

## Stima del Deflusso Minimo Vitale nel bacino del fiume Paglia (Provincia di Terni).

### *Estimate of the Minimum Viable Flow in the river Paglia basin (Province of Terni - Central Italy).*

AGNESE BICCHI  
VALENTINA ANGELI  
Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale -  
Università di Perugia

ANTONELLA CAROSI  
Provincia di Terni, Servizio Programmazione Ittico-Faunistica -  
Terni

MARIO MEARELLI  
GIOVANNI PEDICILLO  
GIANANDREA LA PORTA  
MARIA PIA SPIGONARDI  
Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale -  
Università di Perugia

PAOLO VIALI  
Provincia di Terni, Servizio Programmazione Ittico-Faunistica -  
Terni

MASSIMO LORENZONI  
Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale -  
Università di Perugia

#### Key words

Minimum vital outflow, habitat suitability curves, weighted usable area.

#### Summary

The main aim of this research was to assess the minimum viable flow of the waterways in the Province of Terni and to draw up a regionalisation model that would ensure rational management of the surface water resources of the entire territory. The area examined was the Paglia river basin. Data were gathered from 6 stretches of water belonging to 4 different waterways, including the river Paglia itself and its main tributary, the River Chiani. Analysis was based on the model constructed during a methodological study conducted by the river Tiber Basin Authority. This model utilises the variables of current speed and depth, which are transformed on a biological basis by using the

I.F.I.M. method as a reference. The model enables a quantitative assessment to be made of the variations occurring in lotic ecosystems as a result of diminished flow; the minimum vital outflow is calculated by evaluating the habitat available to the most significant fish species. Particular attention was devoted to the zone of the barbel – the main fishing zone in the waterways of the territory examined and in which requests for water licences are mostly concentrated. The results obtained enabled us to validate those of previous studies and to estimate more accurately the minimum vital outflow of the waterways in the Province of Terni, guaranteeing one more rational management of the fluvial ecosystems in such a way as to make exploitation of the river flow compatible with conservation of the entire aquatic biotic community.

#### Riassunto

Scopo principale della ricerca è quello di stimare il deflusso minimo vitale nei corsi d'acqua della Provincia di Terni e di elaborare un modello di regionalizzazione tale da garantire una razionale gestione delle risorse idriche superficiali dell'intero territorio. L'area indagata comprende il bacino del fiume Paglia; i dati sono stati raccolti in 6 settori fluviali appartenenti a 4 corsi d'acqua diversi, tra i quali il Paglia stesso ed il suo principale affluente, il fiume Chiani. L'analisi è impostata sull'utilizzo di due variabili idrauliche, velocità di corrente e profondità, trasformate su base biologica, assumendo come riferimento il modello elaborato nello studio metodologico dell'Autorità di Bacino del fiume Tevere. Tale modello permette di valutare quantitativamente le variazioni che avvengono negli ecosistemi lotici a causa delle riduzioni della portata; il valore del minimo vitale è così calcolato valutando l'habitat disponibile per le specie ittiche più significative (barbo tiberino, cavedano comune e rovello). Particolare attenzione è stata rivolta alla zona del barbo, la zona ittica di riferimento nei corsi d'acqua del territorio in esame e quella in cui la richiesta di concessioni idriche è maggiormente concentrata. I risultati conseguiti si aggiungono a quelli già ottenuti in precedenti ricerche condotte nell'intero bacino ombro del fiume Tevere: tutti i dati raccolti confluiranno in un unico modello di regionalizzazione che permetterà di stimare con maggior precisione le portate di minimo vitale, garantendo una più razionale gestione degli ecosistemi fluviali che renda compatibile lo sfruttamento delle portate con la conservazione delle biocenosi acquatiche.

## Introduzione

Gli ecosistemi fluviali sono sistemi naturali in cui la biocenosi presente e il biotopo interagiscono nel tempo creando un equilibrio di tipo dinamico ed in cui esiste un flusso persistente di materia ed energia. I continui cambiamenti delle caratteristiche ambientali determinano così la formazione di habitat particolarmente sensibili alle minime variazioni della qualità delle acque e dei parametri idrologici. I fattori che maggiormente alterano questi delicati equilibri, tipici soprattutto dei fiumi a carattere torrentizio della zona appenninica, possono essere quasi tutti fatti risalire ad uno sfruttamento di tipo antropico delle acque (Fornieris *et al.*, 1990; Vismara *et al.*, 1999b). Negli ultimi anni, la crescente sensibilità ecologica ha permesso di considerare gli ambienti acquatici non più soltanto come dei serbatoi in cui immagazzinare o prelevare acqua, ma come dei sistemi complessi dotati di una propria "carring capacity", sottolineando la necessità di una gestione delle concessioni idriche che renda compatibili i diversi usi antropici con la salvaguardia e la conservazione degli ecosistemi fluviali (Renoldi *et al.*, 1995). Questa nuova visione impone di calcolare la disponibilità idrica in funzione delle esigenze dell'alveo e della comunità acquatica, assecondando le direttive imposte dalla legge sul deflusso minimo vitale (Manciola *et al.*, 1994).

