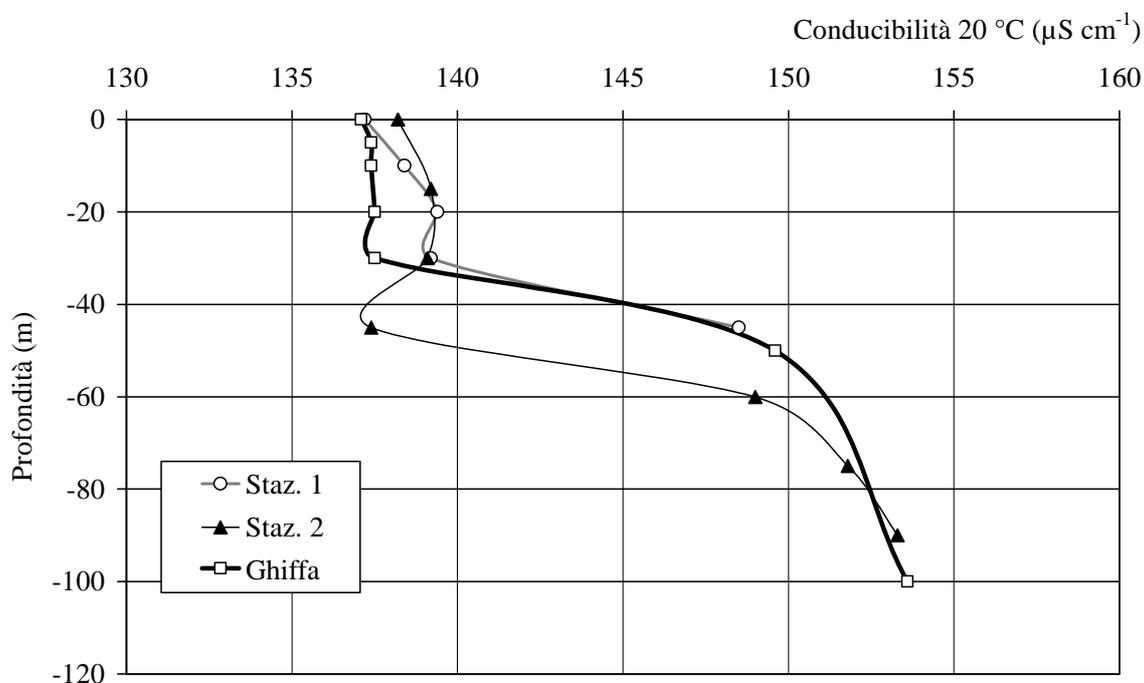


Fig. 5. Distribuzione verticale dei valori di conducibilità nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

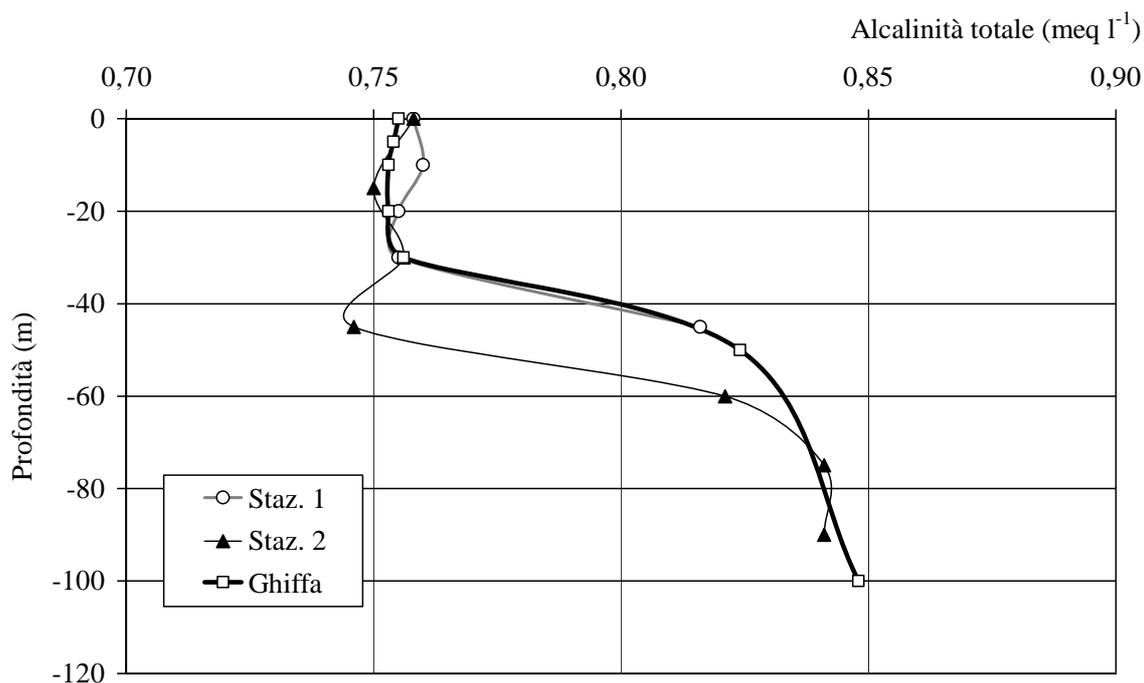


Fig. 6. Distribuzione verticale delle concentrazioni di alcalinità totale nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

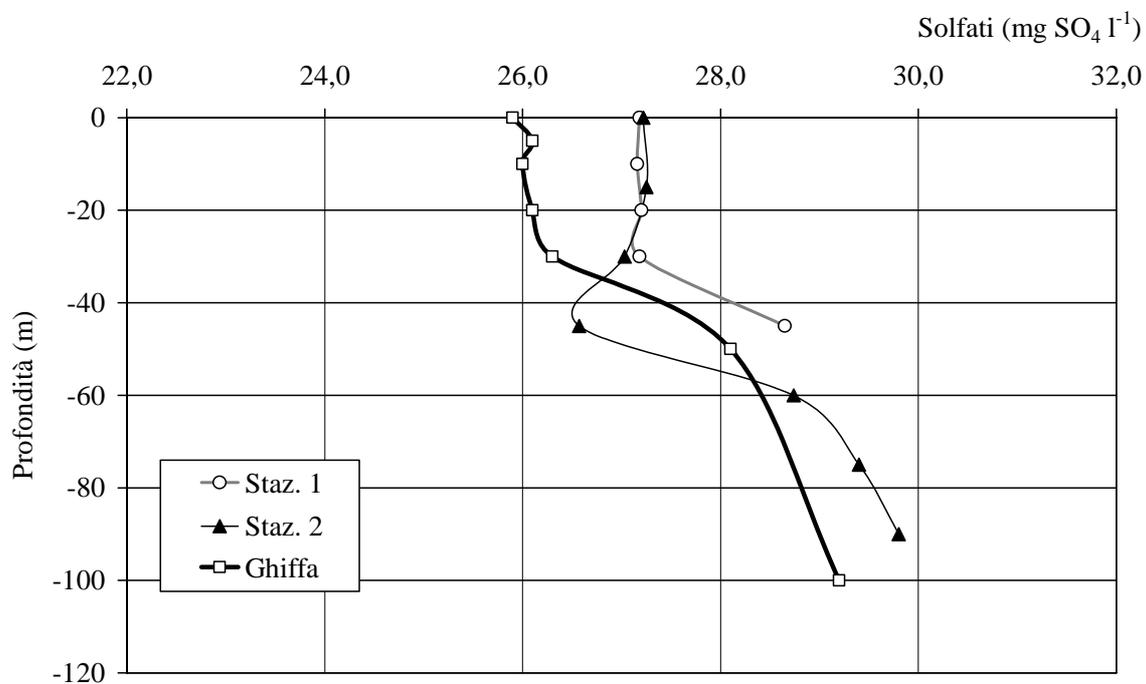


Fig. 7. Distribuzione verticale delle concentrazioni di solfati nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

