

ROBERTO LORO E MARCO ZANETTI

Bioprogramm s.c.r.l.
via Jappelli, 9 - Padova
via Garibaldi, 192 - Oderzo
via Modena, 5 - Padova

APPROCCI METODOLOGICI ALLO STUDIO DELLA PRODUZIONE ITTICA DELLE ACQUE INTERNE

Una delle componenti di un ecosistema fluviale, spesso poco considerata negli studi ecologici, è il popolamento ittico. Il riconoscimento e l'analisi di tale ambito richiede personale specializzato ed uno studio estremamente laborioso e dispendioso, in particolare quando si desidera valutarne la consistenza e la dinamica.

Nella realtà infatti gli stock ittici tendono ad avere delle variazioni ampie nella loro consistenza, per una serie di cause naturali (migrazioni, trofismi, riproduzione, mortalità) o di origine antropica (pressione di pesca, inquinanti, alterazioni morfo-idrologiche).

L'acquisizione di un quadro esauriente della distribuzione della popolazione ittica e la determinazione numerica dei parametri trofici fondamentali necessita di una serie progressiva di indagini sul campo per un intervallo di tempo che copra almeno un ciclo stagionale.

In questa breve nota si inquadreranno i capisaldi per la valutazione della biomassa e della produzione ittica di un corpo idrico e la procedura per il calcolo della produzione ittica teorica in quei casi in cui sia necessario avere delle indicazioni ma non sia possibile effettuare tutti gli accertamenti necessari per una valutazione rigorosa della stessa.

La biomassa ittica rappresenta la quantità espressa secondo diverse formulazioni, di un popolamento per unità di superficie. Comunemente si usa esprimerla in Kg/mq o gr/mq.

La sua stima può essere effettuata in diversi modi, ne vedremo uno rigoroso nella trattazione della produzione ittica, scelti in base alle necessità e al programma di lavoro predisposto. È chiaro come il miglior risultato si abbia raccogliendo tutto il materiale ittico presente nella superficie di studio, ma poiché ciò è quasi sempre impossibile, si ricorre a delle stime. In particolare ci soffermeremo su due metodologie.

La più diffusa stima l'abbondanza di una popolazione attraverso il metodo della cattura-ricattura. Essa si basa sull'ipotesi che se una parte di un insieme di oggetti (in questo caso pesci) viene contraddistinta dal rimanente (marcatura) ed ha una distribuzione completamente casuale all'interno insieme, la stima della numerosità della popolazione può essere così ricavata:

$$N = \frac{m \cdot c}{r}$$

dove:

N = numero di pesci nella popolazione;

m = numero di pesci marcati nella popolazione;

c = numero di pesci nel campione;

r = numero di pesci marcati in c;

Per un quadro completo di tale argomento si rimanda a (Bagenal, 1978).

L'altro metodo qui proposto è rappresentato dall'ecosurvey. Le risposte che si possono ottenere utilizzando gli strumenti idroacustici sono molto buone, ma il numero di informazioni ottenibili è direttamente proporzionale all'esperienza dell'operatore e al grado di risoluzione del sonar (Marchal, 1985). Il suo utilizzo è, almeno per quel che riguarda l'ambito italiano, limitato al solo ambiente ma-

rino. Gli autori lo hanno utilizzato in ambiente lacustre, per il rilevamento di branchi di pesce da catturare con le reti per studi di dinamica di popolazione e stime di abbondanza.

Quando si studia una popolazione ittica si è interessati a conoscere, oltre alla dimensione dello stock (biomassa), anche la capacità di sostituire per mezzo della crescita, il materiale rimosso dall'ambiente (produzione). Questa informazione permette di definire l'intensità di utilizzazione della risorsa ittica senza pericolo di una sua drastica diminuzione.

La produzione ittica è comunemente definita come la quantità elaborata dai tessuti dei pesci durante un intervallo di tempo Δt , inclusa quella relativa agli individui che non sopravvivono fino alla fine dell'intervallo di tempo (Ivlev, 1966), e rappresenta una quantità variabile difficilmente misurabile in modo diretto.

Solo in condizioni di esperimento controllato è possibile infatti valutare le perdite dovute a morte, migrazione del pesce o all'energia residua dispersa attraverso i cataboliti o i prodotti sessuali.

Per questo si è soliti ricorrere a metodi indiretti di stima attraverso la valutazione del numero e taglia degli individui di una popolazione in una serie di intervalli di tempo.

La produzione viene espressa in diversi modi: peso fresco, peso secco, contenuto di azoto, contenuto di energia (Kcal, erg).

