

LA QUALITÀ ECOLOGICA DELLE ACQUE NEL TORRENTE ORVENCO (FRIULI VENEZIA GIULIA) AI SENSI DEL D.M. 260/2010

FILIPPO BORTOLON¹, SIMONE BABUSCI¹, VALERIA POLO¹,
MARCO BERTOLI¹,
MICHELA TOMASELLA², ELISABETTA PIZZULI^{1*}

¹Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste, via L. Giorgieri, 10 – I-34127, Trieste (Italy)

² Via Martiri della Libertà, 29 – I-34079, Staranzano (Gorizia, Italy)
tel.: 0405588830/31

Abstract – Ecological quality of the Orvenco Creek (Friuli Venezia Giulia) in respect of the D.M. 260/2010. The Orvenco Creek is included in the Basin of the Ledra River, that origins partially from an alluvial spring area, placed more northly of the alluvial spring line separating the High Plain from the Low Plain of Friuli Venezia Giulia. Fish communities, macrobenthic invertebrates and freshwater macrophytes were investigated to assess the creek ecological status using indices in respect of the D.M. 260/2010 in five sampling stations. Main chemical-physical parameters of water and concentration of main nutrients were monthly measured too. The results showed positive judgements in most cases, especially for LIMeco (high), STAR_ICMi (high) and RQE_IBMR, that showed judgements from good to high and only one case sufficient. The ISECI showed more critical and severe judgements (bad in three stations), due to past and present allochthonous fish species introductions for fisheries. The IFF index was also used, despite not included in the D.M. 260/2010, because it gives valid information about the status of freshwater ecosystems. The IFF index revealed some critical situations not showed by the other indices, specially STAR_ICMi and ISECI.

Keywords: alluvial spring water, ecological status, Friuli Venezia Giulia.

Riassunto – Il Torrente Orvenco fa parte del Bacino del Fiume Ledra, il quale trae in parte origine da un'area di risorgiva collocata ben più a nord della fascia di risorgive che separa, nel Friuli Venezia Giulia, l'alta dalla bassa pianura friulana. In cinque stazioni di campionamento sono state monitorate la comunità ittica, la comunità macrozoobentonica, le macrofite acquatiche e sono stati rilevati mensilmente i principali parametri chimico-fisici, allo scopo di valutare l'applicabilità, in questa tipologia fluviale, di alcuni indici previsti dal D.M. 260/2010 per la definizione dello stato ecologico delle acque. L'applicazione degli indici ha portato a giudizi quasi sempre positivi, in particolare per quanto attiene al LIMeco (elevato), allo STAR_ICMi (elevato) e all'RQE_IBMR, il cui giudizio varia tra elevato e buono ed in un solo caso è sufficiente. Più severi sono i risultati dell'applicazione dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI) (cattivo in tre stazioni), principalmente a causa di passate e presenti immissioni di materiale ittico alloctono per fini alienotici. Infine è stato applicato l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) che, sebbene non previsto dal D.M. 260/2010, ha fornito informazioni estremamente utili sullo stato degli ecosistemi fluviali, rilevando delle criticità non evidenziate dagli altri indici applicati, con particolare riferimento all'ISECI ed allo STAR_ICMi.

Parole chiave: acque di risorgiva, stato ecologico, Friuli Venezia Giulia.

1. – Introduzione

La Direttiva 2000/60/CE rappresenta un'innovazione nella politica ambientale comunitaria, data l'introduzione di modifiche sostanziali in tema di biomonitoraggio e classificazione delle acque superficiali in modo che gli ambienti acquatici vengano

considerati in maniera più oggettiva nella loro complessità. La tutela delle risorse idriche in Italia è regolata dal D.L. 152/2006 e dai successivi decreti attuativi, tra i quali il D.M. 260/2010 che fornisce i criteri tecnici per attuare la classificazione. È quindi stato ritenuto d'interesse sperimentare l'applicazione degli indici previsti dalla direttiva, che prendono in esame comunità sia animali che vegetali, in un torrente ancora poco studiato nel suo complesso. Il corso d'acqua scelto per la realizzazione di questo lavoro è il torrente Orvenco. Tale torrente fa parte del Bacino del Fiume Ledra che è stato in passato oggetto di diversi studi (Stoch, 1986; Stoch *et al.*, 1992; Cassano, 2003; Battiston *et al.*, 2004; Moro, 2004), senza mai includerlo. L'Agenzia Regionale Protezione Ambiente (ARPA) del Friuli Venezia Giulia effettua monitoraggi nel torrente limitati però a sole due stazioni poste nella sua porzione più a valle. Per questo motivo e per la presenza di possibili fonti di impatto ambientale lungo il suo percorso, quali briglie prive di scale di rimonta e scarichi di acque reflue da impianti di depurazione (De Luca, 2009), questo torrente è stato monitorato applicando, da monte verso valle, indici chimici, biotici ed ecologici, per definirne lo stato. Lo scopo del lavoro è stato anche quello di verificare la presenza di eventuali problematiche derivanti dall'applicazione degli indici previsti dal D.M. 260/2010, tenendo presente i seguenti punti di riferimento:

- 1) garantire un monitoraggio complessivo lungo l'intera asta del torrente;
- 2) monitorare la qualità dell'acqua a valle dell'uscita di impianti di depurazione;
- 3) comprendere aree con evidenze geomorfologiche diverse da quelle tipiche del torrente ma caratterizzate comunque da una sufficiente copertura di macrofite acquatiche (almeno il 5 %).