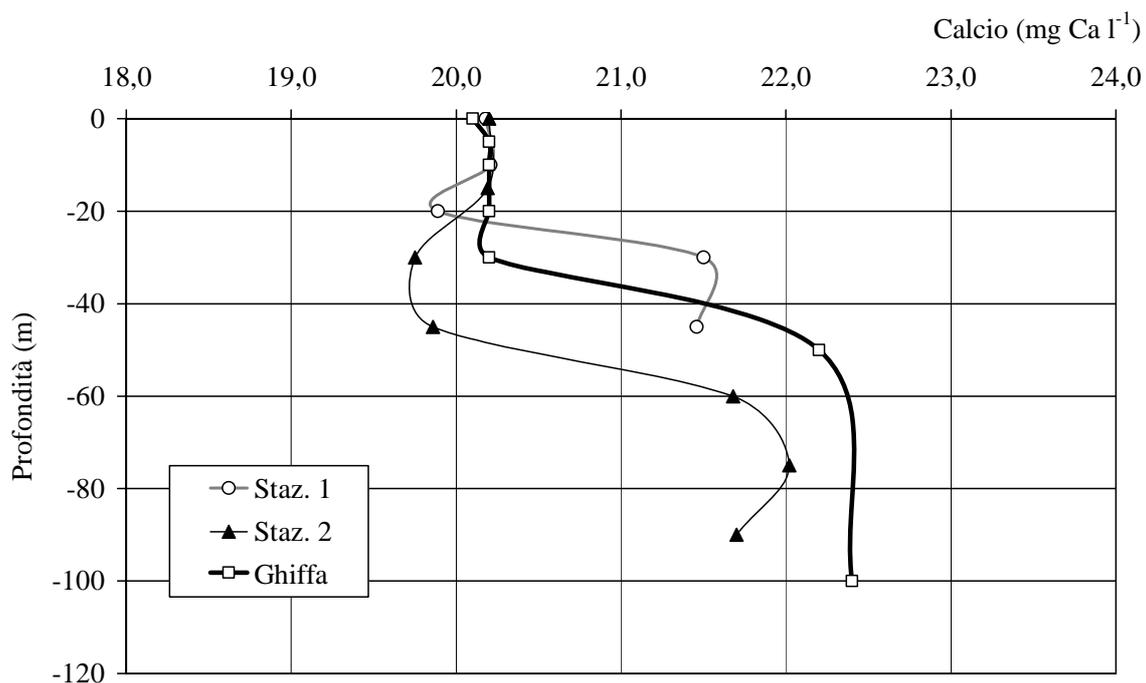


Fig. 8. Distribuzione verticale delle concentrazioni di calcio nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

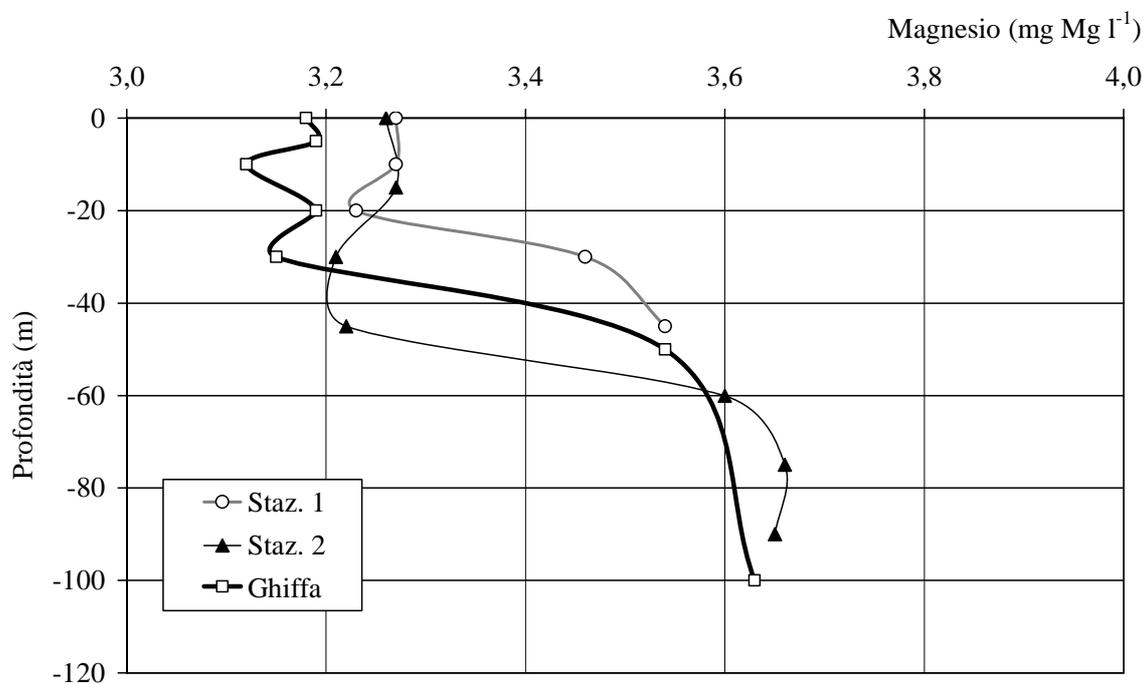


Fig. 9. Distribuzione verticale delle concentrazioni di magnesio nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

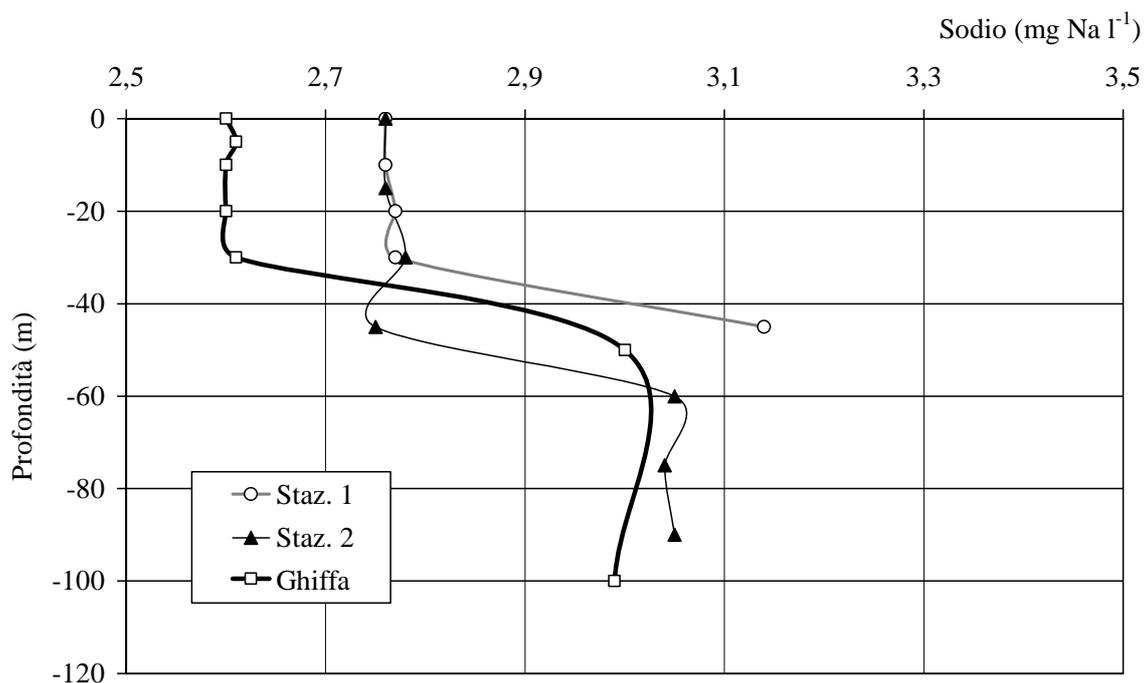


Fig. 10. Distribuzione verticale delle concentrazioni di sodio nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

