

S.It.E. Atti 32



A cura di: G. Giordani, V. Rossi, P. Viaroli

<http://www.dsa.unipr.it/sitecongresso/>



Effetti del cambiamento climatico e indicatori di stress per le specie ittiche.

Michele Ceddia,^a Giovanni Menduni,^a Annamaria Nocita,^b

^a *Autorità di bacino del fiume Arno, Via dei Servi 15 - 50122 Firenze, Italia*

^b *Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Via Romana 17, 50125 Firenze*

Abstract

La definizione di strategie di adattamento ai cambiamenti climatici si articola su un ampio spettro di scale spaziali e temporali, e richiede un concerto di azioni diverse, integrate e sussidiarie a seconda del contesto considerato.

L'Autorità di bacino del fiume Arno ha sviluppato da tempo una linea di ricerca tesa a valutare le peculiarità del cambiamento globale in atto nel territorio del bacino, attraverso l'attività di uno specifico laboratorio territoriale permanente. I risultati mostrano la validità dell'approccio e l'evidente deriva che caratterizza la non stazionarietà del regime delle portate alle scale d'interesse per la pianificazione territoriale.

Ai fini del presente lavoro si pone particolare attenzione alla deriva del regime di portata che, a partire dagli anni '70, mostra una sensibile riduzione della disponibilità idrica e una progressiva asimmetria rispetto agli usuali contributi stagionali. Tale effetto al suolo rispecchia gli aspetti del cambiamento climatico in termini di distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni e dell'andamento delle temperature.

Tra gli indicatori di vulnerabilità l'evoluzione dell'Area Disponibile Ponderata (ADP, Bovee *et al.* 1998), in funzione dei diversi regimi, si è mostrata un indicatore efficace al quale è possibile affiancare specifici segnali di stress.

Per questo si è effettuato un rilievo di dettaglio del fondo dell'alveo in un tronco posto nella sezione di chiusura del bacino laboratorio e, fissata la specie bersaglio nel barbo in fase riproduttiva, si è calcolata l'ADP utilizzando un modello idrodinamico bidimensionale a elementi finiti. Si è poi effettuata l'analisi della serie storica (quasi secolare) delle portate osservate scegliendo, come riferimento, la permanenza della portata media giornaliera al disotto del 50% e del 70% dell'ADP per due giorni consecutivi ed oltre.

I risultati mostrano una forte dinamica del dato che, soprattutto negli ultimi dieci anni, indica un incremento notevole del numero di eventi e dei giorni di permanenza. Mostrano inoltre la validità dell'approccio seguito che tende a fornire una indispensabile dimensione temporale all'analisi alla scala del meso- e del microhabitat.

Keywords: cambiamenti climatici; ADP; fauna ittica

1. Introduzione

L'attività di pianificazione è stata, già dagli anni passati, affiancata dalla definizione di indicatori quantitativi degli effetti al suolo del cambiamento globale in modo da valutarne l'entità e le tendenze.

L'obiettivo strategico è l'individuazione di linee operative adeguate per la pianificazione e la progettazione degli interventi alla scala del bacino idrografico che siano guidate da quanto si riscontra nella dinamica degli indicatori climatici e di uso del suolo.

L'Autorità di bacino del fiume Arno ha sviluppato da tempo una linea di ricerca tesa a valutare gli effetti

del cambiamento globale nel territorio del bacino, attraverso l'attività di uno specifico laboratorio territoriale permanente.

Nel laboratorio, sul quale l'Autorità dell'Arno opera da oltre cinque anni con specifiche attività di analisi e monitoraggio di precipitazione, portata e temperatura. L'analisi delle serie storiche disponibili consente infine di valutare l'impronta decisiva dei processi alla scala planetaria sul fenomeno locale.

I dati indicano chiaramente che le derive osservate risultano significative per le scale temporali di interesse per la pianificazione territoriale e, addirittura, per gli scenari di intervento strutturale e non strutturale. La necessità di una progettazione integrata emerge come indispensabile elemento strategico mentre il consueto approccio duale, suddiviso nell'alternanza tra obiettivo funzionale e mitigazione si mostra inconsistente.

La dinamica del regime delle portate costituisce, a questo proposito, uno degli effetti più eclatanti del cambiamento in atto. In particolare si constata una perdita di biodiversità correlando quantitativamente alcuni indicatori idrologici e morfologici con la disponibilità di habitat con specifico riferimento alle specie ittiche.