2. – Materiali e metodi

2.1 – Area di studio

Il Bacino del Fiume Ledra ed il sistema di risorgive che lo alimentano sono situati nel Campo di Osoppo-Gemona e nella Piana di Artegna-Buia, costituiti essenzialmente da sedimenti alluvionali e fluvioglaciali che hanno colmato un antico bacino lacustre (Giorgetti & Stefanini, 1989a, 1989b). In particolare, la Piana di Artegna-Buia è alimentata da acque provenienti dalle perdite dei torrenti che giungono dai rilievi flyschoidi sud-orientali, tra i quali il Torrente Orvenco che rappresenta uno dei più importanti tributari montani del Fiume Ledra stesso. Il Torrente Orvenco trae origine da una serie di sorgenti poste sulle falde meridionali del Monte Cuarnan, in una zona di contatto tettonico fra i calcari e le dolomie del Mesozoico, poste superiormente, e la formazione marnoso-arenacea del Flysch, che caratterizza la parte sottostante del bacino. Allo sbocco in pianura, alla cui formazione il torrente ha contribuito con i suoi sedimenti, esso affianca per un lungo tratto l'asta del Fiume Ledra. Tuttavia, in questa zona l'Orvenco scorre in superficie solo occasionalmente, a causa delle notevoli perdite in subalveo.

Lo studio ha interessato cinque stazioni (Fig. 1).

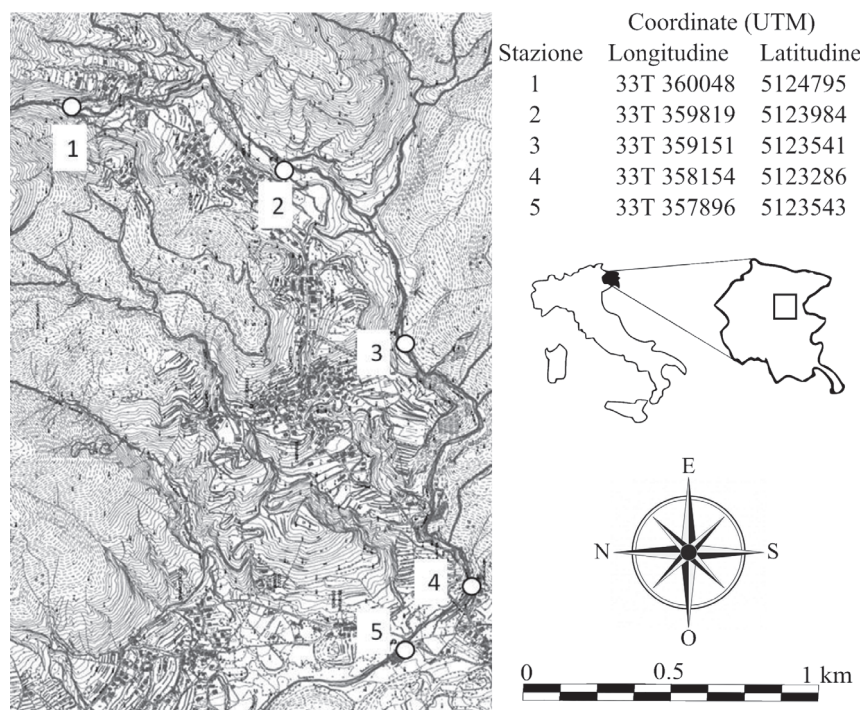


Fig. 1 – Area di studio e stazioni di campionamento.
Fig. 1 – Study area and sampling stations.

2.2 – Piano di campionamento

Nelle stazioni scelte, da giugno 2010 fino a maggio 2011, sono stati rilevati mensilmente i valori di alcuni dei principali parametri chimico-fisici, quali: ossigeno disciolto (mg l^{-1}) (HANNA Instruments, HI 9143), conduttività ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (HANNA Instruments, HI 8733), pH e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (HANNA Instruments, HI 98127-98128), mediante strumentazione portatile da campo. Sono stati inoltre raccolti campioni d'acqua, secondo le metodiche riportate da APAT (2007a), allo scopo di valutare le concentrazioni di alcuni nutrienti, quali ammoniaca (NH_4^+), nitrati (NO_3^-) e fosfati (P) (mg l^{-1}), mediante uno spettrofotometro da banco (HANNA Instruments, HI 83200). Per l'applicazione dell'indice LIMeco i valori dell'ammoniaca sono stati convertiti in N-NH_4 , mentre dai valori in mg l^{-1} dell'ossigeno disciolto è stata ricavata la percentuale di saturazione.

