

Monitoraggio chimico batteriologico di un fiume

Questo monitoraggio viene eseguito, secondo quanto previsto dal progetto “Un Po di cultura”, attuando le finalità e gli obiettivi previsti dai POF di scuole di diverso ordine e grado. Dopo le opportune attività di preparazione in classe, si realizza l’uscita sul campo nel corso della quale gli studenti delle scuole superiori fanno da tutor nei confronti dei più piccoli sia per l’esecuzione delle attività pratiche sia per l’interpretazione corretta dei dati raccolti. I parametri di seguito considerati sono quelli previsti dal progetto GREEN e consentono di “calcolare” l’Indice di Qualità dell’Acqua (W.Q.I.). Tale indice è molto utilizzato, soprattutto per confrontare dati ottenuti in tempi diversi o in diversi tratti dello stesso fiume. Particolarmente significativo è stato il confronto fra gli studenti del Liceo scientifico tecnologico “Alberghetti” di Imola e quelli del ultimo anno del corso di Environmental Science del Sixth Form di Colchester sia durante lo stage residenziale presso l’Holt Hall Field Study Centre nel Norfolk (UK) che nell’attività svolta, successivamente, sui nostri fiumi. Nel comparare le metodiche di monitoraggio ambientale applicate si può rilevare che, a fronte di una grande quantità di dati sperimentali raccolti dagli studenti inglesi rielaborati con metodi esclusivamente statistici, la determinazione del W.Q.I. utilizzata dai nostri studenti risulta, a nostro parere, didatticamente più efficace e formativa (ad es.: consente di pervenire rapidamente alla formulazione di un giudizio che ha basi scientifico-sperimentali; la valutazione critica dei risultati è una buona “palestra” per esercitare le capacità logiche degli studenti; anche i più piccoli, adeguatamente guidati, comprendono la complessità delle interazioni e l’importanza di ogni singolo aspetto ecc..).

Tuttavia, soprattutto a seguito del D.L. 152 del 11/5/1999 che introduce i concetti di Qualità chimica e Qualità ecologica di un corso d’acqua per arrivare alla Qualità Ambientale, si ritiene utile integrare, fin dal prossimo anno scolastico, i parametri chimico-fisici e microbiologici previsti dal GREEN (vedi tabelle 4 e 5) con quando richiesto dalla nuova legislazione aggiungendo quindi: conducibilità elettrica; alcalinità; azoto ammoniacale; Escherichia coli.

Ossigeno disciolto

L’ossigeno disciolto è uno dei parametri più importanti per formulare un giudizio sulla qualità del corpo idrico. I fattori che influenzano la solubilità dell’ossigeno sono: 1. la temperatura dell’acqua; 2. la pressione atmosferica; 3. la salinità; 4. l’attività batterica; 5. la fotosintesi clorofilliana; 6. il grado di turbolenza del corso d’acqua. La concentrazione dell’ossigeno disciolto (mg/l) viene espressa anche come percentuale di saturazione, che è la quantità di ossigeno presente rispetto al valore massimo, preso uguale a cento, che si può avere nelle stesse condizioni di salinità, temperatura dell’acqua e pressione atmosferica. Tale valore in un corpo idrico non deve scendere al di sotto del 60% perché ciò comprometterebbe la vita acquatica. La saturazione può superare il 100% quando sono in corso processi molto attivi di fotosintesi clorofilliana. Importante è seguire l’eventuale variazione del tenore di ossigeno che può dipendere dalla presenza di vegetali, di materie organiche ossidabili, di organismi aerobi o dall’eventuale presenza, sulla superficie dell’acqua, di grassi idrocarburi e detersivi che ne limitano la solubilità.



Foto 4. Analisi dei coliformi fecali
Progetto Po (Foto GeoL@b – Egle Casadio Loreti)

Il campionamento deve essere effettuato a 10 cm di profondità. Il contenitore deve essere lasciato immerso per 30 secondi e tappato sott’acqua misurando la temperatura dell’acqua al momento del prelievo. La procedura d’analisi sfrutta lo sviluppo di iodio in seguito a varie reazioni per arrivare così indirettamente, grazie ad una successiva titolazione, al numero di moli di ossigeno. Da queste si ricava, calcolando prima i mg per litro di ossigeno, la % di saturazione. Utilizzando l’idonea tabella si normalizza il valore ottenuto. Trovato il valore normalizzato, si deve moltiplicare per il peso del parametro che, in questo specifico caso, equivale a 0,17.