2. Materiali e metodi

Lo studio ha avuto come obiettivo l'individuazione di una porzione di territorio con caratteristiche tali da costituire un indicatore delle tendenze in atto per l'intero bacino idrografico. Una sorta di laboratorio naturale sul quale valutare dati, sperimentare tecnologie e sviluppare modelli.

È stato a questo proposito identificato il bacino dell'Arno chiuso a Subbiano, circa 750 km² di superficie, dei quali meno del 2% sono antropizzati (Fig. 1).

L'area è libera da invasi, opere idrauliche significative o grandi infrastrutture. Sono presenti

una stazione termometrica con una serie di dati secolare, una stazione idrometrica con oltre settanta anni di registrazioni e una serie di dati di pioggia

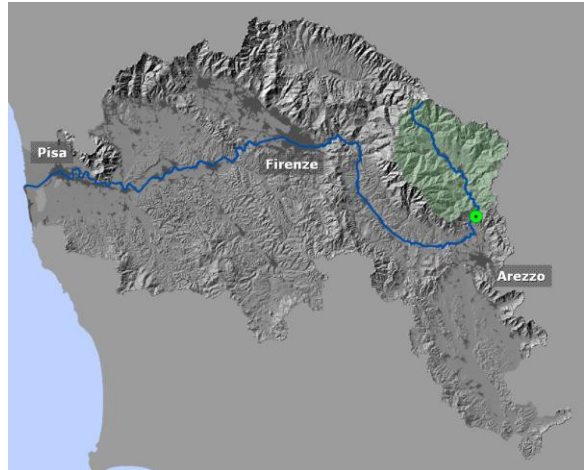


Fig. 1. Bacino dell'Arno. In evidenza il sottobacino del Casentino chiuso a Subbiano

oraria che copre un arco temporale di settant'anni che è stata validata in collaborazione con il CNR-IBIMET, digitalizzando i diagrammi cartacei originali. I pluviometri disponibili, sia pure con diversi periodi di attività, sono comunque una ventina e consentono una accurata ricostruzione della precipitazione ragguagliata.

Nell'osservazione di alcuni dati meteorologici caratteristici a scala globale, particolare attenzione è stata posta all'indice NAO (North Atlantic Oscillation, Pociask-Karteczka 2006), rappresentativo del gradiente di pressione tra le Azorre e l'Islanda, che opera come una sorta di timone per le perturbazioni che, dall'Atlantico, muovono verso il Mediterraneo. La relazione tra le precipitazioni del bacino dell'Arno chiuso alla sezione di Subbiano e la NAO evidenzia il fatto che i dati misurati sono rappresentativi di un processo alla scala planetaria (Fig. 2).

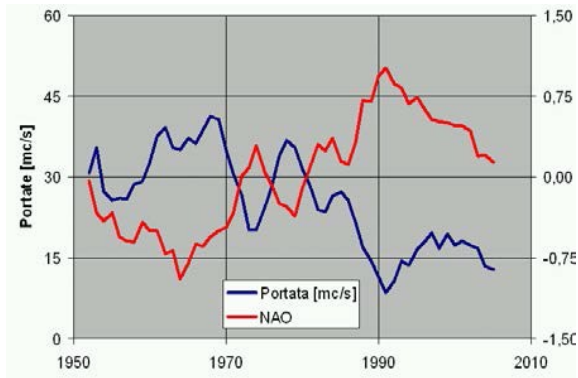


Figura 2. Confronto tra le portate alla sezione di chiusura del Casentino (Subbiano) e la NAO

L'analisi delle serie storiche dei dati meteoroclimatici mostra in generale una predominante componente quasi periodica cui si sovrappone, specialmente per quanto riguarda le portate e le piogge, una evidente tendenza decrescente. Quest'ultima viene individuata chiaramente a partire dai primi anni '80 mentre per il decennio precedente si può intravedere una fase di transizione. Pertanto nelle elaborazioni si è tenuto conto di due distinti periodi, il primo fino al 1980 e il secondo dal 1981 ad oggi (Crisci *et al.* 2002, Burlando & Rosso 1991, Burlando & Rosso 2002a e 2002b)