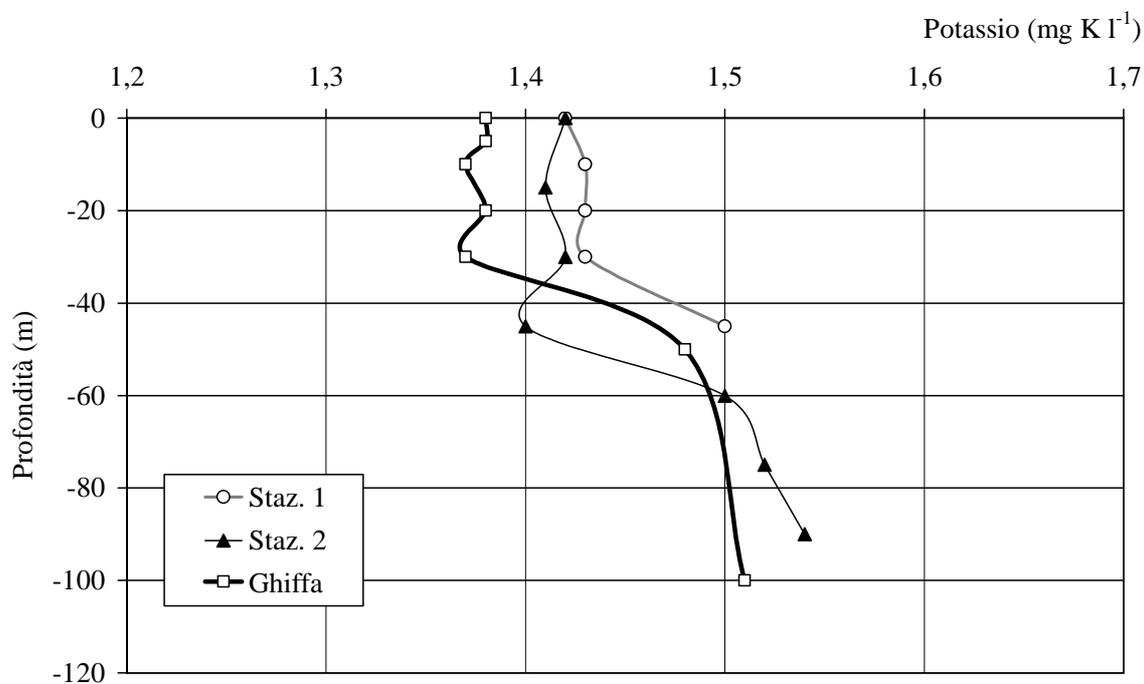


Fig. 11. Distribuzione verticale delle concentrazioni di potassio nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

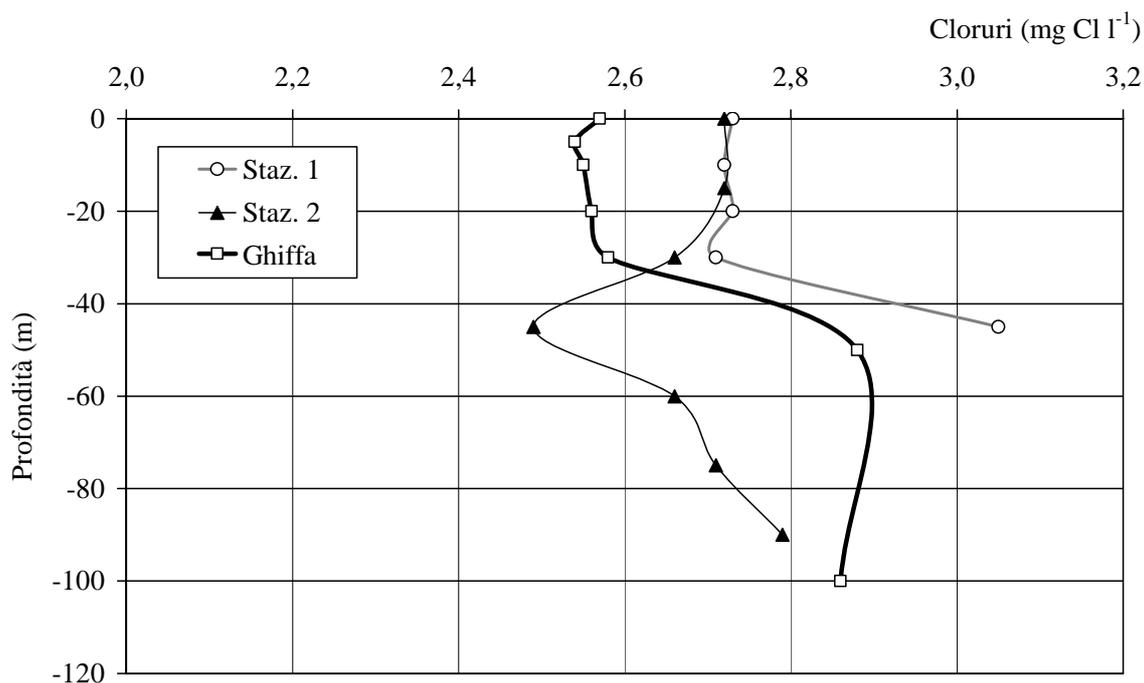


Fig. 12. Distribuzione verticale delle concentrazioni di cloruri nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