Coliformi Fecali

I coliformi totali sono una parte naturale della flora intestinale degli organismi a sangue caldo, uomo incluso; si possono però trovare anche nel terreno e in altri animali, come gli insetti. Il gruppo dei coliformi totali è relativamente facile da coltivare in laboratorio e, non essendo organismi patogeni, tale tecnica è anche abbastanza sicura. Il test dei coliformi fecali (che sono quindi una frazione dei totali) è di primaria importanza per stabilire la “potabilità” dell’acqua, per stabilire cioè se è adatta al consumo umano. Il test misura la concentrazione di quei coliformi che sono indice di contaminazione fecale a cui, quindi, è associata la possibile presenza di organismi patogeni per l’uomo. Se nell’acqua viene rilevato un grande numero di coliformi fecali c’è una grande probabilità che siano presenti anche i patogeni. Questi ultimi possono anche essere ricercati direttamente nelle acque ma, essendo più “deboli” e meno numerosi, sono più difficili da individuare.

Il prelievo va eseguito con una bottiglia da 500 cc (minimo), in vetro o in plastica sterile monouso, lavata con acqua demineralizzata, aggiunta di 10 gocce/litro di tiosolfato al 10% e sterilizzata (in autoclave: 15' a 121 °C), riempita solo per 3/4 cercando di limitare al massimo la contaminazione. Il campione può essere conservato a 4 °C per non più di 24 ore.

Per l’analisi sul campo: preparare un numero di capsule Petri pari al numero di campioni più una (per controllare la sterilità del terreno) ponendovi prima i tamponi sterili poi il



Foto 5. Il Tutor illustra al gruppo la metodica per l'analisi. Progetto Po (Foto GeoL@b – Egle Casadio Loreti)

terreno delle confezioni monodose (m FC). Con pinzette sterili sistemare le membrane sui supporti dell'apparato di filtrazione. Inserire gli imbuti e filtrare 1_2_5_10_50 ml di campione. Trasferire con le pinzette sterili ogni membrana nella rispettiva piastra con il terreno di coltura evitando di inglobare aria. Incubare le piastre a 44 °C per 24 ore. La risalita per capillarità dei principi nutritivi del m FC fa sì che, in quelle condizioni, da ogni cellula vitale trattenuta sulla membrana prenda origine una colonia blu. Al termine del periodo d'incubazione vanno contate le colonie di ogni piastra (considerando solo le piastre che abbiano un numero di colonie compreso fra 10 e 100) riportando ogni valore a 100 ml di campione e calcolando il numero medio fra le piastre. Il risultato si esprime in unità formanti colonie (UFC)/100 ml di campione. Grazie alla curva relativa si ricava il valore normalizzato. Trovato il valore normalizzato, si deve moltiplicare per il peso del parametro che, in questo specifico caso, equivale a 0,16.

pH

Il pH può essere definito come indicatore di acidità, ma più precisamente, il pH è il logaritmo negativo della concentrazione dello ione H^+ nelle soluzioni e nei liquidi. Il pH si misura mediante una scala i cui valori a 25 °C sono compresi tra 1 e 14. Il pH è un parametro fisico molto importante in quanto è un fattore limitante per la crescita degli organismi; inoltre influenza, ed è influenzato, da numerosi fattori chimico-fisici e biologici (es.: piogge acide, fertilizzanti, effetto tampone, fotosintesi, respirazione cellulare ecc...). L'acqua di un fiume, per essere di buona qualità e favorire la vita, dovrebbe avere un pH che si aggiri sul valore neutro 7, con un massimo di 8. Se questo è maggiore o minore, le caratte-

ristiche dell'ecosistema fluviale subiranno sensibili cambiamenti sia nella componente abiotica che nella componente biotica.

Per una determinazione quantitativa si utilizza il pHmetro digitale, molto preciso, con il quale bastano pochi secondi per conoscere il valore del pH, al decimo, sul display. Generalmente è possibile immergere direttamente il pHmetro nel corso d'acqua per fare la lettura nelle condizioni ottimali ma, se questo non è possibile, bisogna immergere la bottiglia da campionamento (250 ml) nel corso d'acqua per 30 secondi. Svuotarla ed immergerla nuovamente per 3 minuti. Successivamente immergere il pHmetro nella bottiglia ed eseguire la lettura. Le condizioni ideali per il campionamento sono: a mezza luce e in acqua corrente. Questo procedimento si può ripetere più volte, per poi calcolare il valore medio. Trovato il valore normalizzato, si deve moltiplicare per il peso del parametro che, in questo specifico caso, equivale a 0,11.