La stazione idrometrica di Subbiano presenta una serie storica dei deflussi medi giornalieri dal 1930 ad oggi, con una sola breve finestra di dati mancanti compresa tra il 1942 e il 1948 inclusi. Ne risulta un campione di circa 25.000 dati che ben si presta alle analisi del caso. A fronte di una osservata diminuzione delle precipitazioni annue, di una diminuzione delle precipitazioni invernali (e conseguente aumento dell'intensità di precipitazione invernale) e di un aumento delle temperature registrate alla stazione di Camaldoli (minime, massime e valori estremi) la serie delle portate medie giornaliere risulta ridursi sensibilmente nel periodo 1981-2006 (Figg. 3 e 4). Un'affidabile descrizione di tale andamento si può avere facendo riferimento ad alcuni quantili caratteristici della curva di durata delle portate. In particolare per 3 durate di riferimento, 91, 183 e 355 giorni, i corrispondenti valori di portata, filtrati con una media mobile su 5 anni, presentano una chiara tendenza discendente. La Figura 5

presenta le portate Q91, Q183 e Q355 normalizzate rispetto alla loro media.

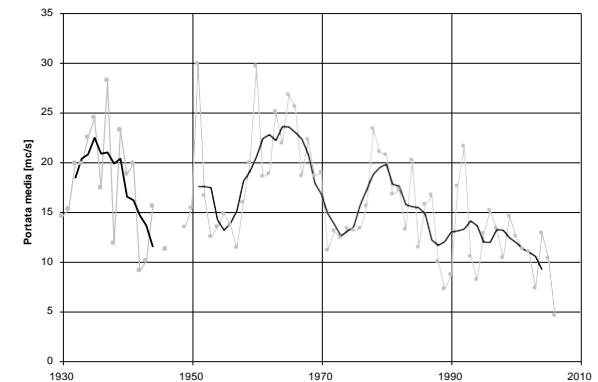
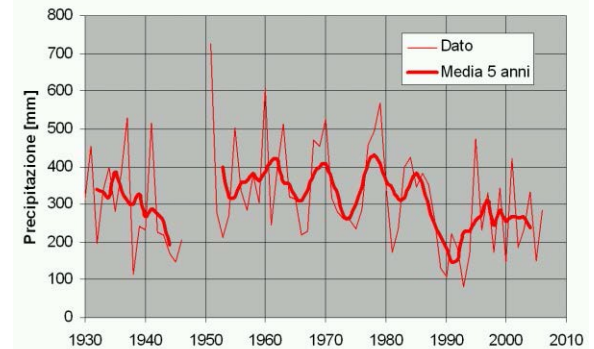
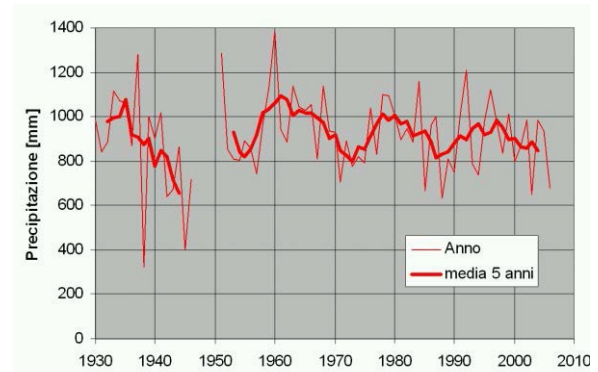


Figura 3. Andamento delle precipitazioni annue e quantità di precipitazione invernale.

Figura 4. Andamento della serie delle portate medie annue e della stessa filtrata con una media mobile su 5 anni.

Un'ulteriore conferma della tendenza alla variazione dei regimi medi annuali si ottiene dall'analisi delle curve di durata complete. Tale

curva, riferita al periodo 1981-2006, è caratterizzata da un andamento di forma simile a quella relativa al periodo 1930-1980 ma con valori inferiori di portata per ognuna delle durate e differenze comprese tra il 15 e il 40%. Non si riscontra, invece, una sostanziale variazione di forma della curva (Fig. 6).

Quale diretta conseguenza di quanto detto si nota, riferendoci al valore mediano della portata, una riduzione di circa il 15% della larghezza della superficie liquida in alveo, come si evince dalla Figura , ricostruita mediante l'utilizzo della scala delle larghezze del pelo libero, $B(Q)$, ottenuta con l'ausilio di un modello di moto stazionario (Fig. 7).