I campionamenti della fauna ittica si sono svolti a fine maggio 2010. In ogni stazione è stato chiuso un tratto di corso d'acqua, la cui lunghezza variava in relazione al perimetro bagnato (Forneris *et al.*, 2006), al cui interno i campionamenti sono stati

condotti utilizzando elettrostorditori a corrente continua pulsata e voltaggio modulabile, operando con passaggi ripetuti fino ad esaurimento delle catture. Gli esemplari nel corso di ciascun passaggio sono stati identificati a livello sistematico e ne è stata rilevata la lunghezza totale (cm) ed il peso totale (g). Talvolta sono state prelevate le scaglie per determinare l'età in laboratorio ma, nella maggior parte dei casi, l'età è stata stimata utilizzando curve di crescita calcolate per le singole specie in precedenti studi eseguiti dal Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste nel Bacin del Fiume Ledra (Cassano, 2003). Successivamente è stato applicato l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI) (Zerunian *et al.*, 2009). La nomenclatura utilizzata per le specie ittiche è quella riportata da Zerunian (2004).

La raccolta dei macroinvertebrati bentonici per l'applicazione dell'indice STAR_ICMi (Buffagni *et al.*, 2008) è stata condotta in primavera (maggio 2010) ed in autunno (ottobre 2010), seguendo le modalità di campionamento indicate da Buffagni & Erba (2007). In ogni stazione sono stati individuati i microhabitat presenti in alveo, in base alla granulometria prevalente ed alla presenza di copertura vegetale e giacché il tratto da noi esaminato ricade nell'idroecoregione 02 (Prealpi e Dolomiti) per il campionamento dei macroinvertebrati è stato utilizzato un retino Surber che sottende un'area pari a 0,1 m² (APAT, 2007b; Buffagni & Erba, 2007). Lo STAR_ICMi è stato calcolato utilizzando i valori di riferimento relativi all'Ordinamento 29, tipologia fluviale 02SS1T relativa ad ambienti collinari. Le operazioni di smistamento e di stima delle abbondanze sono state effettuate seguendo le indicazioni riportate da Buffagni & Erba (2007). Per la determinazione tassonomica sono stati utilizzati testi specialistici dotati di chiavi dicotomiche (Belfiore, 1983; Campaioli *et al.*, 1994; Campaioli *et al.*, 1999; Carchini, 1983; Consiglio, 1980; Ghetti & Mc Kenzie, 1981; Minelli, 1977; Moretti, 1983; Moretti & Cianficconi, 1987; Olmi, 1978; Rivosecchi, 1984; Rocchi, 1999; Sansoni, 1988; Tamanini, 1979). Una volta determinati, i campioni sono stati conservati in alcool etilico al 70%.

Il campionamento delle macrofite è stato eseguito nel giugno 2010 e nel settembre 2010, periodi più idonei per questo tipo di studi secondo vari Autori (Minciardi *et al.*, 2003; APAT, 2007c), seguendo il protocollo APAT (2007c). La determinazione di Alghe, Briofite (Epatiche e Muschi) ed alcune Fanerogame è stata condotta in laboratorio con l'ausilio di uno stereomicroscopio e di un microscopio ottico; per Fanerogame e Briofite la determinazione si è spinta quasi sempre fino al livello tassonomico di specie, mentre per le Alghe si è fermata al genere. I manuali utilizzati per la determinazione sono stati: Pignatti (1982) per le Fanerogame; Cortini Pedrotti (2001) e Smith (1978) per le Briofite, Atherton *et al.* (2010) e Frey *et al.* (2006); Bourelly (1966), John & Whitton (2005) per le Alghe. La nomenclatura floristica delle Fanerogame segue Poldini *et al.* (2002), dei Muschi e delle Epatiche Aleffi *et al.* (2008) e per le Alghe John & Whitton (2005). Sulla base dei campionamenti eseguiti e dei dati raccolti è stato applicato l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) (AFNOR, 2003; Haury *et al.*, 2006). Dai valori così ottenuti è stato calcolato il rapporto di qualità ecologica (RQE_IBMR) secondo il D.M. 260/2010. Il corso d'acqua studiato è da considerarsi come un piccolo corso d'acqua, pertanto il valore RQE di riferimento per ogni stazione è 14,5.

Infine, percorrendo da monte verso valle il corso d'acqua, è stato applicato l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) (Siligardi *et al.*, 2007), che ha permesso di integrare e confrontare i risultati ottenuti con gli altri indici. Al fine di applicare al meglio l'indice in alcune sue parti si è fatto riferimento ai rilievi fitosociologici della vegetazione spondicola e delle cenosi arbustive e boschive ripariali o comunque funzionali.

Allo scopo di verificare la presenza di gradienti ecologici è stata condotta l'Analisi delle Componenti Principali (PCA). Per tale scopo sono stati utilizzati i dati stagionali relativi ai parametri chimico-fisici, alla composizione del substrato, alla copertura vegetale nelle stazioni di campionamento, e le densità dei macroinvertebrati raccolti. I valori sono stati log-trasformati ($x_t = \log(x+1)$) prima di procedere all'elaborazione della PCA. Per l'elaborazione della PCA è stato utilizzato il software STATISTICA 7.1.

3. – Risultati e discussione

Per quanto attiene ai parametri chimico-fisici, in Tab. 1 si può osservare che i valori medi di pH sono risultati in tutte le stazioni lievemente alcalini, la temperatura media è gradualmente crescente da monte verso valle, come pure le concentrazioni medie dell'ossigeno disciolto. Queste ultime sono comunque sempre superiori a 9 mg l⁻¹ ad indicare l'idoneità delle acque ad ospitare una fauna ittica salmonicola. La conduttività è indice di un discreto grado di mineralizzazione delle acque.