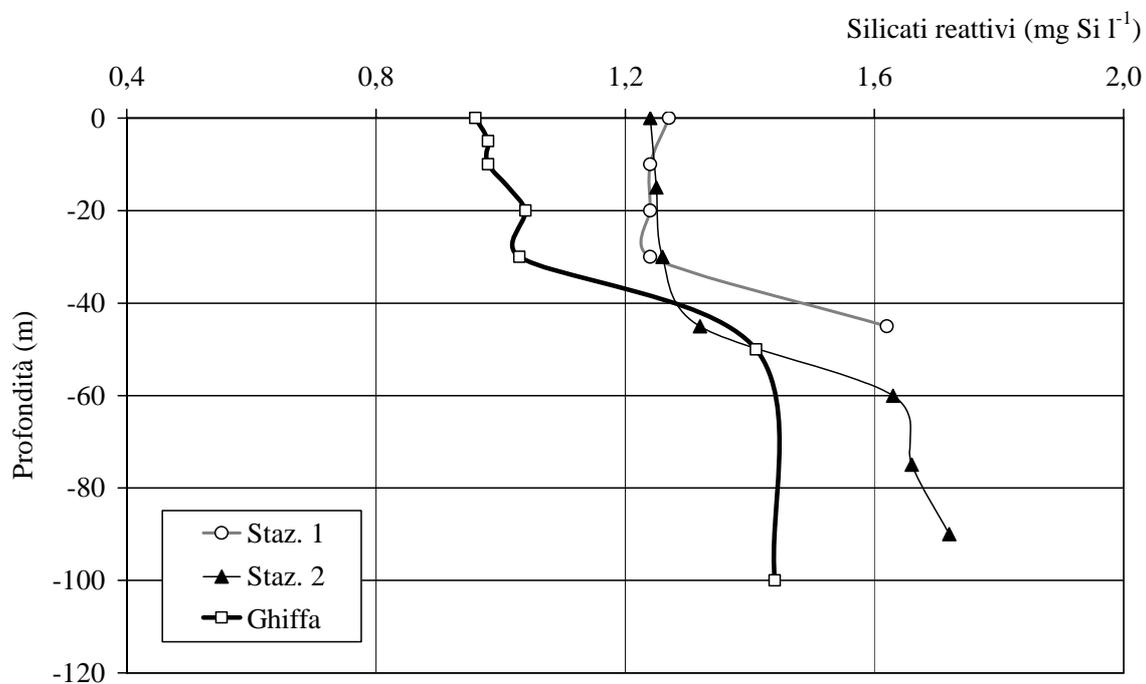


Fig. 13. Distribuzione verticale delle concentrazioni di silicati reattivi nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

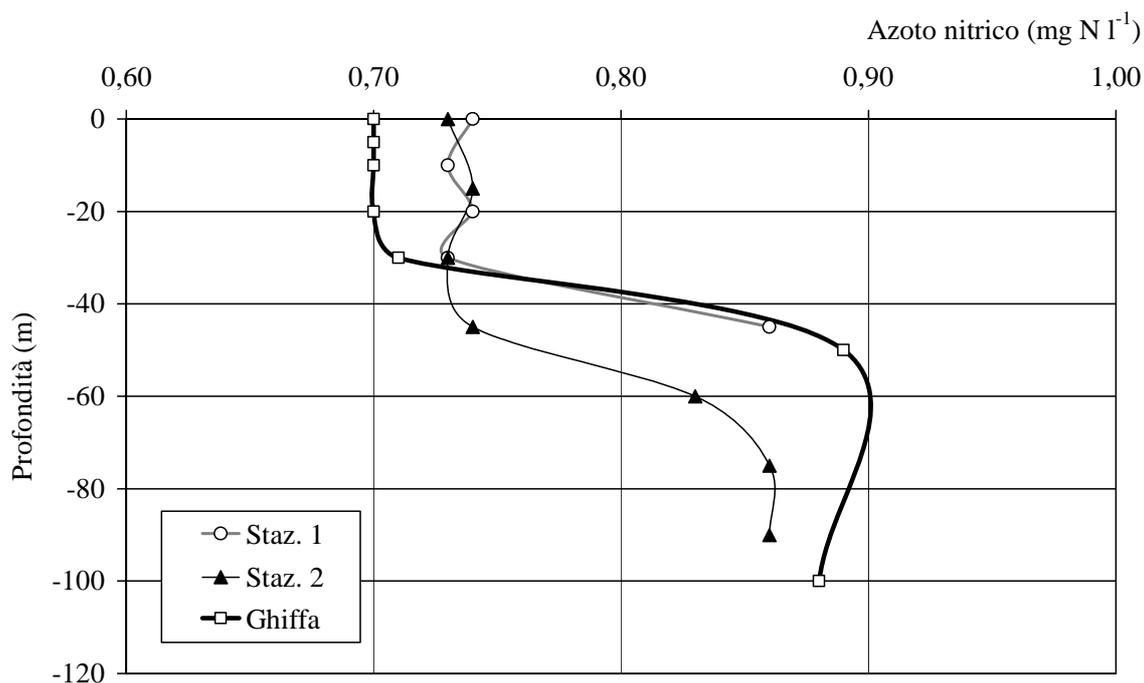


Fig. 14. Distribuzione verticale delle concentrazioni di azoto nitrico nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

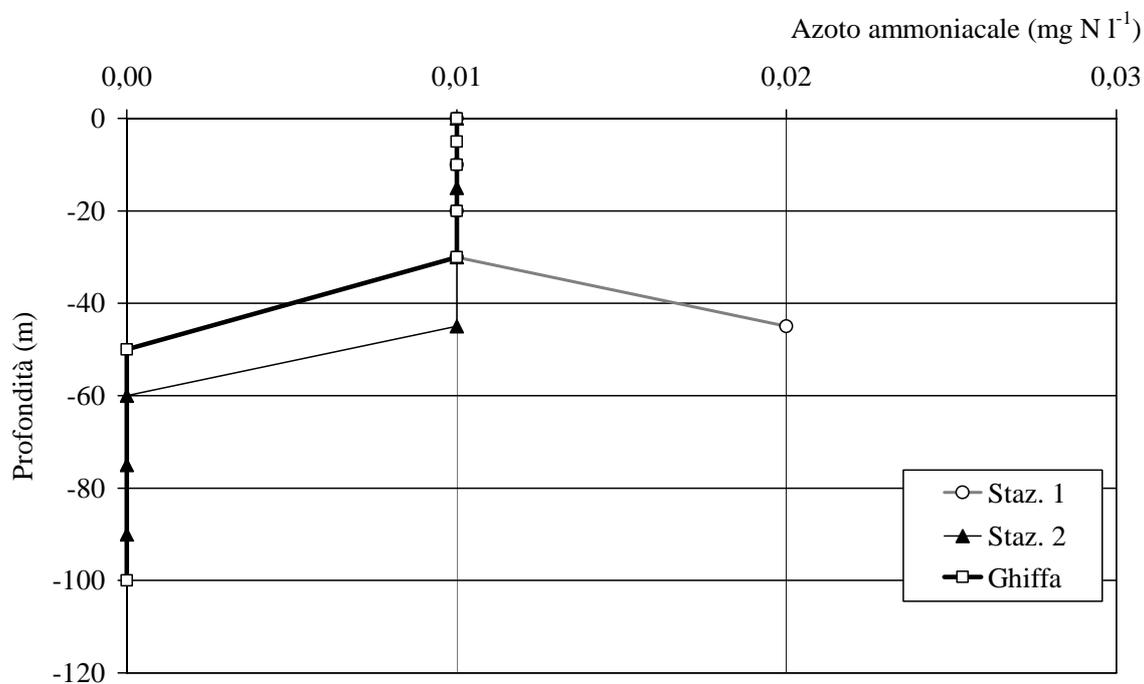


Fig. 15. Distribuzione verticale delle concentrazioni di azoto ammoniacale nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