Nonostante questi sforzi, in Italia manca ancora un'adeguata procedura nazionale che permetta una corretta gestione della risorsa idrica. Per far fronte a questo problema, alcune Amministrazioni Regionali e Autorità di Bacino hanno tentato in modo autonomo di formulare, attraverso l'applicazione di metodologie differenti, criteri di stima del deflusso minimo vitale conformi alle proprie esigenze territoriali (Antonietti *et al.*, 1998; Autorità di Bacino del Fiume Tevere, 1997). I metodi finora sviluppati possono essere classificati in base ai diversi approcci metodologici usati. Nonostante la numerosità delle proposte, i criteri generali di stima seguono essenzialmente due diverse procedure di calcolo. Nella prima, propria dei metodi tradizionali o teorici, i deflussi minimi vitali in una data sezione vengono valutati utilizzando parametri idrologici sintetici, come l'area del bacino sotteso dalla sezione fluviale presa in esame, la portata media mensile o annua, o un particolare valore della durata dei deflussi. Nella maggior parte dei casi vengono considerati i valori della portata che garantiscono condizioni d'idoneità per la specie di riferimento e con le tecniche di regionalizzazione si possono estendere i risultati sperimentali ad aree più ampie rispetto a quella di campionamento (Manciola *et al.*, 1994). Questo tipo di metodologia, a carattere strettamente idrologico, utilizza una o poche variabili di input ed ha il vantaggio d'essere applicabile in modo relativamente semplice e di essere estensibile su ambiti territoriali molto vasti.

I limiti di tale approccio teorico si riscontrano nel calcolo dei possibili benefici ambientali, non facilmente valutabili a priori, e nell'utilizzo quasi esclusivo dei valori di portata, ignorando totalmente l'alta variabilità dei parametri che con le loro complesse interazioni, caratterizzano l'ecosistema fluviale (Salsi *et al.*, 1997).

La seconda procedura, seguita nei metodi incrementali, pone in primo piano le variabili di qualità ambientale e si basa su tecniche di rilevamento "in situ" ed osservazioni sperimentali che permettano di verificare le condizioni ambientali ottimali per lo sviluppo di una o più specie, generalmente appartenenti alla fauna ittica, considerate come rappresentative di un determinato habitat fluviale. Si cerca, quindi, di utilizzare sia variabili idrauliche non trasformate, come il perimetro bagnato e la sezione fluviale, sia variabili idrauliche trasformate su base biologica (Vismara *et al.*, 1999a). Il vantaggio principale di questa metodologia rispetto ad un approccio di tipo teorico è che i dati fanno riferimento in modo diretto alle comunità ittiche presenti, garantendo così una maggior attendibilità dei risultati. Questo tipo di approccio presenta, però, anche alcuni limiti quali la complessità delle analisi, il bisogno di effettuare appositi studi sperimentali direttamente sul campo, la tendenza alla sito-specificità e la necessità di un'ulteriore elaborazione dei risultati per ottenere la definizione di una portata di DMV (Salsi *et al.*, 1997). Tra i vari metodi incrementali sviluppati ha assunto nel tempo il ruolo di standard di riferimento quello dei Microhabitat (Bovee, 1982). Tale metodo è basato sulla valutazione della dimensione spaziale dell'habitat fisico disponibile per le specie acquatiche rispetto ad alcuni parametri quali profondità, velocità e substrato, e in parte dalle caratteristiche morfologiche ed idrologiche del tratto preso in esame; attraverso questo tipo di approccio è così possibile simulare i cambiamenti quantitativi che avvengono nell'habitat fisico disponibile per le specie ittiche di riferimento al variare della portata del corso d'acqua.

La presente ricerca si inserisce all'interno di un progetto iniziato nel 1997 con lo studio metodologico commissionato dall'Autorità del Bacino del Fiume Tevere all'Università di Perugia, intrapreso con lo scopo di definire e calcolare il deflusso minimo vitale del fiume Tevere, per la realizzazione di un Piano di Bacino conforme alle normative del legislatore (Manciola e Mearelli, 2001). Mediante una metodologia di tipo incrementale, lo studio ha permesso la costruzione di un modello di regionalizzazione valido per i settori fluviali assegnati alla zona della trota, mentre per i tratti della zona del barbo si è resa necessaria la prosecuzione della ricerca mediante altre due campagne di studio: la prima, iniziata nel 2002, ha interessato la rete fluviale della Provincia di Perugia (Spigonardi *et al.*, 2005), mentre

la seconda, intrapresa nel 2003, ha preso in esame alcuni corsi d'acqua della Provincia di Terni.

Gli scopi principali di quest'ultima parte del progetto sono di garantire innanzitutto una prima stima del DMV per alcuni tratti significativi del fiume Paglia, per una più razionale gestione delle risorse idriche superficiali del territorio della Provincia di Terni. Secondariamente, la ricerca può fornire un ulteriore contributo alla realizzazione di un modello di regionalizzazione valido per la zona del barbo del bacino del fiume Tevere. Tale zona ittica rappresenta, infatti, la vocazione di riferimento nei corsi d'acqua del territorio in esame ed è anche quella in cui è più alto l'interesse e la richiesta delle concessioni idriche. Una procedura configurata con una serie di stadi di avanzamento progressivi come quello seguito sinora, permette di validare ed aggiornare di volta in volta i risultati già ottenuti, ampliando progressivamente la base dati da utilizzare per le elaborazioni. Ciò consente di stimare con più precisione le portate di minimo vitale dei corsi d'acqua del bacino del fiume Tevere, garantendo una più razionale gestione della risorsa acqua, che renda compatibile lo sfruttamento delle portate con la conservazione del potere di autodepurazione e quindi dell'intera biocenosi acquatica.

## Materiali e metodi

Il bacino idrografico del fiume Paglia ha una superficie di 1320 km<sup>2</sup>, di cui circa il 52% sono situati al di fuori del territorio umbro (Toscana e Lazio) (Mearelli *et al.*, 1996). I due principali fiumi che lo compongono sono il Paglia ed il Chiani. Il primo, affluente di destra del Tevere, sorge dalle pendici orientali del monte Amiata, in provincia di Siena e dal punto di vista idrologico è un fiume a carattere prevalentemente torrentizio, fortemente soggetto a prelievi di uso antropico; il secondo, il Chiani, ha origine nella Valdichiana Romana, presso Ponticelli, nella provincia di Perugia ed è il principale affluente di sinistra del fiume Paglia.