Stazione	pH	T (°C)O.D.	(mg l ⁻¹)	Conduttività (µS cm ⁻¹)
1	8,21 ± 0,17	12,06 ± 4,64	9,57 ± 1,05	328,57 ± 25,18
2	8,16 ± 0,34	12,57 ± 5,29	9,84 ± 1,21	334,71 ± 5,29
3	8,09 ± 0,31	12,69 ± 4,61	9,97 ± 1,56	360,71 ± 13,60
4	8,27 ± 0,10	13,29 ± 5,33	10,16 ± 1,61	361,57 ± 13,73
5	8,38 ± 0,10	14,83 ± 6,78	10,42 ± 1,58	354,00 ± 17,23

Tab. 1 – Valori medi e deviazioni standard dei parametri chimico-fisici rilevati nelle stazioni di campionamento.

Tab. 1 – Mean values and standard deviations of chemical-physical parameters measured in the sampling stations.

I nutrienti analizzati rientrano nei range ritenuti idonei per la fauna ittica salmonicola, tranne il valore medio di ammoniaca, limitatamente alla stazione 5, ed il fosforo totale, nella stazione 4, che rientrano comunque nei range previsti per acque ciprinicole (Tab. 2).

Stazione	NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)	P (mg l ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)
1	0,01-0,05 (0,03)	0,01-0,12 (0,04)	1,10-10,30 (6,70)
2	0,00-0,08 (0,04)	0,03-0,08 (0,04)	0,95- 9,90 (6,23)
3	0,00-0,09 (0,01)	0,03-0,07 (0,04)	1,55-11,75 (6,55)
4	0,00-0,07 (0,01)	0,01-0,18 (0,04)	2,95-12,00 (6,50)
5	0,00-0,08 (0,06)	0,02-0,09 (0,05)	0,00-14,05 (5,73)

Tab. 2 – Valori minimi, massimi (mg l⁻¹) e mediana (in parentesi) dei nutrienti rilevati nelle stazioni di campionamento.

Tab. 2 – Minimum and maximum values (mg l⁻¹) and median (in parenthesis) of the nutrients measured in the sampling stations.

L'applicazione dell'indice LIMeco (Tab. 3) ha consentito di formulare un giudizio complessivamente elevato per il torrente, in base alla media ponderata dei valori delle singole stazioni in funzione alla loro percentuale di rappresentatività per il corpo idrico in esame. Tutte le stazioni riportano, infatti, un giudizio elevato ad eccezione della stazione 4, in cui il giudizio scende a buono.

Stazione	Valore LIMeco	Giudizio
1	0,69	ELEVATO
2	0,71	ELEVATO
3	0,68	ELEVATO
4	0,64	BUONO
5	0,73	ELEVATO
LIMeco Complessivo	0,69	ELEVATO

Tab. 3 – Valori del LIMeco calcolati per ogni singola stazione e valore complessivo per il corso d'acqua in esame.

Tab. 3 – LIMeco values for each sampling site and final value for the investigated creek.

Per quanto attiene in particolare alla stazione 4, anche l'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) attribuisce all'ambiente un giudizio decisamente più severo (mediocre) rispetto alle stazioni a monte che viene esteso anche alla stazione 5 (Tab. 4).

Stazioni	IFF		Punteggio
	Sponda sinistra	Sponda destra	
	Punteggio	Giudizio	Punteggio
1	276	OTTIMO	276
2	220	BUONO	220
3	250	BUONO	255
4	171	MEDIOCRE	129
5	165	MEDIOCRE	165

Tab. 4 – Risultati dell'applicazione dell'IFF.

Tab. 4 – Results of the IFF application.

In tali aree il torrente subisce un visibile impatto idromorfologico, dovuto alla presenza di arginature e briglie, realizzate per contenere i fenomeni erosivi; vi è poi una minor differenziazione degli elementi idromorfologici che non si susseguono con regolarità. La vicinanza di abitazioni, inoltre, penalizza lo stato del territorio circostante e, verosimilmente, è causa di ingressi di inquinanti, in particolare nella stazione 5, in cui i valori medi di ammoniaca sono i più elevati e dove si segnala anche la presenza di un allevamento di suini. Un altro aspetto fortemente penalizzante per le due stazioni a valle è lo stato della vegetazione in ambito perfluviale, giacché le sponde sono evidentemente interessate da formazioni arbustivo/arboree dominate da specie

alloctone quali *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia* e *Buddleja davidii*, associate a specie nitrofile. Entrambe le comunità vegetali afferiscono alla classe *Galio-Urticetea* che raggruppa la vegetazione sinantropica mesofila.