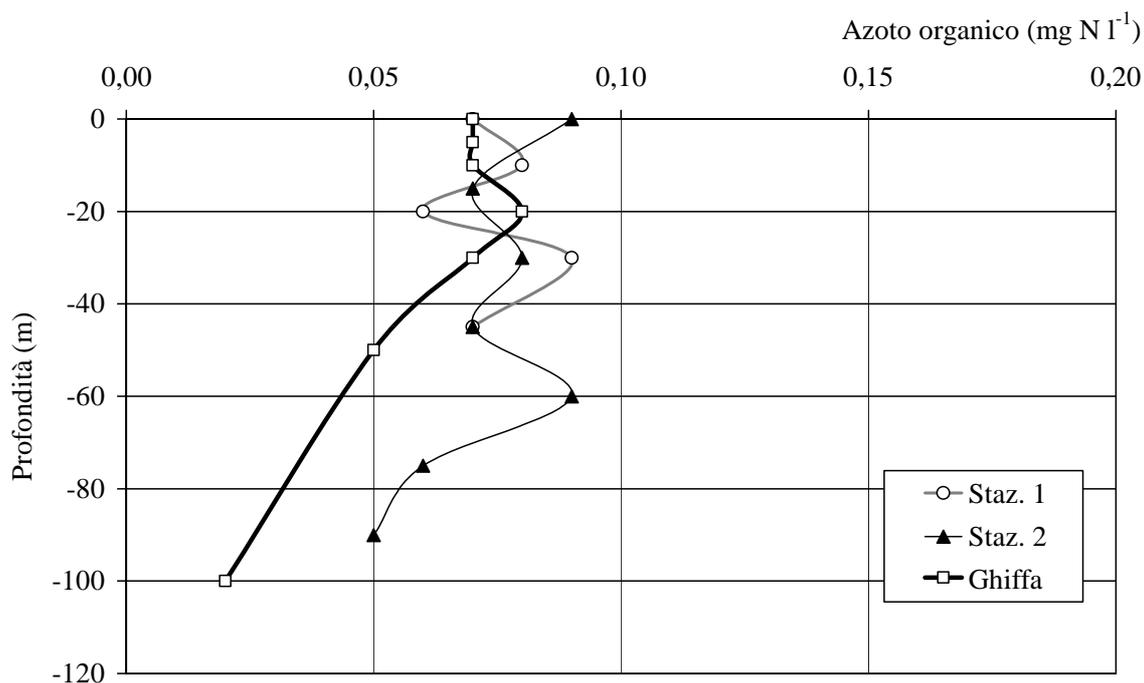


Fig. 16. Distribuzione verticale delle concentrazioni di azoto organico nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

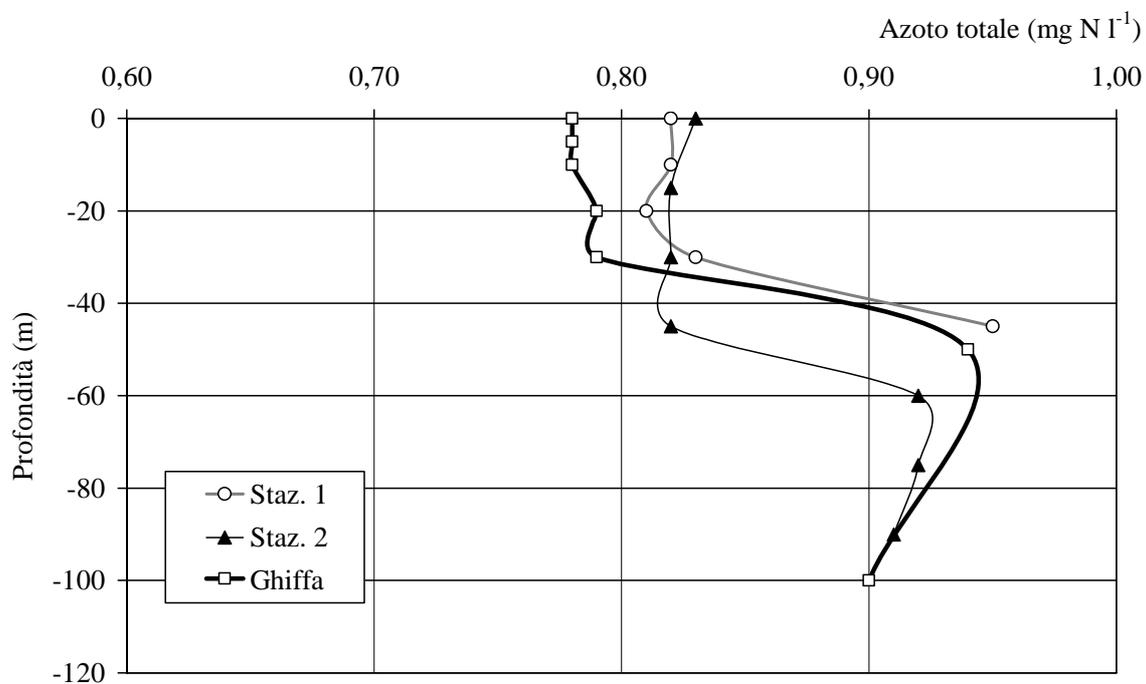


Fig. 17. Distribuzione verticale delle concentrazioni di azoto totale nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

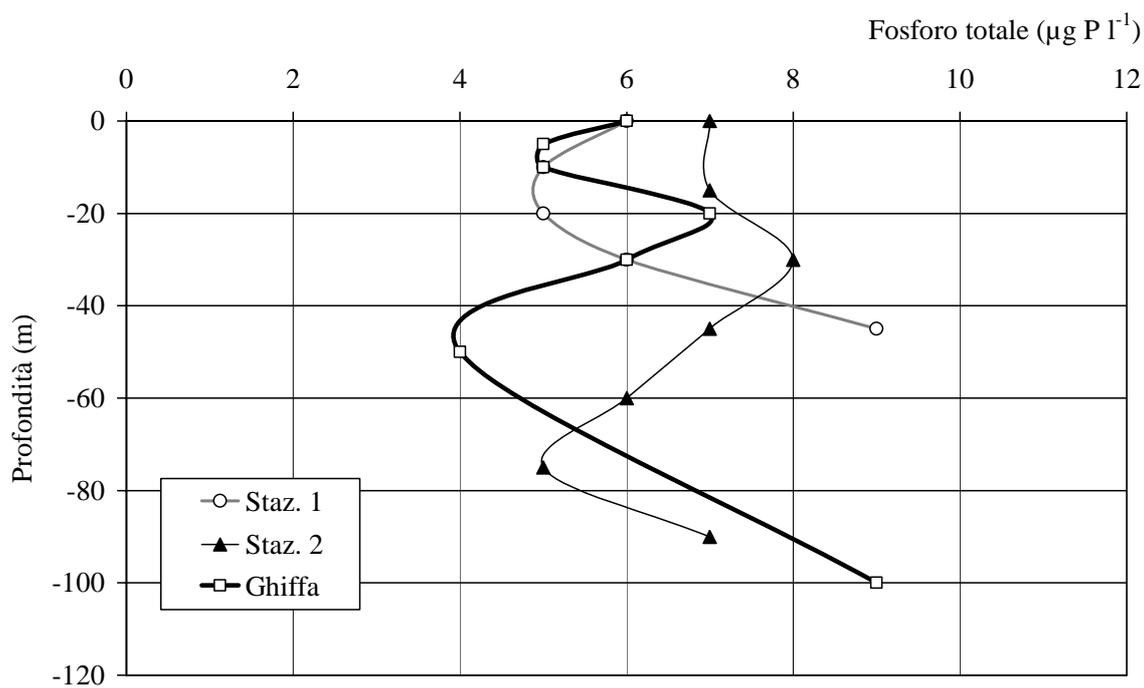


Fig. 18. Distribuzione verticale delle concentrazioni di fosforo totale nella zona interessata dallo scarico (stazioni 1 e 2) e nella stazione di Ghiffa.