Nel bacino del fiume Paglia sono stati individuati 6 tratti fluviali appartenenti a 3 corsi d'acqua, le cui caratteristiche sono riportate in tabella 1. I corsi d'acqua selezionati fanno tutti parte della zona del barbo e nel tratto considerato risultano morfologicamente omogenei. Oltre ai sei tratti appartenenti al bacino del Paglia, per alcune elaborazioni (curve di preferenza), sono stati utilizzati anche i dati raccolti in precedenti ricerche condotte nel bacino umbro del fiume Tevere, quali 8 settori considerati nello studio dell'ABT e gli 11 tratti delle 2 campagne commissionate dalla Provincia di Perugia, le cui caratteristiche sono riportate nelle tabelle 2 e 3.

Corso d'acqua	Località	Codice stazione	Bacino sotteso (km <sup>2</sup> )
Fosso Abbadia	Le Velette	ABBA01	18,18
Fosso Albergo La Nona	Podere Molinaccio	ALBE01	28,91
Fiume Chiani	Ponte S.Maria	CHIA01	180,00
Fiume Chiani	Ponte Osteria	CHIA02	270,00
Fiume Chiani	Morrano	CHIA03	422,00
Fiume Paglia	Allerona	PAGL01	648,00

Tab. 1 - Stazioni di campionamento appartenenti al bacino del Paglia.

Tab. 1 - *Sampling stations within the Paglia basin.*

Corso d'acqua	Località	Codice stazione	Bacino sotteso (km <sup>2</sup> )
Fiume Tevere	Gorga Buia	01TV	274,10
Fiume Tevere	Santa Lucia	02TV	932,30
Fiume Tevere	Pontenuovo	03TV	4142,90
Fiume Treia	Civita Castellana	01TR	331,13
Fiume Chiascio	Valfabbrica	01CH	514,90
Fiume Topino	Valtopina	01TO	214,10
Fiume Nestore	Mercatello	01NS	497,60
Fiume Paglia	Orvieto	01PA	1286,20

Tab. 2 - Stazioni di campionamento considerate nello studio metodologico per l'ABT.

Tab. 2 - *Sampling stations considered in the methodological study for the ABT.*

Corso d'acqua	Località	Codice stazione	Bacino sotteso (km <sup>2</sup> )
Carpina	Serra Petrucci	04CA	129,00
Caldognola	Nocera Scalo	04CL	83,00
Puglia	Collazzone	04PU	150,00
Sovara	Pistrino	04SO	180,00
Niccione	Migianella	04NI	183,00
Cerfone	Cantalupo	04CE	102,00
Tevere	Pistrino	04TV	341,00
Chiascio	Pianello	04CH	514,00
Timia	Cannara	04TI	552,00
Topino	Foligno	04TO	375,00
Nestore	Mercatello	04NS	428,00

Tab. 3 - Stazioni di campionamento considerate nelle due campagne commissionate dalla Provincia di Perugia.

Tab. 3 - Sampling stations considered in the two campaigns commissioned by the Province of Perugia.

L'attività di campagna è stata condotta in due fasi, una primaverile ed una autunnale, con la rilevazione dei principali parametri ambientali e chimico-fisici, riportati in tabella 4. Per ciascuno dei settori indagati sono stati selezionati dei tratti longitudinali prestabiliti di lunghezza variabile (da 43 a 100 m) in cui, poi, sono state individuate alcune sezioni trasversali rappresentative a distanze non superiori a 10 m, in corrispondenza delle quali sono stati ricostruiti i profili batimetrici e rilevati i dati di velocità di corrente e di tirante idraulico. In questa fase dello studio sono stati effettuati, inoltre, dei campionamenti ittici utilizzando la tecnica delle passate successive (Moran, 1951; Zippin, 1958), selezionando dei tratti fluviali aventi una lunghezza di 100 m circa. Mediante tale tecnica è stato possibile stimare la densità e la biomassa delle specie ittiche presenti (Marconato, 1990).

Le elaborazioni dei dati hanno permesso la realizzazione delle curve di preferenza per le tre specie ittiche prese in esame: il barbo tiberino (*Barbus tyberinus*, Bonaparte) e il cavedano comune (*Leuciscus cephalus*, Linnaeus), entrambe specie guida della zona del barbo, e la rovella (*Rutilus rubilio*, Bonaparte), specie associata. Tali curve, che riassumono graficamente il livello di gradimento delle tre specie ittiche in relazione a variabili ambientali (Santoro, 1994), sono

state costruite suddividendo gli intervalli di densità e biomassa areale in classi di ampiezza con un incremento di 0,1 m/s nel caso della velocità di corrente e 0,1 m per quanto riguarda l'altezza idrometrica. Per ogni classe sono poi stati utilizzati i valori medi; i dati che si ottengono sono stati infine interpolati tramite polinomiali di quarto ordine. Le matrici dei dati sono risultate composte da 104 osservazioni per il barbo tiberino, 121 per il cavedano comune e 106 per la rovella: i dati utilizzati per la costruzione delle matrici sono costituiti dai valori medi di tratto secondo la procedura proposta da Sempeky e Gaudin (1995).