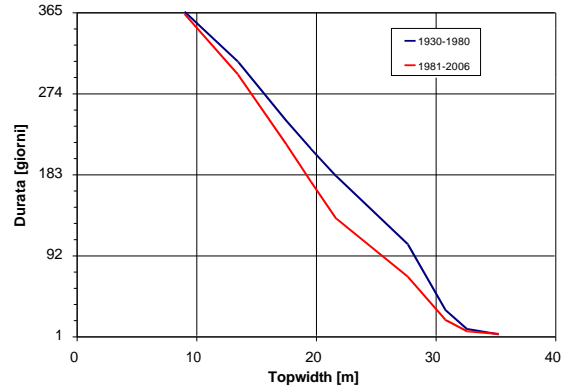


Figura 7. Curva di durata della larghezza di superficie liquida.

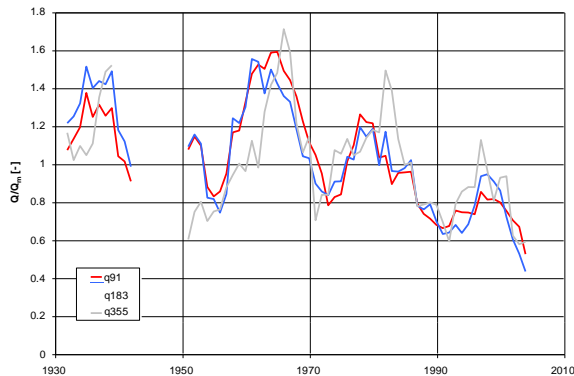


Figura 5. Portate Q_{91} , Q_{183} e Q_{355} normalizzate sui rispettivi valori medi e filtrati con una media mobile su 5 anni.

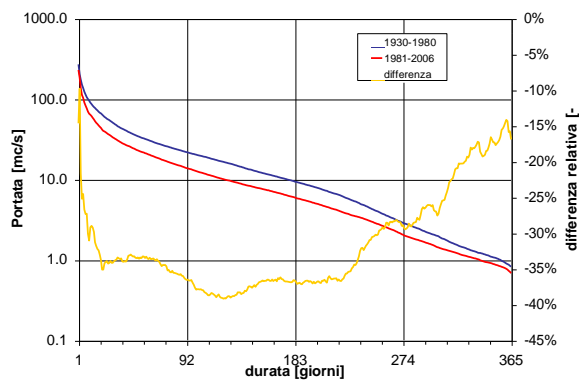


Figura 6. Curve di durata delle portate liquide riferite ai due periodi storici e andamento della differenza relativa.

Tra gli indicatori di vulnerabilità sui quali calibrare le strategie di adattamento si sono considerati quelli relativi agli ecosistemi. In particolare Area Disponibile Ponderata (ADP) (Bovee *et al.* 1998, Stalnaker *et al.* 1995). L'ADP utilizza la combinazione di quantità e qualità del Microhabitat per esprimere unità di area disponibile per una certa specie in un dato stadio vitale. Si ottiene confrontando le caratteristiche ambientali di un tronco fluviale in termini di velocità e profondità con le esigenze della specie che vengono descritte tramite apposite curve di idoneità. Utilizzando curve di idoneità univariate l'ADP calcolato è solo un indice che può essere utilizzato per determinare il deflusso minimo vitale nel metodo IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) oppure come indicatore ambientale dello stress subito dalla fauna ittica nei riguardi della diminuzione di risorsa idrica causata dai cambiamenti ambientali.

Per questa ricerca sono state utilizzate le due specie reofile autoctone più diffuse dell'area di studio: il Barbo (*Barbus tyberinus*) e Cavedano (*Leuciscus cephalus*), le cui curve di idoneità per i parametri di velocità e profondità sono disponibili in letteratura (Rambaldi *et al.* 1997).

Ai fini dello studio, in corrispondenza del tratto relativo alla sezione di chiusura del bacino (Subbiano), ad integrazione dei dati morfologici delle sezioni trasversali è stato eseguito un rilievo di dettaglio tramite GPS ad alta risoluzione (precisione centimetrica) con lo scopo di ottenere una descrizione bidimensionale (2-D) del corso d'acqua per una

lunghezza rappresentativa dell'ordine dei cento metri (Fig. 8).