POPOLAMENTI PLANCTONICI

FITOPLANCTON

I campionamenti effettuati nel dicembre 2009 corrispondono al periodo dell'anno nel quale la temperatura dell'acqua e la radiazione luminosa, entrambe diminuite a valori invernali, possono diventare limitanti per la crescita dei popolamenti algali. La tendenza verso una riduzione della densità algale si riflette in un aumento della trasparenza della colonna d'acqua. La trasparenza misurata nelle tre stazioni di prelievo risulta identica nelle stazioni 1 e 2, mentre in quella di Ghiffa mostra un valore leggermente più elevato, sebbene non sostanzialmente diverso (Tab. 4). Le differenze di trasparenza osservate, non sembrano legate alla variabilità spaziale delle concentrazioni di clorofilla, che mostrano valori molto simili in tutte le stazioni. In questo caso, la minore trasparenza delle stazioni litorali potrebbe essere dovuta alla presenza, in sospensione nella colonna d'acqua, di particolato di origine non algale.

In termini di densità algale, la stazione 2 risulta essere quella con una maggiore abbondanza di fitoplancton, non solo a causa della più elevata concentrazione di ultraplancton, ma anche per una maggiore presenza di cianobatteri, in particolare le specie appartenenti ai generi *Aphanothece* ed *Aphanocapsa* (Tab. 5).

Queste differenze di densità, peraltro, incidono poco sulla biomassa complessiva, in quanto le specie coinvolte sono di piccole dimensioni. Per quanto riguarda la composizione specifica del popolamento a cianobatteri, non si osservano differenze sostanziali nelle tre stazioni di prelievo e, pur esistendo una certa variabilità nell'importanza relativa di alcuni organismi, la struttura della comunità è analoga nei tre siti campionati.

Per quanto riguarda gli altri popolamenti (Tab. 5), si osserva, in generale, una sostanziale uniformità nella composizione specifica, in particolare a carico delle specie più importanti. Tuttavia, il popolamento a diatomee appare più diversificato nella stazione di Ghiffa, mentre quello a crisoficee decisamente più scarso nella stazione 2. Non vi sono informazioni sufficienti per interpretare questa variabilità, che, comunque, non incide sulla struttura dei popolamenti, in quanto sia la composizione specifica che i rapporti tra specie non mostrano differenze significative nelle tre stazioni esaminate.

Bisogna inoltre considerare che in questo periodo dell'anno le concentrazioni algali sono molto basse e questo rende più elevata la probabilità di commettere degli errori analitici. Infatti, alcune tra le specie in questione sono state rinvenute con concentrazioni talmente basse da fare pensare che la loro presenza o assenza in una delle tre stazioni sia dovuta, soprattutto, alla difficoltà di individuarle con il metodo di conteggio utilizzato.

In sostanza, vale ancora la considerazione fatta in occasione di precedenti campionamenti, cioè che differenze di abbondanza di alcune specie rientrano nella normale variabilità spazio-temporale dei popolamenti, che, nel caso del fitoplancton, può essere rilevante anche in siti leggermente differenti per quanto riguarda i valori di alcuni parametri limnologici. Una corretta valutazione di eventuali impatti sulle comunità algali va fatta sulla base della struttura dei popolamenti. Anche in questo caso, il fatto di ritrovare popolamenti algali con la stessa struttura in tutte e tre le stazioni esaminate è sicuramente indice di una sostanziale uniformità di condizioni chimico-fisiche.

La letteratura scientifica attribuisce un significato maggiore a differenze di composizione esistenti all'interno del gruppo delle specie dominanti, cioè quelle specie

che, proprio poiché si sviluppano preferibilmente in certe condizioni e non in altre, possono indicare, se diverse da un sito all'altro, l'esistenza di situazioni ambientali diverse. Poiché si osserva che le specie più importanti sono dovunque le stesse, si può affermare che le condizioni ecologiche delle tre stazioni sono omogenee e che, dall'esame del fitoplancton, non emergono indicazioni di un possibile inquinamento delle acque rivierasche o di differenze trofiche fra le stazioni campionate.

Tab. 4 - Trasparenza misurata con il disco di Secchi e concentrazione di clorofilla *a*, *b*, *c* e feofitina (mg m^{-3}), nelle stazioni 1 e 2 dell'areale esaminato e nella stazione di Ghiffa.

Data	Stazione	Trasparenza m	Metodo LORENZEN		Metodo U.N.E.S.C.O.		
			Chl. <i>a</i>	Feofitina	Chl. <i>a</i>	Chl. <i>b</i>	Chl. <i>c</i>
15/12/2009	Staz. 1	7,00	2,04	0,77	2,50	0,13	0,48
15/12/2009	Staz. 2	7,00	1,70	0,76	2,15	0,14	0,49
16/12/2009	Ghiffa	7,50	2,12	0,76	2,57	0,16	0,59

Tab. 5 - Lago Maggiore. Foce del T. San Bernardino. Densità (10^3 cell l^{-1}) e biomassa ($\text{mm}^3 \text{ m}^{-3}$) delle singole specie di fitoplancton, nelle stazioni 1 e 2 (15/12/09) e di Ghiffa (16/12/09).

	Staz. 1 densità	Staz. 1 biomassa	Staz. 2 densità	Staz. 2 biomassa	Ghiffa densità	Ghiffa biomassa
Ultraplancton	10510,5	4,2	9971,5	4,0	6650,4	2,7
<i>Cyanobium</i> sp.	3978,8	2,0	3822,0	1,9	2640,6	1,3
<i>Aphanothece minutissima</i>	440,0	0,3	21,0	0,0	360,0	0,3
<i>A. bachmannii</i>	2000,0	1,2	320,0	0,2	120,0	0,1
<i>Aphanocapsa planctonica</i>	3020,0	28,4	590,0	5,5	942,0	8,9
<i>Snowella litoralis</i>	78,0	2,0	48,2	1,3		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	5,2	0,5	5,9	0,6		
<i>Planktothrix agardhii</i>	474,3	27,5	412,8	23,9	97,4	5,6
<i>P. rubescens</i>	248,6	15,9	28,6	1,8	234,3	15,0
Cfr. <i>Limnothrix</i> sp.	319,4	6,7	503,0	10,6	280,6	5,9
<i>Tychonema bourellyi</i>	151,0	15,3	487,0	49,2	452,2	45,7
<i>Pseudanabaena woronichinii</i>					215,6	2,1
TOTALE CYANOBACTERIA	10715,3	99,8	6238,5	95,0	5342,7	84,9
<i>Cyclotella comensis</i>	18,2	5,7	30,0	9,4	60,0	18,7
<i>C. comensis</i> morf. <i>minima</i>	9,1	0,3	2,4	0,1	4,8	0,2
<i>C. atomus</i>	10,4	0,5	9,6	0,5		
<i>C. ocellata</i>					1,8	2,5
<i>C. pseudostelligera</i>	18,2	0,6				
<i>C. glabriuscula</i>			81,0	35,3	12,0	5,2
<i>Stephanodiscus alpinus</i>					0,6	1,9
<i>S. parvus</i>					3,0	0,3
<i>Rhizosolenia eriensis</i>	15,6	6,0	5,4	2,1	22,2	8,5
<i>R. longiseta</i>	6,5	1,6			4,2	1,1
<i>Diatoma tenuis</i>					0,8	0,8
<i>Fragilaria crotonensis</i>	33,2	27,7	28,0	23,4	26,8	22,4
<i>F. radians</i>	0,4	2,3	0,4	2,3	0,2	1,1
<i>Asterionella formosa</i>	53,8	22,2	41,8	17,2	49,6	20,4
TOTALE BACILLARIOPHYCEAE	165,4	66,9	198,6	90,3	186,0	83,1

Tab. 5 - Segue.