La fase successiva è costituita dalla realizzazione delle curve di ADP (Area Disponibile Ponderata) (Crosa *et al.*, 1988). A tale scopo sono stati utilizzati i risultati delle simulazioni idrauliche effettuate mediante il software HEC-RAS (Manciola e Mearelli, 2001). Tale software permette il calcolo del profilo del pelo libero dell'acqua nel caso di moto stazionario. Per ciascuna delle sei stazioni di campionamento è stata elaborata una rappresentazione grafica tridimensionale della morfologia dell'alveo fluviale a partire dai dati batimetrici rilevati sul campo, fornendo al programma un valore del coefficiente di Manning, pari a 0,06. La pendenza utilizzata nelle simulazioni è stata quella del tratto di canale a monte di ciascun settore. In tal modo sono state

Parametri ambientali	Tipologia fluviale
	Copertura vegetale delle sponde
	Copertura vegetale del fondo
	Granulometria
	Cover
Parametri fisico-chimici	Lunghezza del tratto (m)
	Larghezza del tratto (m)
	Temperatura (°C)
	D.O. (mg/l)
	D.O.% (%)
	Conducibilità (µS/cm)
	pH (unità di pH)
Parametri idrologici	portata (m <sup>3</sup> /s)
	sezione utile (m <sup>2</sup> )
	velocità media di corrente (m/s)
	profondità media (m)

Tab. 4 - Principali parametri rilevati nelle due fasi di campionamento.

Tab. 4 - Principal parameters measured in the two phases of sampling.

simulate le distribuzioni delle altezze idrometriche, delle velocità e delle superfici relative a profili corrispondenti a valori di portata crescenti.

Il calcolo dell'ADP è stato eseguito applicando una formula semplificata che supera quelle di norma proposte in letteratura (Manciola e Mearelli, 2001):

$$ADP = S * I_h * I_v$$

Dove:

- S indica lo specchio idrico (superficie) del tratto associato alla portata Q;
- I<sub>h</sub> indica l'indice di preferenza per l'altezza idrometrica associata alla portata Q;
- I<sub>v</sub> indica l'indice di preferenza per la velocità di corrente associata alla portata Q.

Il valore di portata associato al livello ottimale di habitat fluviale disponibile per ogni specie ittica di riferimento è stato calcolato tramite le curve di ADP. A questo valore che massimizza l'ADP è stato così assegnato il significato di portata ottimale (Q<sub>ott</sub>) per il perpetuarsi della specie ittica di riferimento (Spigonardi *et al.*, 2005).

Per la realizzazione del modello di regionalizzazione, i valori di portata ottimale, ottenuti dalle curve di ADP per ciascuna delle tre specie ittiche di riferimento, sono stati comparati con alcuni parametri morfo-idrologici di bacino con lo scopo di trovare quello che avesse i più stretti legami funzionali con la portata. L'analisi di regressione tra la Q<sub>ott</sub> e tali parametri morfo-idrologici ha messo in evidenza la presenza della migliore correlazione con la superficie del bacino sotteso (Manciola e Mearelli, 2001), che è stata quindi scelta per la realizzazione del modello di regionalizzazione. Il modello utilizzato è di tipo moltiplicativo, che rispetto ad altri è di più semplice utilizzo ed esente da limitazioni (Manciola e Mearelli, 2001).

$$Q_{ott} = a * S^b$$

Dove:

- a indica l'intercetta con l'asse delle y;
- b indica il coefficiente di regressione;
- S indica il bacino sotteso.

## Risultati

### Curve di preferenza

In figura 1 sono riportate le curve di preferenza delle tre specie ittiche prese in esame per la velocità di corrente. Per quanto riguarda il barbo tiberino, la relazione che descrive la curva di preferenza costruita con i dati di densità è:

$$y = -12,29x^4 + 38,152x^3 - 41,101x^2 + 16,713x - 1,2666,$$

con un valore di massima idoneità pari ad una velocità di 0,34 m/s; la curva realizzata partendo dai dati di standing crop è descritta dall'equazione:

$$y = -18,329x^4 + 47,163x^3 - 43,917x^2 + 16,357x - 1,0935;$$

la massima idoneità corrisponde al valore di 0,34 m/s.

Nel caso del cavedano comune, la curva di preferenza per la densità è definita dall'equazione:

$$y = -17,326x^4 + 47,747x^3 - 44,664x^2 + 14,952x - 0,6291;$$

la massima idoneità si registra per un valore di 0,27 m/s.

La curva ottenuta attraverso i dati di standing crop è descritta dalla relazione:

$$y = 1,1783x^4 - 2,0872x^3 - 1,7151x^2 + 2,4828x + 0,3711,$$

con un valore di massima idoneità pari a 0,47 m/s.

Per ciò che concerne la rovella, infine, la relazione relativa ai dati di densità è la seguente:

$$y = -2,8889x^4 + 14,081x^3 - 19,595x^2 + 8,5503x - 0,1607;$$

il valore di velocità di corrente che rende massima tale curva è pari a 0,32 m/s. La curva costruita per lo standing crop segue l'equazione:

$$y = -1,7661x^4 + 10,811x^3 - 17,371x^2 + 8,7263x - 0,3652;$$

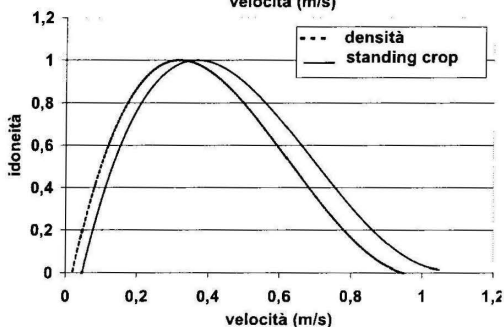
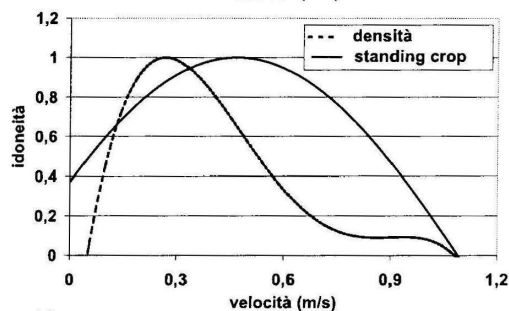
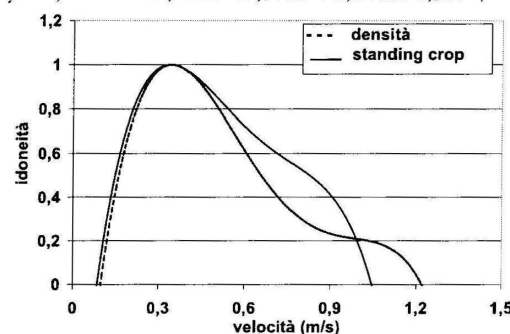


Fig. 1 - Curve di preferenza del barbo tiberino (a), del cavedano comune (b) e della rovella (c) per la velocità di corrente.

Fig. 1 - Preference curves of the Barbus tyberinus (a), the Leuciscus cephalus (b) and the Rutilus rubilio (c) in terms of current speed.

il valore di massima idoneità si registra ad una velocità di 0,37 m/s.

In figura 2 sono riportate le curve di preferenza delle tre specie ittiche prese in esame per il tirante idraulico. Nel caso del barbo tiberino la curva di preferenza costruita utilizzando la densità è definita dall'equazione:

$$y = -5,6142x^4 + 20,4x^3 - 23,637x^2 + 8,709x + 0,001;$$

il valore di profondità che rende massima la curva è pari a 0,27 m. Con i dati di standing crop si ottiene una curva descritta dalla relazione:

$$y = -3,9339x^4 + 15,217x^3 - 19,058x^2 + 7,7873x + 0,001;$$

il massimo della curva corrisponde ad una profondità di 0,30 m.

Per ciò che concerne il cavedano comune, la relazione ottenuta dai dati di densità è la seguente:

$$y = -5,364x^4 + 19,542x^3 - 22,824x^2 + 8,5466x - 0,001;$$

il valore di profondità che rende massima tale curva è pari a 0,27 m. La curva costruita per lo standing crop segue l'equazione:

$$y = -1,7661x^4 + 7,9457x^3 - 11,957x^2 + 6,1235x - 0,001;$$

il valore di massima idoneità si registra ad una profondità di 0,39 m.

Per quanto riguarda la rovella, la curva di preferenza relativa ai dati di densità segue l'equazione:

$$y = -4,066x^4 + 16,158x^3 - 20,469x^2 + 8,1241x + 0,001;$$

il valore di massima idoneità corrisponde ad una profondità di 0,29 m. La curva costruita mediante l'utilizzo dello standing crop è definita dall'equazione:

$$y = -2,7221x^4 + 11,689x^3 - 16,233x^2 + 7,2114x + 0,001;$$

la massima idoneità si registra ad una profondità di 0,32 m.

Nelle figure 3-8 sono rappresentate le curve di ADP delle tre specie considerate per i sei tratti fluviali considerati.

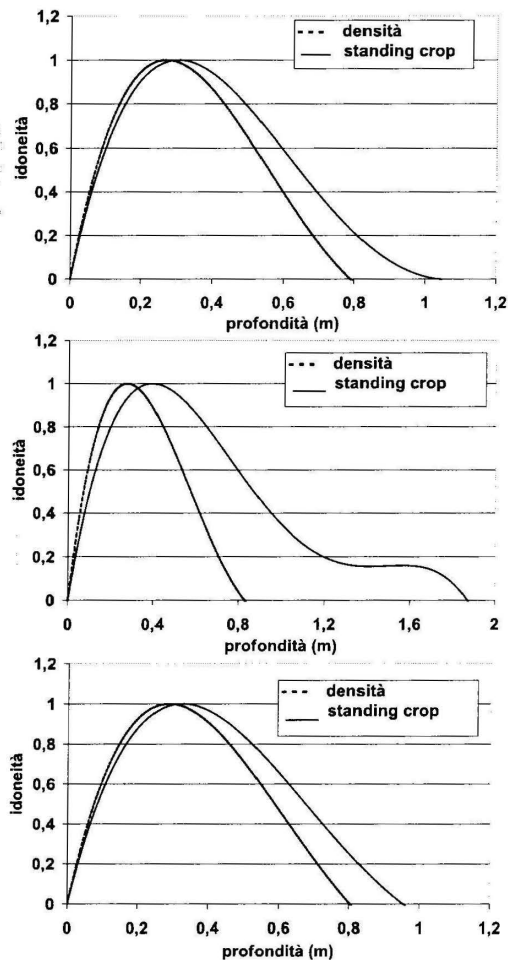


Fig. 2 - Curve di preferenza del barbo tiberino (a), del cavedano comune (b) e della rovella (c) per il tirante idraulico.

Fig. 2 - Preference curves of the *Barbus tyberinus* (a), the *Leuciscus cephalus* (b) and the *Rutilus rubilio* (c) in terms of depth.