BOD5

Con la sigla B.O.D.5 (domanda biochimica di ossigeno), si intende la quantità di ossigeno consumato dai batteri (respirazione cellulare) durante un tempo determinato (5 giorni per il B.O.D.5), ad una data temperatura, per decomporre le sostanze organiche presenti nell'acqua.

Il B.O.D.5 rappresenta il 68% del B.O.D. tot, necessario per ossidare tutto il substrato organico nell'arco di 20 giorni a 20 °C. Un'elevata domanda biochimica d'ossigeno è l'indice di un'intensa attività batterica di demolizione organica e potrebbe quindi evidenziare la presenza di un inquinamento di questo tipo. Questo materiale può provenire sia da fonti naturali (zone paludose), sia da fonti antropiche (industrie o

impianti di trattamento di acque inquinate). In acque ricche di azoto e fosforo, dove è in atto un processo di eutrofizzazione, le stesse alghe possono divenire la principale fonte di materiale organico da degradare e contribuire, quindi, al processo di deossigenazione. Anche la struttura del corpo idrico può influire; tratti di fiume chiusi o lenti facilitano, infatti, l'accumulo di sostanze organiche.

Come per l'ossigeno disciolto, il campione deve essere prelevato in una bottiglietta di vetro appositamente, facendo attenzione che non rimangano bolle d'aria; per questo bisogna chiuderla sott'acqua. La presenza di bolle d'aria, e quindi di ossigeno atmosferico, falserebbe infatti i risultati. Il campione così prelevato dovrà poi essere ricoperto con carta stagnola o colorato di nero in modo che non entri luce, la quale consentirebbe la fotosintesi causando un'ulteriore produzione di ossigeno. Dopo 5 giorni (nel caso del B.O.D.5), si dovrà eseguire la prova col kit la cui procedura è identica a quella dell'ossigeno disciolto: attraverso una serie di reazioni si sviluppa iodio, proporzionalmente alla quantità di ossigeno, che viene titolato. Il valore ottenuto dalla titolazione permette di ricavare i mg/l di ossigeno rimasto. Questo è l'ossigeno disciolto dopo 5 giorni, per cui tale valore viene poi sottratto al valore di ossigeno disciolto iniziale: a questo punto abbiamo trovato il valore del B.O.D.5. Tale risultato va normalizzato, utilizzando la curva relativa, per poi moltiplicarlo per il suo fattore peso del parametro (0,11). Questo valore contribuirà alla determinazione della qualità dell'acqua. Se non è possibile eseguire la prova dopo 5 giorni, si può utilizzare una tabella con i fattori di conversione per n° di giorni diversi da 5.

Temperatura

La temperatura dei corsi d'acqua influisce direttamente sugli organismi presenti (ogni tipo di organismo ha un optimum di temperatura per svilupparsi ed un range, generalmente abbastanza ristretto, a cui sopravvive) ed interagisce con i principali fattori chimico-fisici (es.: densità, salinità, gas disciolti, ecc...). La temperatura assoluta dell'acqua viene perciò misurata, come ricordato sopra (ossigeno disciolto, pH ecc...), per dare misure corrette di altri parametri ma, quello che interessa maggiormente la determinazione del W.Q.I. è la differenza di temperatura (ΔT) fra quella del sito di campionamento ed una stazione situata 1500m a monte. Un valore di ΔT elevato può segnalare la presenza di uno scarico nel tratto considerato e può fornire utili indicazioni anche per le diverse comunità fluviali che si possono ritrovare in quelle condizioni.

Le condizioni ideali per il campionamento sono: a mezza luce e in acqua corrente. Questo procedimento si può ripetere più volte, sia a valle che a monte, per poi calcolare il valore medio. Si deve poi sottrarre il valore della temperatura a monte da quella a valle. Calcolata la differenza (ΔT), si trova il valore normalizzato e si moltiplica per il peso del parametro che, in questo specifico caso, equivale a 0,10.