Per quanto concerne la modellistica idraulica, in una prima fase è stato utilizzato il modello Hec-RAS dell'U.S. Army Corps of Engineers per una descrizione monodimensionale stazionaria del deflusso; in tale contesto la descrizione della morfologia di alveo è stata affidata al rilievo delle sezioni trasversali a disposizione dell'Autorità di Bacino dell'Arno (Fig. 8).

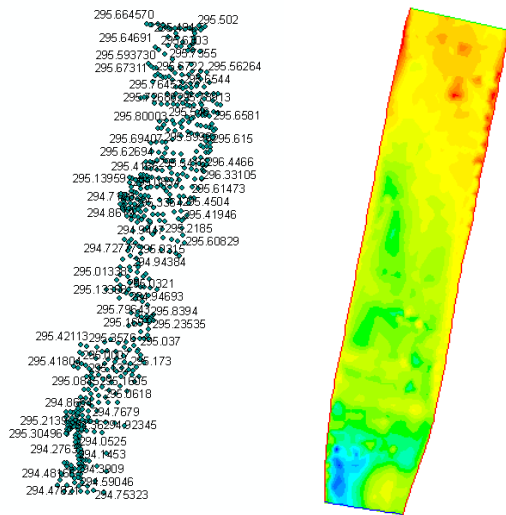


Figura 8. Rilievo del tratto di studio e modellistica idraulica

Nella seconda fase dell'analisi modellistica è stato invece impiegato il software River-2D per la modellazione bidimensionale ad elementi finiti del deflusso, sul dominio morfologico costituito da rilievo GPS.

3. Risultati

Nell'analisi per via sintetica dell'Area Disponibile Ponderata in un tratto del reticolo idrico di bacino l'utilizzo di un modello idraulico monodimensionale impone, come detto, la descrizione della morfologia d'alveo mediante il rilievo di sezioni trasversali la cui distanza reciproca oscilla tra la decina e le centinaia di metri, in funzione della tipologia e delle

caratteristiche del corso d'acqua oggetto di analisi. Tali vincoli si riflettono sui risultati della modellazione idraulica, prima, e dell'IFIM, successivamente, con una pesante ipotesi di invarianza della morfologia lungo l'intera distanza che divide due successive sezioni trasversali rilevate. Nella pratica, quindi, si riscontra una perdita delle peculiarità morfologiche locali che rivestono generalmente un forte ruolo nel contributo ADP. L'utilizzo di un modello idraulico bidimensionale consente il superamento di questa ipotesi e rende possibile eseguire il calcolo dell'ADP tenendo opportunamente conto delle variazioni morfologiche locali. Per quanto riguarda la sua applicazione allo studio della fauna ittica locale, fissata la specie bersaglio nel barbo in fase riproduttiva, si è calcolata l'ADP utilizzando il modello idrodinamico bidimensionale a elementi finiti.

Si è poi effettuata l'analisi della serie storica (quasi secolare) delle portate osservate, scegliendo come riferimento la permanenza della portata media giornaliera al di sotto del 50% e del 70% dell'ADP ottimale per due giorni consecutivi ed oltre. La stessa procedura è stata utilizzata anche per il cavedano (Fig. 9).

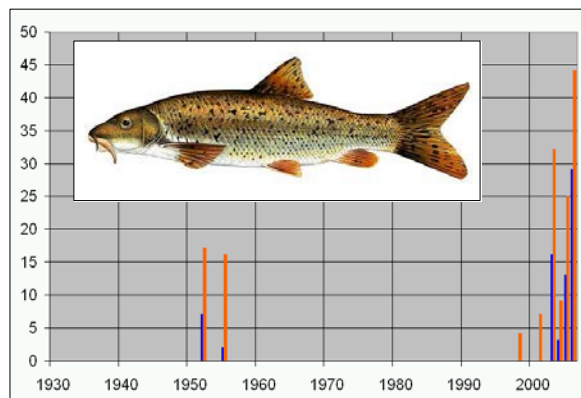


Figura 9. In ordinata i giorni nei quali il deflusso è al di sotto del 50% di ADP (azzurro) e del 70% (arancio) per il barbo in fase riproduttiva nel corso del periodo storico analizzato.

Il grafico mostra, per il barbo, che il numero dei giorni in cui si evidenzia una diminuzione di ADP al di sotto delle due soglie fissate è drasticamente aumentato dopo il 2000. Lo stesso risultato è stato

evidenziato anche per l'altra specie target, il cavedano.