Tra gli Indici biotici presi in esame e previsti dal D.M. 260/2010 (Tab. 5), l'indice macrofitico RQE_IBMR conferma, limitatamente al periodo primaverile, le indagini chimico-fisiche ed i risultati dell'IFF, attribuendo alla stazione 4 un giudizio solo sufficiente rispetto al giudizio buono dato generalmente alle restanti stazioni. Tale dato confermerebbe la sensibilità dell'indice nei confronti della trofia delle acque. Le comunità vegetali riscontrate in acqua ed in zona anfibia presentano in tutte le stazioni una bassa copertura (stimabile tra il 5% e il 10%) e sono caratterizzate dalla netta dominanza di entità muscinali. Nella prima stazione, dalle caratteristiche più prossime alla naturalità per geomorfologia dell'alveo e assenza di impatti antropici, sono stati osservati prevalentemente muschi fisionomizzanti, quali *Palustriella commutata* e *Palustriella falcata*, a cui è attribuito un elevato valore di sensibilità (Csi = 15). Allontanandosi progressivamente dalla zona di sorgiva, la comunità muscinale varia nella sua composizione e le specie del genere *Palustriella* vengono sostituite da *Amblystegium tenax*, *Rhynchostegium riparioides* e *Spirogyra sp.*, che comunque hanno sensibilità ecologica medio elevata, ma anche da due alghe del genere *Nostoc* e *Cladophora* a cui invece sono associati coefficienti di sensibilità inferiori (rispettivamente Csi pari a 9 e 6). La stazione 4, come anticipato, presenta un valore RQE_IBMR sufficiente in primavera, ciò principalmente a causa dell'elevata presenza dell'alga *Vaucheria sp.* dotata di un coefficiente di sensibilità molto basso (Csi=4).

Problematica è la valutazione dei giudizi derivanti dall'applicazione dello STAR_ICMi, giacché facendo riferimento alla tipologia fluviale prevista, 02SS1T (collinare), essi risultano sempre elevati ed in tutte le stazioni i valori raggiunti dall'indice sono fuori scala, superando sempre l'unità (Tab. 5). Ciò è verosimilmente dovuto al numero di taxa osservati, che in tutte le stazioni supera quello di riferimento (metrica numero totale famiglie): più in particolare in primavera sono stati osservati da 13 a 24 taxa in più, mentre in autunno da 9 a 20. Parallelamente anche il numero di taxa appartenenti alle famiglie degli Efemerotteri, Plecotteri e Tricotteri (metrica numero famiglie EPT) è decisamente superiore ai limiti di riferimento (in primavera il valore di riferimento è superato di 7-10 unità, in autunno di 4-8).

PRIMAVERA

Stazione	STAR_ICMi		ISECI		RQE_IBMR	
	Valore	Giudizio	Valore	Giudizio	Valore	Giudizio
1	1,40	Elevato	0,20	Cattivo	1,03	Elevato
2	1,34	Elevato	0,20	Cattivo	0,81	Buono
3	1,35	Elevato	0,20	Cattivo	0,82	Buono
4	1,22	Elevato	0,70	Buono	0,69	Sufficiente
5	1,25	Elevato	0,62	Buono	0,82	Buono

AUTUNNO

Stazione	STAR_ICMi		ISECI		RQE_IBMR	
	Valore	Giudizio	Valore	Giudizio	Valore	Giudizio
1	1,36	Elevato	-	-	0,97	Elevato
2	1,35	Elevato	-	-	0,82	Buono
3	1,38	Elevato	-	-	0,85	Buono
4	1,21	Elevato	-	-	0,76	Buono
5	1,29	Elevato	-	-	0,76	Buono

Tab. 5 – Valori dei tre indici utilizzati per ciascuna stazione di campionamento e relativo giudizio di qualità.

Tab. 5 – Values of the applied biotic indices for each sampling station and relative ecological judgments.

Dall'analisi delle componenti principali (Fig. 2) risulta che i primi due assi spieghino complessivamente il 45,33% della variabilità totale. Il primo asse (Fatt. 1) individua un gradiente longitudinale nel torrente, mentre il secondo asse (Fatt. 2) individua un gradiente stagionale. Le stazioni studiate si dispongono in due gruppi, corrispondenti alle due stagioni di campionamento, in entrambi dei quali si nota una sequenza simile, con gli estremi del gradiente costituiti dalla stazione 1 da un lato e dalla stazione 4 dall'altro. Il gradiente longitudinale è caratterizzato principalmente dalla percentuale di copertura vegetale in alveo e, soprattutto, dalla granulometria del substrato. La stazione 1, che presenta un substrato prevalentemente composto da mesolithal (6-20 cm) e modesta copertura vegetale, soprattutto in primavera, è caratterizzata da un'elevata

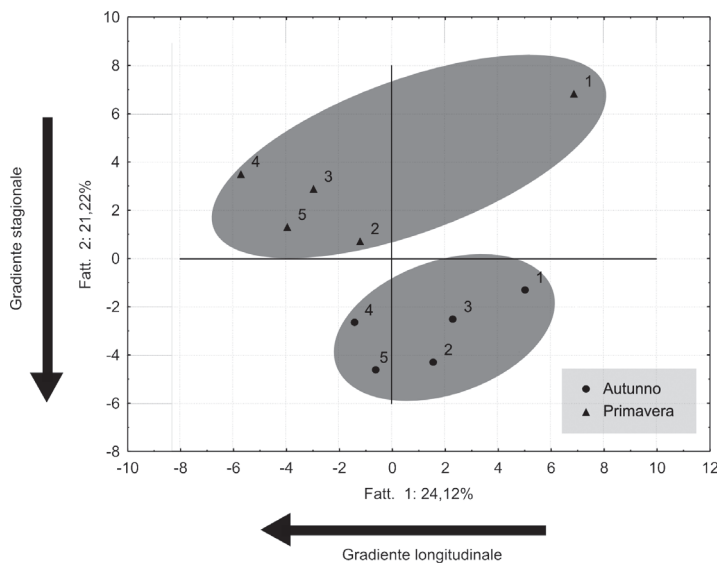


Fig. 2 – Analisi delle componenti principali (PCA) effettuata per le stazioni esaminate nelle due stagioni di campionamento.