Fosfati totali

Il fosforo è generalmente presente nelle acque come fosfato (PO_4^{3-}). I fosfati organici sono componenti degli organismi viventi mentre quelli inorganici sono rappresentati da ioni legati alle particelle del suolo e da polifosfati presenti,

ad esempio, nei detersivi. Il fosforo è, come l'azoto, un elemento essenziale per la vita. Nella maggior parte delle acque il fosforo agisce come fattore che limita la crescita dei vegetali perché, in genere, esso è presente in concentrazioni molto basse. Poiché le alghe richiedono solo piccole quantità di fosforo per vivere, un eccesso di fosforo può provocare una forte crescita algale, detta "fioritura". L'eccesso di fosfati (e/o di nitrati) nelle acque viene chiamato "eutrofizzazione". La maggior parte dell'eutrofizzazione attuale è di origine umana (impianti di depurazione, scarichi industriali, fertilizzanti per usi agricoli che arricchiscono le acque di fosforo (azoto) al cui confronto quella naturale è trascurabile (incendi di foreste, eruzioni vulcaniche). Il primo sintomo è una fioritura algale; con l'aumentare dell'eutrofizzazione le fioriture diventano sempre più frequenti. Ad uno stadio avanzato, può provocare l'anaerobiosi: l'ossigeno presente nell'acqua è utilizzato nella ossidazione biologica delle sostanze organiche. Queste condizioni, in genere, si verificano sul fondo di un lago o di uno specchio d'acqua poco profondo e producono gas, come acido solfidrico dall'inconfondibile odore di uova marce. L'anossia rende difficile, a volte impossibile, la vita ai pesci e seleziona le specie presenti nella comunità eliminando quelle più esigenti rispetto all'ossigeno. L'eutrofizzazione quindi, come altre forme di inquinamento, provoca cambiamenti nella comunità acquatica in cui la biodiversità si riduce drasticamente con l'eliminazione delle specie più sensibili.

Utilizzando l'apposito kit si perviene alla determinazione del fosforo totale (inizialmente, infatti, si converte il fosforo organico in ortofosfato inorganico) espresso in mg/l di fosfati e poi, si può calcolare il valore di $\text{PO}_4\text{-P}$ (fosfato espresso come fosforo) in mg/l. Con questo valore si entra nella curva di normalizzazione per il calcolo dell'Indice di Qualità (il peso di questo parametro è 0,10).



Foto 6. Misura della trasparenza con il disco di secchi Progetto Po (Foto GeoL@b – Egles Casadio Loreti)

Nitrati

Affinché la vita sia possibile ogni organismo necessita di diversi elementi tra i quali è indispensabile l'azoto, fattore fondamentale nella costruzione delle proteine. In natura, pochi organismi sono in grado di utilizzarlo *direttamente* (prelevandolo dall'aria dove l'azoto molecolare – N_2 – rappresenta la frazione più abbondante). Esistono particolari microrganismi – azotofissatori – in grado di convertire biologicamente questo elemento in *ammoniaca* e altri – nitroso e nitro batteri – in grado di ossidare l'ammoniaca a ioni *nitrito* e questi ultimi a ioni *nitrito*. L'azoto, quindi, è presente nelle acque in diversi stadi di ossidazione. La sua presenza nelle acque non è un fattore di inquinamento lo è, invece, la presenza di alcuni dei suoi composti intermedi quali l'ammoniaca. È infatti questo composto che, oltre a denunciare un inquinamento di tipo fecale, determina la tossicità dell'acqua anche se vi è comunque un certo grado di tolleranza che dipende direttamente dalla concentrazione dell'ossigeno disciolto e dal pH. Il processo di nitrificazione, ossia il processo di ossidazione dell'ammoniaca a ione nitrito, è responsabile di una diminuzione dell'ossigeno disciolto che può essere invertito solo da particolari batteri che riducono nitrati a nitriti ed infine ad azoto molecolare (batteri denitrificanti). Non sempre i nitrati sono da considerarsi fattore negativo poiché essi possono impedire, nei fiumi molto inquinati (quando il tenore di ossigeno libero è pari a zero), lo sviluppo di cattivi odori e stimolare la crescita di alghe e macrofite che favoriscono a loro volta la riossigenazione dell'acqua. Gli ioni *nitrito* possono essere abbondanti nelle acque reflue da impianti di trattamento se il loro funzionamento non è corretto. Nelle acque superficiali inquinate i composti azotati possono essere prodotti durante il ciclo di riduzione ed ossidazione dell'azoto organico ed inorganico che spesso proviene da liquami domestici, da lavorazioni agro-alimentari, da fertilizzanti o da reflui industriali. Dannoso è invece un apporto di azoto nei laghi, che viene a costituire un problema molto grave poiché può accelerare il processo di eutrofizzazione. È spesso a causa dell'uso spregiudicato di fertilizzanti,

come già visto per i fosfati, che si giunge a tale forma di inquinamento delle acque fluviali.