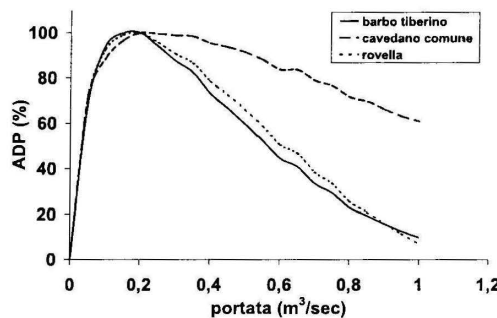
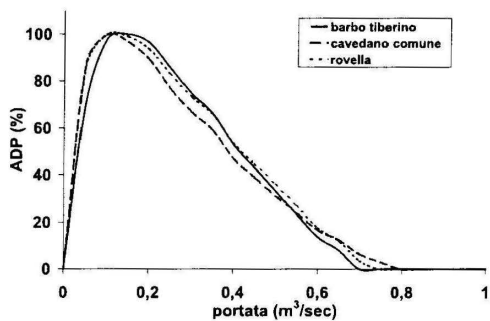


Fig 3 - Curve di ADP delle tre specie considerate per il fosso Abbadia (a = densità; b = standing crop).

Fig 3 - ADP curves of the three species considered at Abbadia trench (a = density; b = standing crop).

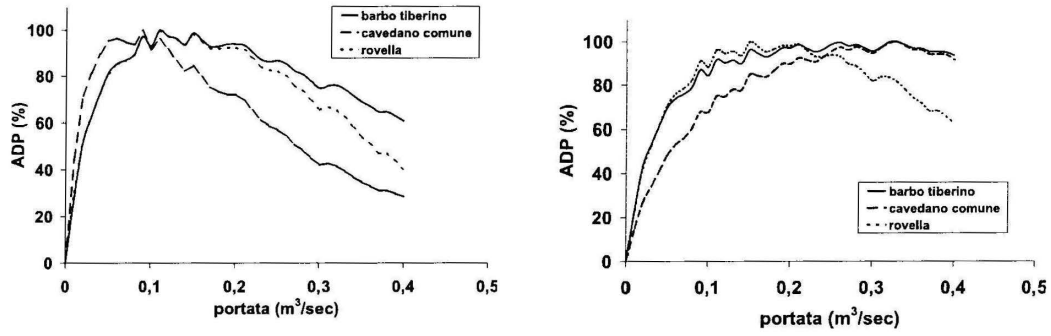


Fig. 4 - Curve di ADP delle tre specie considerate per il fosso Albero La Nona (a = densità; b = standing crop).  
 Fig. 4 - ADP curves of the three species considered at Albero La Nona trench (a = density; b = standing crop).

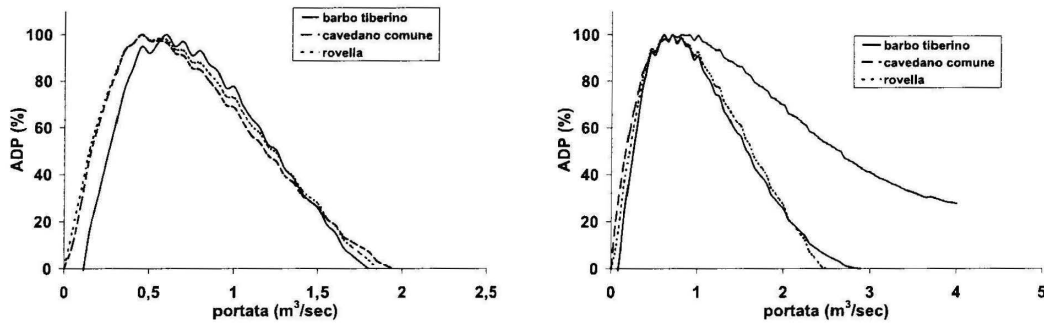


Fig. 5 - Curve di ADP delle tre specie considerate per il fiume Chiani in località Ponte S. Maria (a = densità; b = standing crop).  
 Fig. 5 - ADP curves of the three species considered in the river Chiani at Ponte S. Maria (a = density; b = standing crop).

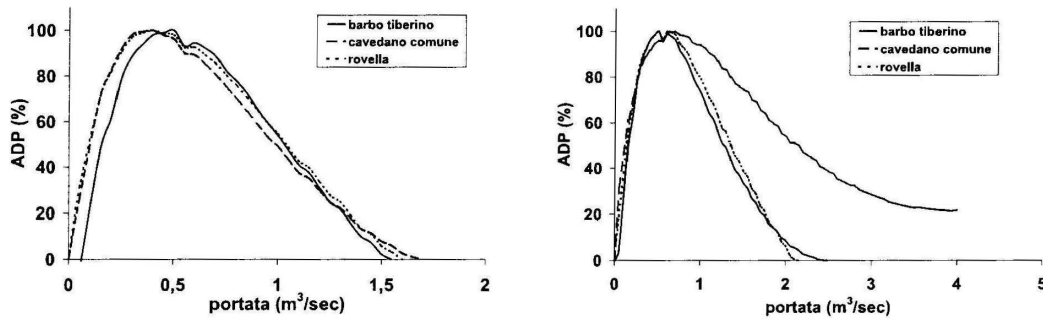


Fig. 6 - Curve di ADP delle tre specie considerate per il fiume Chiani in località Ponte Osteria (a = densità; b = standing crop).  
 Fig. 6 - ADP curves of the three species considered in the river Chiani at Ponte Osteria (a = density; b = standing crop).