Fig. 2 – Principal component Analysis (PCA) for the sampling sites and for the two sampling seasons.

densità della famiglia Athericidae e dell'ordine Plecoptera e, sebbene numericamente meno abbondanti, anche dalle famiglie Ephemeridae e Bereidae, che includono organismi tipici di zone alte di fiumi e torrenti a fondo ghiaioso (Belfiore, 1983; Campaioli *et al.*, 1999). Le stazioni 2, 3, 4 e 5 hanno caratteristiche simili in quanto, rispetto alla stazione 1, hanno maggior copertura vegetale in alveo e substrato eterogeneo con presenza di granulometrie che variano dalla ghiaia al megalithal (0,2-40 cm).

In queste stazioni Le comunità macrozoobentoniche sono caratterizzate dalla presenza di due famiglie di Coleotteri, Scirtidae ed Elmidae, quest'ultima tipica di ambienti ricchi di vegetazione acquatica (Olmi, 1973).

Decisamente più severo è l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI), il quale nelle stazioni più a monte fornisce un giudizio addirittura cattivo (Tab. 5) per la presenza esclusiva dell'alloctona *Salmo trutta* di ceppo atlantico. Sebbene, infatti, nelle stazioni a monte le caratteristiche chimico-fisiche siano idonee ad ospitare una fauna ittica salmonicola, i Salmonidi non sono caratteristici di questo corso d'acqua e le loro popolazioni sono sostenute da immissioni effettuate per fini alieutici. Scendendo verso valle, nelle due ultime stazioni, benché le condizioni ambientali peggiorino, la presenza di specie autoctone, quindi di comunità strutturalmente più vicine a quelle di riferimento, innalza il giudizio dell'indice a buono; ciò anche per la presenza di specie endemiche (*Padogobius martensii*) ed inserite nella Lista Rossa dei Pesci d'acqua dolce italiani (Zerunian, 2004), nella Direttiva 92/43/CE e nella Convenzione di Berna, quali-*Phoxinus phoxinus*, *Leuciscus souffia muticellus*, *Cottus gobio* e *Padogobius martensii*.

4. – Conclusioni

Lo stato ecologico, nelle cinque stazioni esaminate, in periodo primaverile, quando è possibile un confronto tra i giudizi riportati da tutti i tre indici biologici, varia tra il cattivo ed il buono, denunciando un progressivo miglioramento da monte verso valle. Al raggiungimento di tale risultato sono decisivi i giudizi di due soli indici tra quelli analizzati e previsti dal D.M. 260/2010: l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI) e l'indice macrofitico RQE_IBMR.

Di questi l'ultimo è verosimilmente condizionato dal livello di trofia che, sulla base delle concentrazioni di alcuni nutrienti esaminati, aumenta nelle due stazioni più a valle e viene rilevato dall'indice in particolare nella stazione 4. L'ISECI, che esprime in senso monte valle giudizi che passano da cattivo a buono, è invece apparentemente influenzato esclusivamente da pratiche gestionali, in quanto le comunità più che risentire della presenza di eventuali fonti di inquinamento o alterazione sono condizionate dall'immissione di fauna alloctona a fini alieutici. Pertanto, in questo caso, il giudizio dell'ISECI non sembra fornire indicazioni utili ai fini di una descrizione dello stato ambientale del torrente.

Poco sensibile alle variazioni delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque appare inoltre lo STAR_ICMi che riporta per tutte le stazioni un giudizio elevato, con valori che superano l'unità.

Le comunità macrozoobentoniche sono risultate variare in relazione a parametri idromorfologici quali la granulometria del sedimento e la copertura vegetale in alveo,

fattori risultati determinanti l'assetto di queste comunità anche in altri studi (Lindgaard *et al.*, 1998; Zollhofer *et al.*, 2000; Fumetti *et al.*, 2006).

Le criticità emerse nella zona più a valle (stazioni 4-5) sono, allo stato attuale, rilevate soprattutto da analisi ecologiche riguardanti l'ecosistema nel suo complesso (IFF), e quindi non sempre percepite dalle singole comunità. Ciò è probabilmente conseguenza del fatto che il torrente mantiene una discreta capacità di autodepurazione, ma anche della necessità di ricalibrare alcuni di questi indici (ISECI, STAR-ICMi) alla tipologia fluviale.

Questo lavoro, seppur eseguito in una particolare realtà del Friuli Venezia Giulia, mette in luce la necessità di affiancare all'applicazione degli indici indicati dalla normativa vigente anche l'uso di indici ecologici come l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) e di indici biotici quali ad esempio l'Indice Biotico Esteso (IBE) (Ghetti, 1997), sebbene non previsti dal D.M. 260/2010, i quali essendo stati ben collaudati negli anni passati, possono talvolta ancora fornire un valido contributo informativo ai fini di una corretta analisi dello stato delle acque dolci.