	Staz. 1 densità	Staz. 1 biomassa	Staz. 2 densità	Staz. 2 biomassa	Ghiffa densità	Ghiffa biomassa
<i>Mallomonas caudata</i>	1,4	8,6	0,2	1,2	1,2	7,3
<i>M. zellensis</i>	0,6	2,4	0,2	0,8	0,2	0,8
<i>Chrysochromulina parva</i>	153,4	7,8	23,4	1,2	39,0	2,0
Cfr. <i>Ochromonas</i> sp.	167,7	1,6	9,0	0,1	243,0	2,3
<i>Dinobryon divergens</i>	15,6	6,2	3,2	1,3	7,0	2,8
TOTALE CHRYSOPHYCEAE	338,7	26,6	36,0	4,6	290,4	15,2
<i>Katablepharis ovalis</i>	55,9	10,9	36,0	7,0	24,0	4,7
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	176,8	16,1	197,4	18,0	124,2	11,3
<i>Rhodomonas minuta</i>	26,0	4,3	19,2	3,2	9,0	1,5
<i>R. lens</i>	16,9	5,1	12,0	3,6	9,6	2,9
<i>Cryptomonas erosa</i>	9,1	16,4	10,8	19,5	15,0	27,0
<i>Cryptomonas</i> sp.	13,0	30,1	14,4	33,4	4,8	11,1
TOTALE CRYPTOPHYCEAE	297,7	82,9	289,8	84,7	186,6	58,5
<i>Gymnodinium helveticum</i>	1,2	12,1	0,2	2,0	0,2	2,0
<i>Gymnodinium</i> spp.			1,8	1,7	1,8	1,7
<i>Ceratium hirundinella</i>			0,3	21,7	0,5	36,1
TOTALE DINOPHYCEAE	1,2	12,1	2,3	25,4	2,5	39,8
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>					1,4	0,2
<i>Scenedesmus linearis</i>					10,4	0,4
<i>Mougeotia</i> sp.	3,6	4,1	5,8	2,0	14,0	2,8
<i>Closterium pronum</i>	0,4	2,7	0,4	2,7	0,2	1,3
<i>C. aciculare</i>	0,6	2,7	0,4	2,3	0,2	1,2
TOTALE CHLOROPHYTA	9,2	10,3	6,6	7,0	26,2	5,9
TOTALE GENERALE	22038,0	302,8	16743,3	311,0	12684,8	290,1

ZOOPLANCTON

In tabella 6 sono riportati i dati relativi alle densità di popolazione dello zooplancton rilevate nelle due stazioni del lago situate su fondali a 50 e a 100 m dalla riva (stazione 1 e stazione 2, rispettivamente), e in quella di riferimento, ubicate in zona pelagica (Ghiffa).

Tab. 6 - Composizione tassonomica e densità di popolazione dello zooplancton nelle due stazioni dell'areale rivierasco (15/12/09) e nella stazione pelagica di Ghiffa (14/12/09).

Lago Maggiore		staz. 1	staz. 2	Ghiffa
		15/12/2009	15/12/2009	14/12/2009
<i>Eudiaptomus</i> spp.	adulti	2601	2122	1714
<i>Cyclops abyssorum</i>	adulti	0	0	57
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	adulti	14	0	197
<i>Megacyclops viridis</i>	adulti	28	13	0
Calanoida	copepoditi	8361	3926	3211
	nauplii	9256	4081	6936
Cyclopoida	copepoditi	1888	1275	758
	nauplii	2699	1383	3047
Totale Copepodi		24847	12800	15920
<i>Daphnia hyalina-galeata</i>		168	84	108
<i>Eubosmina longispina-coregoni</i>		1356	1057	255
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		433	185	197
<i>Leptodora kindtii</i>		0	8	0
<i>Bythotrephes longimanus</i>		0	0	0
Totale Cladoceri		1957	1334	561
<i>Asplanchna priodonta</i>		3929	1933	2547
<i>Keratella cochlearis</i>		238	67	1851
<i>Keratella quadrata</i>		28	20	88
<i>Synchaeta oblonga</i>		503	302	176
<i>Synchaeta tremula</i>		140	34	539
<i>Trichocerca porcellus</i>		0	0	147
<i>Ploesoma truncatum</i>		0	27	0
<i>Ploesoma hudsoni</i>		98	20	167
<i>Polyarthra vulgaris-dolichoptera</i>		0	0	167
<i>Polyarthra maior</i>		0	0	10
<i>Kellicottia longispina</i>		56	20	108
<i>Lecane luna</i>		14	0	0
<i>Conochilus unicornis-hippocrepis</i>		313	262	783
<i>Euchlanis dilatata</i>		937	470	745
<i>Pompholyx sulcata</i>		182	13	127
<i>Notholca acuminata-labis</i>		0	20	0
<i>Gastropus stylifer</i>		28	0	108
<i>Collotheca</i> sp.		14	7	284
Totale Rotiferi		6479	3195	7846
Totale popolamento		33255	13243	24327

Così come rilevato nello stesso periodo dello scorso anno, la densità numerica del popolamento a copepodi è risultata quasi doppia nella stazione più litoranea rispetto alle altre due (Fig. 19). A determinare tali differenze sono soprattutto gli stadi giovanili, naupliari e di copepodite, dei calanoidi, la cui presenza numerica è decisamente maggiore di quella della componente adulta (Tab. 6). L'analisi di quest'ultima mette in luce una graduale diminuzione nella presenza numerica dal litorale verso il pelago: tale dato può essere interpretato come un'indiretta conferma del ruolo di *carrier* del carbonio litorale verso il pelago da parte di *Eudiaptomus*. Quest'ultimo risultava in larga misura composto da *Eudiaptomus padanus*, e in misura minima dalla specie più di recente rinvenuta in lago, *E. gracilis*. Analisi morfologiche e morfometriche hanno inoltre permesso di evidenziare la presenza d'individui con caratteri intermedi tra le due specie parentali, identificabili come ibridi tra le due.

La densità numerica della componente a cladoceri è risultata decrescere lungo il gradiente litorale-pelago, con valori più che dimezzati a Ghiffa rispetto alla stazione 1 (Fig. 19). In quest'ultima, così come nella stazione 2, si osserva una netta dominanza di *Eubosmina* (*E. longispina-coregoni*), mentre nel pelago risultava non trascurabile anche l'importanza di *Diaphanosoma brachyurum* e, sia in misura minore, di *Daphnia hyalina-galeata* (Fig. 20). Il risultato relativo alla presenza numerica di *Eubosmina*, tra le altre cose, conferma la tendenza al ritorno in lago dei Bosminidae (Manca *et al.*, 2008), gruppo che per lungo tempo aveva rappresentato una componente effimera dello zooplancton del Lago Maggiore (Manca, 2004).

Nella stazione 1 la presenza numerica dei rotiferi è risultata paragonabile a quella di ambiente pelagico, mentre valori dimezzati sono stati osservati nella stazione intermedia (Fig. 18). Mentre nelle due stazioni più rivierasche si è osservata una netta dominanza di *Asplanchna priodonta*, in quella pelagica l'importanza di quest'ultima era solo lievemente superiore a quella di *Keratella cochlearis*. Tra le altre specie maggiormente rappresentate nei campioni pelagici sono da notare il rotifero coloniale *Conochilus unicornis-hippocrepis* e la specie di piccole dimensioni *Synchaeta tremula*. Nel complesso nella stazione pelagica è stato osservato un maggior numero di taxa (Fig. 21).