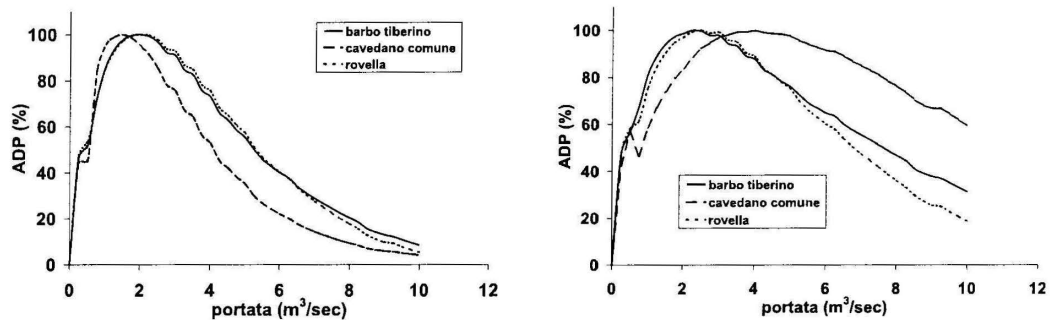


Fig. 7 - Curve di ADP delle tre specie considerate per il fiume Chiani in località Morrano (a = densità; b = standing crop).  
 Fig. 7 - ADP curves of the three species considered in the river Chiani at Morrano (a = density; b = standing crop).

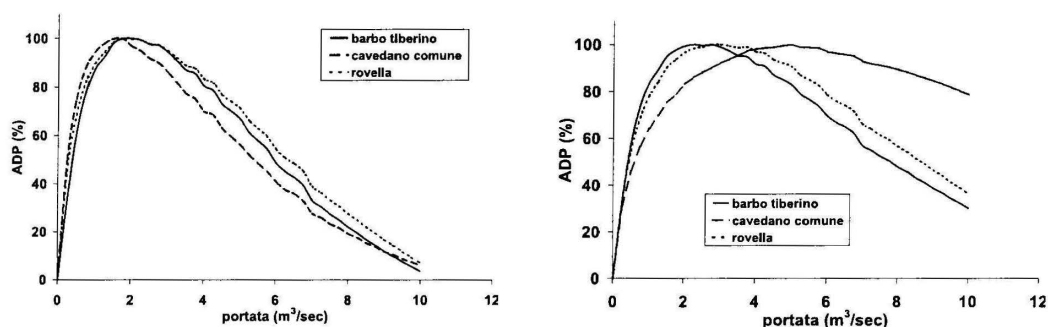


Fig. 8 - Curve di ADP delle tre specie considerate per il fiume Paglia (a = densità; b = standing crop).  
 Fig. 8 - ADP curves of the three species considered in the river Paglia (a = density; b = standing crop).

In figura 9 sono riportati i modelli di regionalizzazione delle tre specie ittiche considerate per i sei tratti fluviali del bacino del fiume Paglia, ottenuti dai dati di densità e dello standing crop. Per quanto riguarda la densità la relazione che ne descrive l'andamento in funzione del bacino sotteso è la seguente:  $y = 0,0078x^{0,822}$  ( $R = 0,8965$ ); per ciò che concerne lo standing crop, invece, l'equazione è la seguente:  $y = 0,0199x^{0,7383}$  ( $R = 0,807$ ). Viene confermata la buona correlazione tra le portate ottimali con la superficie sottesa dei tratti fluviali, già emersa in precedenti ricerche (Manciola e Mearelli, 2001) e ciò testimonia la validità del modello. Mettendo a confronto i due modelli si osserva come, a parità di bacino sotteso, lo standing crop sia spostato su valori di portata ottimale superiori rispetto alla densità.

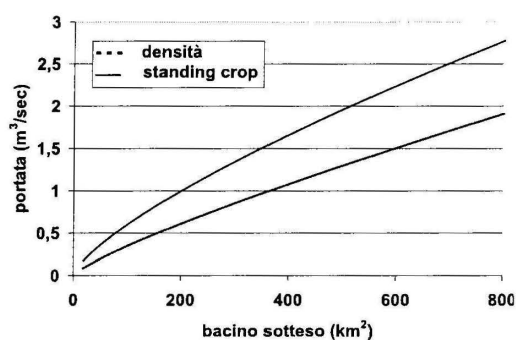


Fig. 9 - Modello di regionalizzazione per il bacino del fiume Paglia.  
 Fig. 9 - Regionalisation model for the river Paglia basin.



## Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti hanno permesso la realizzazione di curve di preferenza relative alle tre specie prese in esame, costruite rispetto alla velocità di corrente e al tirante idraulico. Rispetto allo studio metodologico condotto nel 1997 per l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, in cui le curve per la zona del barbo risultavano incomplete (Autorità di Bacino del Fiume Tevere, 1997), è possibile notare un notevole progresso rispetto al passato. La ricerca non ha la pretesa di essere esaustiva, ma rappresenta un ulteriore passo verso la definizione di un modello per la stima del DMV valido per l'intero bacino del fiume Tevere. Futuri contributi potranno ulteriormente affinare i risultati. L'utilizzo della biomassa areale, oltre alla densità, ha permesso di effettuare un confronto sulla validità dei risultati ottenuti e rappresenta un contributo innovativo rispetto al passato. Mediante le curve di preferenza sono state elaborate le curve di ADP per le sei stazioni considerate nel bacino del fiume Paglia. In tutti i casi esaminati le curve assumono un andamento unimodale, permettendo così di poter determinare il valore di portata che massimizza la superficie disponibile ponderata e che è definito come valore di  $Q_{opt}$  (Manciola e Mearelli, 2001; Spigonardi *et al.*, 2005). Mettendo a confronto le curve ottenute mediante la densità e lo standing crop, si può osservare come, in quest'ultimo caso, si assista ad un generale spostamento delle curve verso valori di portata ottimale più elevati rispetto a quelli ottenuti partendo dalla densità. Ciò è giustificato dal fatto che la biomassa areale esalta la presenza di esemplari più anziani e di maggior taglia; la densità, al contrario, appare più sensibile alla presenza delle specie di piccole dimensioni e di individui più giovani.