Lavoro consegnato il 21.02.2014

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la Consulta del Bacino del Fiume Ledra che ha finanziato il presente studio e la dott.ssa Miris Castello del Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste per l'indispensabile aiuto nella determinazione di alcune Briofite.

BIBLIOGRAFIA

- AFNOR, 2003 – Qualité de l'eau: détermination de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR). Association Française de Normalisation-AFNOR, 28 pp.
- ALEFFI M., TACCHI R. & CORTINI PEDROTTI C., 2008 – Check-list of the Hornworts, *Liverworts and Mosses of Italy*, **22**: 1 -256.
- APAT, 2007a – Metodi biologici per le acque. Parte I. Protocollo per il campionamento dei parametri chimico fisici a sostegno degli elementi biologici nei corsi d'acqua superficiali. Ed. 2007, Roma. 8 pp.
- APAT, 2007b – Metodi biologici per le acque. Parte I. Protocollo di campionamento dei macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili. Ed. 2007, Roma. 26 pp.
- APAT, 2007c – *Protocollo di campionamento e analisi per le macrofite delle acque correnti*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, APAT, ISS, ENEA, ARPA Piemonte, Università La Sapienza – Roma, APPA Trento, ARPA Toscana. 20 pp.
- ATHERTON I, BOSANQUET S. & LAWLEY M., 2010 – *Mosses and Liverworts of Britain and Ireland: a field guide*. British Bryological Society. 848 pp.
- BATTISTON F., CASSANO A., MARIN A. & PIZZUL E., 2004 – Il bacino del Fiume Ledra (Friuli Venezia Giulia) e le sue comunità ittiche. *Quaderni Etp*. **33**: 35-44.
- BELFIORE C., 1983 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Efemeroterri (Ephemeroptera). CNR. Vol. 24: AQ/1/201. 110 pp.
- BOURELLY P., 1966 – Les Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Les Algues Vertes. Tome I. Éditions N. Bou-bée & C^{ie}, Paris. 569 pp.
- BUFFAGNI A. & ERBA S., 2007 – Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/CE (WFD). Parte A: Metodo di campionamento per fiumi guadabili. *Notiziario dei metodi analitici IRSA-CNR*, 1: 2-27.

- BUFFAGNI A., ERBA S. & PAGNOTTA R., 2008 – Definizione dello stato ecologico dei fiumi sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/EC (WFD): il sistema di classificazione MacrOper. *Notiziario dei metodi analitici IRSA-CNR*, 2008. 1: 24-46.
- CAMPAIOLI S., GHETTI P. F., MINELLI A. & RUFFO S., 1994 – *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque italiane*. Provincia Autonoma di Trento, Volume I. 357 pp.
- CAMPAIOLI S., GHETTI P. F., MINELLI A. & RUFFO S., 1999 – *Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane*. Provincia Autonoma di Trento, Volume II. 127pp.
- CARCHINI G., 1983 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Odonati (Odonata). 21, CNR, AQ/1/1981, 80 pp.
- CONSIGLIO C., 1980 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Plecotteri (Plecoptera). 9, CNR, AQ/1/77, 67pp.
- CASSANO A., 2003 – *Analisi ecologiche nel bacino del Fiume Ledra*. Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Biologia. Tesi di Laurea. 109 pp.
- CONSIGLIO D'EUROPA, 1979 (Convenzione di Berna) – Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa.
- CORTINI PEDROTTI C., 2001 – *Flora dei muschi d'Italia*. Antonio Delfino Editore, I-II, Roma. 1235pp.
- DECRETO MINISTERIALE N.260 del 08/11/2010 – Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo". *Gazzetta Ufficiale*, 30, 07/02/2011, S.G.
- DE LUCA M., 2009 – *Acquisizione dati bibliografici relativi all'ambiente acquatico e ripario del bacino del fiume Ledra. Relazione conclusiva*. Borsa di studio riguardante un'indagine bibliografica del bacino del Fiume Ledra. Università degli Studi di Trieste. 72 pp.
- DIRETTIVA 92/43/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 21/05/1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, 206, 22/07/1992.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M. & PEROSINO G.C., 2006 – *Proposta di Indice Ittico (I.I.) per il bacino occidentale del Po*. Atti X Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Montesilvano (Pescara), 2-3 aprile 2004. *Biologia Ambientale*. 20(1): 89-101.
- FREY W., FRAHM J. P., FISHER E. & LOBIN W., 2006 – *The Liverworts, Mosses and Ferns of Europe*. T.L. Blockeel ED. 512 pp.
- FUMETTI VON S., NAGEL P., SCHEIFHACKEN N. & BALTES B., 2006 – Factors governing macrozoobenthic assemblages in perennial springs in north-western Switzerland. *Hydrobiologia*. 568: 467-475.
- GHETTI P. F., 1997 – *Manuale di applicazione. Indice Biotico Esteso (I.B.E.)*. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Provincia Autonoma di Trento. Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, Trento. 222 pp.
- GHETTI P. F. & MC KENZIE K., 1981 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Ostracodi (Crustacea, Ostracoda), Vol. 11. CNR AQ/1/108. 83 pp.
- GIORGETTI F. & STEFANINI S., 1989 – *Vulnerabilità degli acquiferi del Campo di Osoppo – Gemona all'inquinamento (Provincia di Udine)*. CNR (linea di ricerca VAZAR, pubbl. n.125). Regione Autonoma F-VG (Direzione Regionale Ambiente). 11 tavv.
- GIORGETTI F. & STEFANINI S., 1989b – *Composizione e provenienza delle acque di risorgiva del Campo di Osoppo-Gemona e della piana di Artegna-Buia (Provincia di Udine)*. *Gortania, Atti Museo Friulano di Storia Naturale*. 11: 39-62.
- HAURY J., PELTRE M.C., TRÉMOLIÈRES M., BARBE J., THIÉBAUT G., BERNEZ I., DANIEL H., CHATENET P., HAAN-ARCHIPOF G., MULLER S., DUTARTRE A., LAPLACE-TREYTURE C., CAZAUBON A. & LAMBERT-SERVIEN E., 2006 – A new method to assess water trophy and organic pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution. *Hydrobiologia*. 570: 153-158.
- JOHN D.M. & WHITTON B.A., 2005 – *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press. 702 pp.
- LINDEGAARD C., BRODERSEN K.P., WIBERG-LARSEN P. & SKRIVER J., 1998 – *Multivariate Analyses of macrofaunal communities*. In: Botosaneanu L., *Studies in crenobiology*. Backhuys Publisher, Leiden: 201-220.
- MINCIARDI M.R., ROSSI G. L., AZZOLLINI R. & BETTA G., 2003 – *Linee guida per il biomonitoraggio di corsi d'acqua in ambiente alpino*. ENEA, Provincia di Torino, Torino. 64 pp.
- MINELLI A., 1977 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Irudinei (Hirudinea). 1, CNR, AQ/1/2, 43 pp.