BIBLIOGRAFIA

- Manca, M. 2004. Considerazioni generali sull'evoluzione a lungo termine dei popolamenti planctonici. Zooplancton. In: C.N.R.-I.S.E. Sezione di Idrobiologia ed Ecologia delle Acque Interne. *Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 1998-2002. Campagna 2002*. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 134-136.
- Manca, M., Visconti, A. & R. de Bernardi. 2008. Zooplancton. In: C.N.R.-I.S.E. Sezione di Idrobiologia ed Ecologia delle Acque Interne. *Ricerche sull'evoluzione del Lago Maggiore. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2003-2007*. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (Ed.): 35-47.

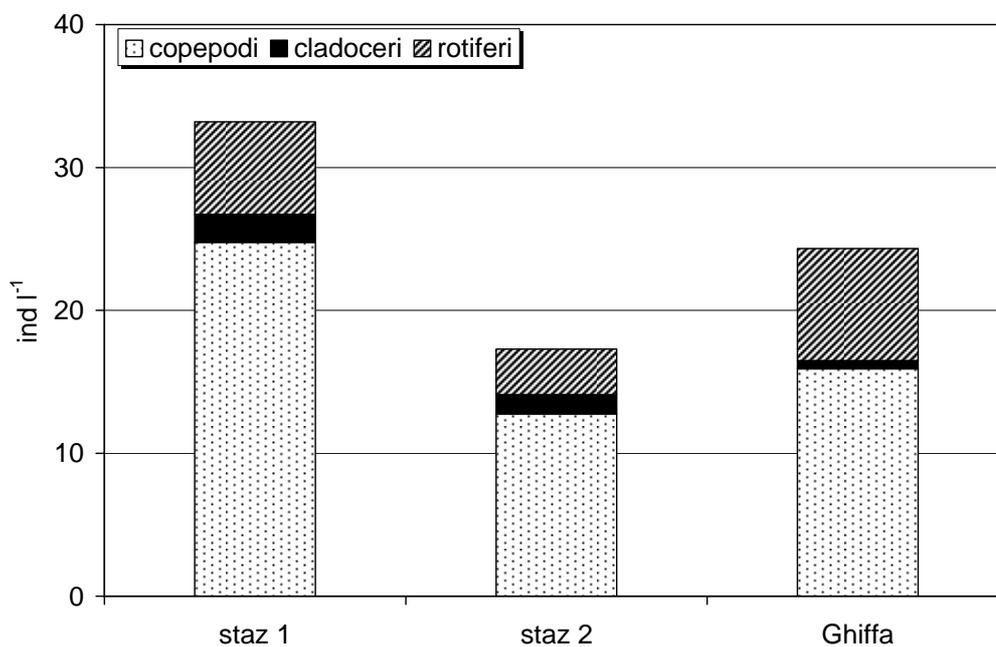


Fig. 19. Struttura del popolamento zooplanctonico nelle due stazioni rivierasche ed in quella pelagica, di riferimento, rilevata nel dicembre del 2009.

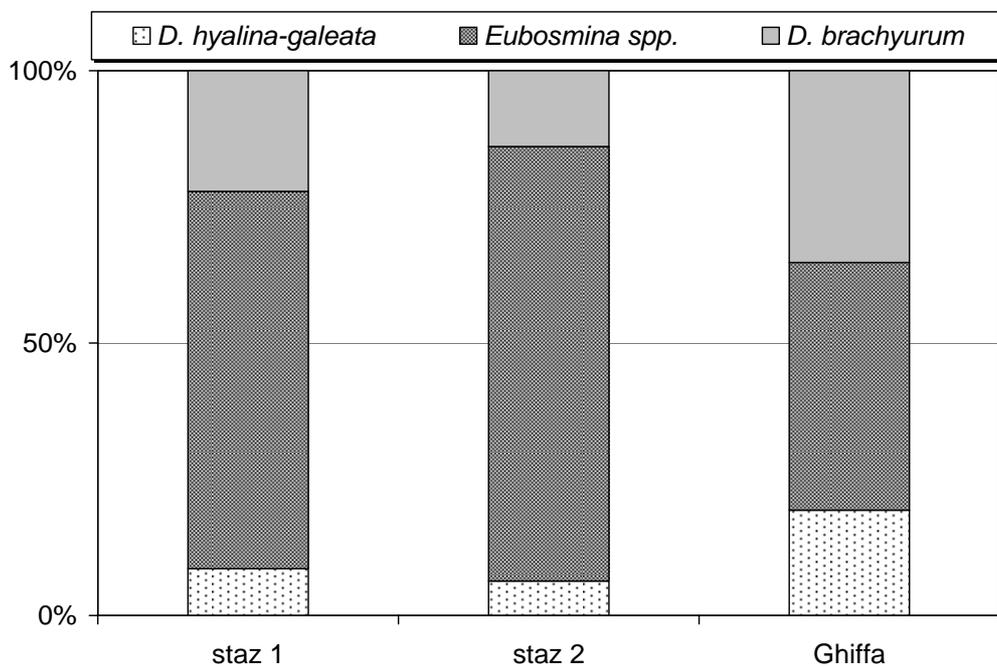


Fig. 20. Struttura del popolamento a Cladoceri (esclusi i predatori *Leptodora kindtii* e *Bythotrephes longimanus*) nelle due stazioni rivierasche ed in quella pelagica, di riferimento, rilevato a dicembre del 2009.

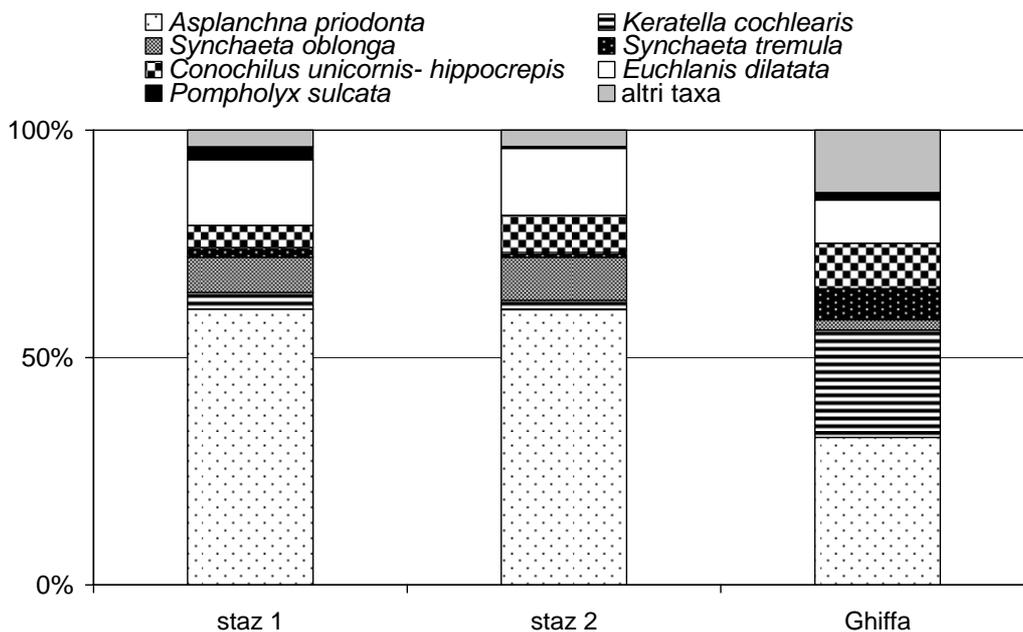


Fig. 21. Struttura del popolamento a Rotiferi nelle due stazioni rivierasche ed in quella pelagica, di riferimento, rilevato nel mese di dicembre del 2009.