Utilizzando l'apposito kit, si può determinare la concentrazione NO_3-N (nitrito espresso come azoto) in mg/l. Con questo valore si entra nella curva di normalizzazione per il calcolo dell'Indice di Qualità (il peso di questo parametro è 0,10).

Torbidità (trasparenza)

L'intorbidamento dell'acqua è causato dalla presenza di solidi sospesi quali: *sabbia, argilla, materiali organici e di rifiuto*. Un aumento di torbidità può avere conseguenze piuttosto rilevanti: le particelle presenti in superficie possono assorbire calore causando un aumento di temperatura del corso d'acqua; tale riscaldamento riduce il livello di ossigeno disciolto. Inoltre, la diminuita trasparenza delle acque ostacola il passaggio della luce limitando così l'*attività fotosintetica* degli organismi vegetali con ulteriore riduzione dell'ossigeno disciolto. Infine i solidi inorganici hanno un effetto abrasivo sulle branchie e sulla cute dei pesci riducendone il tasso di sviluppo e la resistenza alle malattie. La torbidità è un utile indicatore della presenza, nella colonna d'acqua, di particolato sospeso che può essere sia di origine organica che inorganica. Il monitoraggio continuo della distribuzione dei valori di torbidità permetterà anche di valutare la capacità che una parte del sistema ha di trattenere e accumulare materiale in sospensione. Infine, è noto che gli inquinanti sono preferenzialmente associati a sospensioni sia organiche che inorganiche, le quali ne determineranno il destino all'interno dell'ecosistema.

La misura della torbidità è perciò di grande importanza nello studio e nel controllo dei processi di inquinamento nel sistema monitorato. La misura della torbidità viene effettuata con il "disco di Secchi". Affinché lo strumento dia misure attendibili, occorre utilizzarlo in corsi d'acqua profondi e non troppo turbolenti. Con una barca, si raggiunge un punto medio del bacino o del corso d'acqua e qui, dopo aver calibrato lo strumento (ad esempio con una tacca ogni 20 cm), si immerge fino a che non è più possibile vedere il disco. Naturalmente il valore ottenuto non è preciso in quanto, non essendoci un momento ben definito in cui scompare, se ne approssima la misura. Occorre ripetere l'operazione più

PARAMETRI	UNITÀ DI MISURA	VALORI OTTENUTI	VALORI NORMALIZZATI	PESO	VALORI ASSOLUTI
			a	b	axb
O ₂ disciolto	mg/l	3,4			
% O ₂ satur.	%	32	22	0,17	3,74
Colif. Fecali	colonie/100ml	214	35	0,16	5,6
pH	Unità	7,3	92	0,11	10,12
BOD 5	mg/l	1,62	83,00	0,11	9,13
differenza di T	°C	0,10	93,00	0,10	9,3
Fosfati Totali	mg/l	0,26	90,00	0,10	9
Nitrati Totali	mg/l	12,20	48,00	0,10	4,8
Torbidità	cm	90,00	75,00	0,08	6
Solidi Totali	mg/l	151,25	79,00	0,07	5,53
				WQI	63,22

Tabella 4. Analisi della qualità delle acque del fiume Po, 21-03-2003, località Viadana.



Foto 7. Discussione dei risultati “Progetto Po” (Foto GeoL@b- Egle Casadio Loreti)

volte e in punti differenti e fare, poi, una media dei valori ottenuti. Il valore ottenuto, in cm, viene normalizzato. Questo dato va moltiplicato per il peso del parametro (0,08) per calcolare il W.Q.I.

Solidi Totali

I solidi totali comprendono oltre ai solidi sospesi filtrabili e non, e i solidi disciolti nell’acqua. I materiali disciolti o

inorganici includono: *calcio, bicarbonati, ioni di composti di azoto, di fosforo, di ferro, di zolfo* e altri ioni.