Per la realizzazione dei modelli di regionalizzazione sono stati utilizzati solo i 6 casi relativi al bacino del fiume Paglia; per questo motivo i modelli ottenuti per la densità e lo standing crop non possono essere considerati come definitivi e validi per l'intero bacino del fiume Tevere, ma piuttosto rappresentano un ulteriore contributo da aggiungere ai precedenti. La ricerca ha comunque confermato la validità dell'impostazione metodologica utilizzata (La Porta *et al.*, 1999; Manciola e Mearelli, 2001) e quindi risulta un ulteriore progresso per la realizzazione di un modello più generale e valido per tutti i corsi d'acqua della zona del barbo del bacino del Tevere.

## Bibliografia

- ANTONIETTI R., MARCHIANI C., GOZZI S., 1998. Alcune esperienze in corsi d'acqua appenninici. Atti XIX Congresso Nazionale S.It.E: EAEME International Workshop "Minimum River Flow: solution for complex problems", 21 pp.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE, 1997. Studio delle popolazioni ittiche per la definizione metodologica delle portate di minimo vitale nel bacino idrografico del F. Tevere, Rapporto tecnico, 314 pp.
- BOVEE K. D., 1998. Stream Habitat Analysis Using Instream Flow Incremental Methodology. U. S. Geological Resources Division Midcontinent Ecological Science Center, 91 pp.
- CROSA G., COTTA-RAMUSINO M., MARCHETTI R., 1988. Determinazione delle portate minime necessarie per la tutela della vita acquatica in corsi d'acqua soggetti a derivazioni o ritenute. *Acqua e Aria*, 7: 839-850.
- FORNERIS G., PEROSINO G. C., PINTOR N. P., 1990. Conseguenze delle captazioni idriche sugli ecosistemi fluviali (situazione attuale e proposte di regolamentazione per il territorio piemontese). Provincia di Torino, 17 pp.
- MANCIOLA P., MARTINI P., UBERTINI L., 1994. Significato del deflusso minimo vitale e sua determinazione per un corso d'acqua dell'Italia centrale. *Idrotecnica*, 2: 79-91.
- MANCIOLA P., MEARELLI M., 2001. Il deflusso minimo vitale nel bacino del fiume Tevere. Atti Hydro GEO Rilevamento e tutela del territorio, 289-301.
- MARCHETTI R., CROSA G., RAMISINO M.C., 1991. Applicazione del metodo sperimentale Phabsim per la valutazione della portata minima: caso del fiume Toce. *Inquinamento*, 11: 68-74.
- MARCONATO A., 1990. Calcolo della produzione ittica in popolazioni naturali. *Rivista di idrobiologia*, 29(1): 329-341.
- MEARELLI M., GIOVINAZZO G., LORENZONI M., COSTANTINI L., 1996a. Contributo alla carta ittica della Regione Umbria: caratterizzazione ambientale e comunità ittiche di alcuni bacini del Tevere umbro. Atti IV Convegno A.I.I.A.D., 259-270.
- MEARELLI M., LORENZONI M., CAROSI A., GIOVINAZZO G., PETESSE M. L., GHETTI L., MONTILI G., ANZINI L., DI EMILIO G., ZAMPA O., RUCO P., NELLI P., 1996b. Carta ittica della Regione Umbria. Bacini del T. Chiani e del F. Paglia. Regione dell'Umbria, 167 pp.
- MORAN P. A. P., 1951. A mathematical theory of animal trapping. *Biometrika*, 38: 307-311.

- LA PORTA G., MEARELLI M., LORENZONI M., MANCIOLA P., MAIO G., SALVIATI S., MARCONATO E., GORETTI M., TERRANOVA I., SCHIAVELLA P., 1999. Deflussi Minimi Vitali del bacino del fiume Tevere: criteri biologici per la trasformazione delle variabili ambientali ed idrauliche. Atti IX Congresso Nazionale S.It.E., 96-97.
- RENOLDI M., TORRETTA V., VISMARA R., 1995. Gestione ecologica dei fiumi: il problema della portata minima vitale. *Ingegneria*, 22: 138 pp.
- SALSI G., SALSI A., ROMANÒ A., 1997. Applicazione di metodologie finalizzate alla stima del Deflusso Minimo Vitale in due corsi d'acqua dell'Appennino Reggiano. Convegno Nazionale AGAC, Reggio Emilia.
- SANTORO M., 1994. Relazione generale sul minimo vitale. Simposio dell'Associazione Idrotecnica Italiana su "Acqua e ambiente".
- SEMPESKY P., GAUDIN P., 1995. Etablissement de corbes de preferences d'habitat pour les frayeres et les jeunes stades d'homme commun (*Thymallus thymallus L.*). *Bull. Fr. Peche piscic.*, 337-339: 277-282.
- SPIGONARDI M.P., LA PORTA G., LORENZONI M., MEARELLI M., 2005. Valutazione della sostenibilità della riduzione delle portate idriche rispetto ai valori di minimo vitale nel bacino del fiume Tevere. Atti XV Congresso Nazionale S.It.E.
- VISMARA R., AZZELLINO A., RENOLDI M., 1999a. Deflusso Minimo Vitale: problematiche ed esperienze italiane. *Ingegneria Ambientale*, 28(2): 88-103.
- VISMARA R., AZZELLINO A., BOSI R., GENTILI G., RENOLDI M., TORRETTA V., 1999b. Portata minima vitale: analisi delle problematiche, delle esperienze e delle proposte. Rapporto prodotto per il Ministero dei Lavori Pubblici direzione generale della difesa del suolo, 179 pp.
- ZIPPIN C., 1958. The removal method of population estimation. *J. Wild Mgmt*, 22: 82-90. Tab. 4 - Principal parameters measured in the two phases of sampling.