- MORETTI G.P., 1983 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Tricotteri (Trichoptera). 19. CNR AQ/1/196. 155 pp.
- MORETTI G.P. & CIANFICCONI F., 1987 – Tricotteri del Friuli Venezia Giulia. *Biogeographia*. **13**: 663-687.
- MORO G. A., 2004 – Studio ecologico sulle comunità di macroinvertebrati bentonici nel bacino del fiume Ledra (Friuli Venezia Giulia). *Quaderni Etp*. **33**: 21-34.
- OLMI M., 1978 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Driopidi, Elmintidi (Coleoptera: Dryopidae, Elminthidae). 2. CNR, AQ/1/6, 73 pp.
- PIGNATTI S., 1982 – *Flora d'Italia*. Vol.I-III. Edagricole, Bologna. 2324 pp.
- POLDINI L., ORIOLO G. & VIDALI M., 2002 – *La flora vascolare del Friuli Venezia Giulia*. *Catalogo annotato ed indice sinonimico*. Regione Autonoma F-VG, Azienda Parchi e Foreste Regionali, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Biologia. Arti Grafiche Friulane SpA, Udine, 415 pp.
- RIVOSECCHI L., 1984 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Ditteri (Diptera), Vol. 28. CNR AQ/1/206, 177 pp.
- ROCCHI S., 1999 – I macroinvertebrati delle acque interne del Friuli Venezia Giulia (Italia Nord-Orientale): Coleoptera, Hydroadeptera: Haliplidae, Gyrinidae, Dytiscidae. *Gortania, Atti Museo Friulano Storia Naturale*, Udine. **21**: 203-222 pp.
- SANSONI G., 1988 – *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Provincia Autonoma di Trento. Provincia Autonoma di Trento. Stazione Sperimentale Agraria Forestale. Servizio Protezione Ambientale. APR & B Editrice, Trento. 191 pp.
- SILIGARDI M., BERNABEI S., CAPPELLETTI C., CHIERICI E., CIUTTI F., EGADDI F., FRANCESCHINI A., MAIOLINI B., MANCINI L., MINCIARDI M.R., MONAUNI C., ROSSI G.L., SANSONI G., SPAGGIARI R. & ZANNETTI M., 2007. *I.F.F. – Indice di Funzionalità Fluviale*. APAT, Lineagrafica Bertelli Editori snc, Trento. 223 pp.
- SMITH A. J. E., 1978 – *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press. 706 pp.
- STOCH F., 1986 – Comunità macrobentoniche e qualità delle acque del fiume Ledra. In: "*Atti Convegno. "Progetto Ledra"*": 23-28.
- STOCH F., PARADISI S. & BUDA DANCEVICH M., 1992 – *Carta ittica del Friuli-Venezia Giulia*. Ente Tutela Pesca, Regione Autonoma F-VG, 285pp.
- TAMANINI L., 1979 – *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*. Eterotteri acquatici (Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha). 6. CNR, AQ/1/ 45, 106 pp.
- ZERUNIAN S., 2004 – *Pesci delle acque interne d'Italia*. Quaderni di Conservazione della Natura n. 20. Ministero dell'Ambiente e Istituto Nazionale per la fauna selvatica, 257 pp.
- ZERUNIAN S., GOLTARA A., SCHIPANI I. & BOZ B., 2009 – Adeguamento dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche alla Direttiva Quadro sulle Acque, 2000/60/CE. *Biologia Ambientale*, **23**(2): 1-16.
- ZOLLHOFER J.M., BRUNKE M. & GONSER T., 2000 – A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna. *Archiv für Hydrobiologie*, 121: 349-376.