Un livello costante di queste sostanze è essenziale per il mantenimento della vita acquatica; la concentrazione di solidi disciolti determina infatti lo scambio di acqua con le cellule di un organismo (equilibrio osmotico), inoltre azoto, fosforo e zolfo sono coinvolti nella costruzione di molecole indispensabili alla vita. Il contenuto naturale di solidi sospesi in un corso d’acqua può venire alterato da diversi fattori

CLASSI DI QUALITÀ	VALORE DI W.Q.I.	GIUDIZIO DI QUALITÀ DELL’ACQUA	COLORE DI RIFERIMENTO
Classe I	90-100	Eccellente	Azzurro
Classe II	70-89	Buono	Verde
Classe III	50-69	Medio	Giallo
Classe IV	25-49	Cattivo	Arancione
Classe V	< 25	Pessimo	Rosso

Tabella 5. Relazione tra valori di W.Q.I. e classi di qualità.

quali: dilavamento di aree urbane; depuratori; erosione del suolo ecc... Basse concentrazioni di solidi totali possono limitare la vita acquatica, alte concentrazioni possono abbassare la qualità dell'acqua causando gli effetti già discussi per la torbidità.

La determinazione dei solidi totali si può eseguire solo in laboratorio. Si pongono 100 ml di campione d'acqua in un beaker (asciutto e pesato), l'acqua viene fatta evaporare completamente in stufa termostata a 110 °C. Dopo raffreddamento, si ripesa il beaker; per differenza si ottiene il valore dei solidi totali su 100 ml di campione. Si esprime il risultato in mg/l e si normalizza il dato. Questo valore va poi moltiplicato per il peso del parametro (0,07). La tabella 4 è esemplificativa di quanto sopra riportato e si riferisce, in particolare, ad un campionamento effettuato sul fiume Po dagli studenti Imolesi, nell'ambito del progetto "Un Po di cultura" con il supporto organizzativo di Geol@b. La tabella 5 indica la relazione tra i valori W.Q.I. e le classi di qualità.

Il "Progetto Po"

Una traccia semplificata, ma completa, del protocollo GREEN è stata realizzata da alcuni studenti del Liceo scientifico tecnologico "Alberghetti" di Imola ed è consultabile in rete sul sito: www.santerno.it

Tutto quanto sopra riportato è stato ricavato da "Progetto Po: azioni" a cura di Sandro Sutti a cui si rimanda per ogni approfondimento, chiarimento, indicazione dettagliata delle metodiche, tabelle di normalizzazione, modalità di rielaborazione ed interpretazione dei dati, bibliografia specifica e dettagliata relativa a monitoraggio ecc...

Si possono avere ulteriori approfondimenti al sito del LabTer-CREA di Mantova www.labtercrea.it

Bibliografia

AAVV, *I.F.F. Indice di funzionalità fluviale*, manuali ANPA, novembre 2000;

Leonardo Boff, *Il Creato in una carezza*, Cittadella Editrice, 2000;

Edgar Morin, *La testa ben fatta*, Raffaello Cortina Editore, 2002.

Franco Frabboni, *Ambiente e educazione*, Laterza 1990

Ghetti Pier Francesco, *Indice Biotico Esteso – Manuale di applicazione*, P.A. Trento 1997

Campatoli-Ghetti-Minelli-Ruffo, *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*, P.A. Trento 1997

Sansoni Giuseppe, *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*, P.A. Trento 1997

Tachet-Bournard-Richoux, *Introduction à l'étude des macroinvertebres des eaux douces*, A.F.L. Lyon 2002

Sutti Sandro, *Mens*, Parco naturale del Mincio, Mantova 1999

Sutti Sandro, *Progetto Po*, Min. ambiente della tutela del territorio 2003

Bianconcini-Platti, *Indice Biotico Esteso (CD-Rom)*, IIS "F Alberghetti 2002"

(consultabile sul sito <http://www.santerno.it>)

Bianconcini-La Morgia-Platti, *Progetto Po (CD-Rom)*, IIS "F Alberghetti 2003"

(consultabile sul sito <http://www.santerno.it>)



Foto 8. Uscita per il campionamento con un mezzo dell'ARNI - Progetto Po (Foto GeoL@b- Egle Casadio Loreti)