4. Discussione e conclusioni

L'approccio utilizzato sia nei rilievi sia nella modellistica idraulica permette di evidenziare le diversità anche in termini di mesohabitat, che riveste un'enorme importanza nella distribuzione della fauna ittica a questa scala di studio. L'utilizzo dell'ADP, come indicatore ambientale per misurare lo stress della fauna ittica nei riguardi dei cambiamenti climatici locali in atto, appare del tutto adeguato per un approccio della problematica.

Le elaborazioni prodotte mostrano in maniera inequivocabile che è in atto una diminuzione rilevante dell'habitat idoneo per le due specie bersaglio con conseguenze prevedibili, anche se non ancora dimostrate, sulla consistenza della popolazione locale. Nell'esempio considerato, ossia per lo stadio riproduttivo delle due specie target, appare a rischio la fitness a causa del progressivo restringimento dell'area che presenta caratteristiche tali, in termini di velocità e profondità, da renderla adeguata alla fase riproduttiva delle due specie. La diminuzione progressiva delle popolazioni locali di barbo e cavedano appare quindi tutt'altro che un'ipotesi da scartare. La scomparsa di alcune specie ittiche a causa dei cambiamenti climatici è già stata dimostrata (Minns & Moore 1995) ed è probabilmente da imputare a una serie di effetti che hanno come causa prima la diminuzione di precipitazioni e la conseguente diminuzione di portata dei corsi d'acqua. Tra i prevedibili effetti dei cambiamenti climatici in atto sulla fauna ittica vi sono quelli legati all'innalzamento della temperatura dell'acqua (es. influenza sul metabolismo e sulla riproduzione), la disponibilità di habitat in termini di risorse alimentari e spaziali, le limitazioni alle migrazioni stagionali e, in caso di eccessiva frammentazione del corso d'acqua causata dall'abbassamento di portata, anche la stessa sopravvivenza.

I risultati mostrano una forte dinamica del dato che, soprattutto negli ultimi dieci anni, indica un incremento notevole, per il numero di eventi e di giorni di permanenza. Il metodo, che utilizza l'ADP

come indicatore ambientale per la misurazione degli effetti dei cambiamenti climatici sulla fauna ittica, se supportata da un'adeguata modellistica idraulica bidimensionale, tende a fornire una indispensabile dimensione temporale all'analisi alla scala del meso- e del microhabitat. Eventuali sviluppi del lavoro saranno indirizzati all'approfondimento della relazione tra ADP e popolazioni locali, al fine di poter meglio delineare futuri scenari della fauna ittica in funzione dei cambiamenti climatici.

Riferimenti bibliografici

- Bovee K.D., Lamb B.L., Bartholow J.M., Stalnaker C.D., Taylor J., Henriksen J., (1998). Stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Information and Technical Report USGS/BRD-1998-2004.
- Burlando P., Rosso R., (1991). Extreme storm rainfall and climatic change. *Atmospheric Research*, **27**, 169-189
- Burlando P., Rosso R., (2002a). Effects of transient climate change on basin hydrology (1). *Hydrol. Proc.* **16**, 1151-1175
- Burlando P., Rosso R., (2002b). Effects of transient climate change on basin hydrology (2). *Hydrol. Proc.* **16**, 1177-1199
- Crisci A., Gozzini B., Meneguzzo F., Pagliara S. Maracchi G., (2002). Extreme rainfall in a changing climate: regional analysis and hydrological implications in Tuscany. *Hydrological Process* **16**, 1261-1274
- Minns K.C., Moore J.E., (1995). Factors limiting the distributions of Ontario's freshwater fishes: the role of climate and other variables, and the potential impacts of climate change, p. 137-160. In R.J. Beamish (ed) *Climate change and northern fish populations*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 121.
- Pociask-Karteczka J., (2006). "River Hydrology and the North Atlantic Oscillation: A General Review". *AMBIO: A Journal of the Human Environment*: Vol. 35, No. 6, 312-314.
- Rambaldi A., Rizzoli M., Venturini L., (1997). La valutazione delle portate minime per la vita acquatica sul Fiume Savio nei pressi di Cesena (FO). *Acqua Aria*, 99-104 pp.
- Stalnaker C., Lamb B.L., Henriksen J., Bovee K., Bartholow J., (1995). The instream flow incremental methodology: a primer for IFIM. National Ecology Research Centre, Internal Publication. U.S. Department of the Interior, National Biological Service, Fort Collins, Colorado.