Nel modello riportato da Ricker (Ricker, 1946) si definisce la produzione durante Δt con $P = G\bar{B}\Delta t$ dove G rappresenta il tasso di accrescimento istantaneo e viene considerato costante nel tempo. Conseguentemente, conoscendo il tasso di mortalità istantaneo Z e assumendolo anch'esso come costante, è possibile valutare la biomassa ittica media per un dato periodo di tempo.

Le formule di calcolo relative ai parametri G , Z sono le seguenti:

$$G = \frac{\ln \bar{W}_2 - \ln \bar{W}_1}{\Delta t}$$

$$Z = \frac{-(\ln N_2 - \ln N_1)}{\Delta t}$$

dove: \bar{W}_2, \bar{W}_1 = peso di un individuo al tempo t_2 e t_1 ;

N_2, N_1 = numero di individui al tempo t_2 e t_1 ;

In realtà Z e G raramente mantengono un andamento esponenziale durante il corso della vita di un individuo, ma tali assunzioni appaiono ammissibili se l'intervallo di tempo tra i due rilevamenti è abbastanza piccolo.

La differenza $G-Z$ rappresenta il tasso netto di accrescimento in biomassa in un intervallo di tempo Δt . Mantenendo l'asserzione di un andamento esponenziale dello stock ittico il valore di B può essere calcolato secondo:

$$\bar{B} = \frac{B_1 (\exp(G-Z)\Delta t - 1)}{(G-Z)\Delta t} \quad \text{se } G > Z$$

$$\bar{B} = \frac{B_1 (1 - \exp(-(Z-G)\Delta t))}{(Z - G)\Delta t} \quad \text{se } Z < G$$

Qualora le assunzioni precedenti non siano accettabili si può far ricorso a modelli matematici diversi (Ricker, 1975).

Nel caso in cui non sia possibile stimare l'andamento reale dei parametri G e Z , si può allora ricorrere al metodo grafico di stima della produzione e biomassa (Allen, 1950).

I parametri necessari riguardano la numerosità della popolazione (N_t) e il peso medio di un individuo (\bar{W}) calcolati in tempi diversi. Ponendoli in grafico si costruisce una curva di stima della popolazione (Fig. 1).

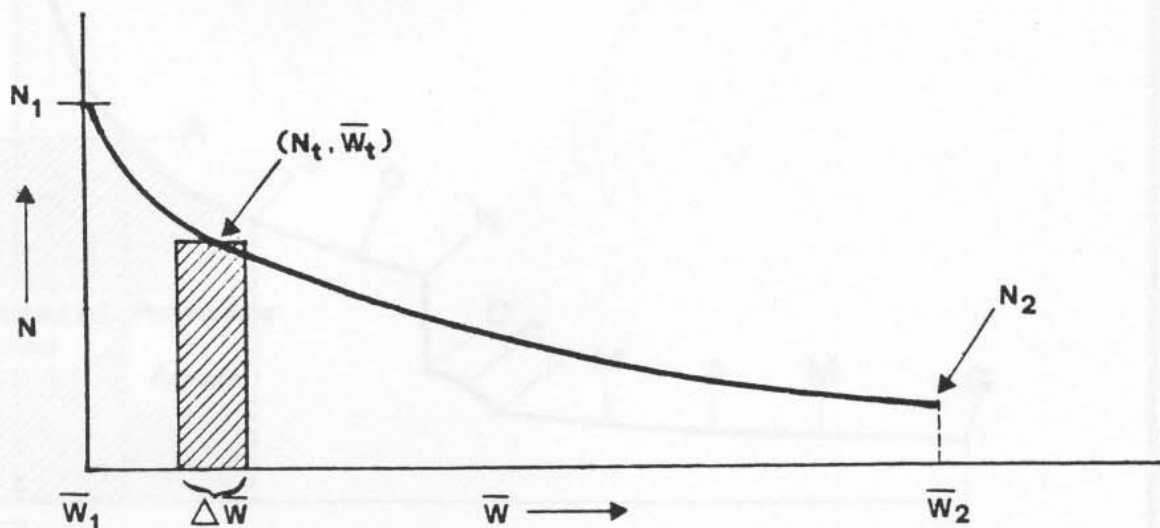


Fig. 1. Curva teorica per la stima grafica della produzione

La produzione, qualora l'intervallo di tempo sia piccolo, è uguale a $N\Delta W$ rappresentato dal rettangolo tratteggiato. Se il valore Δt è molto piccolo, anche ΔW sarà piccolo ovvero tenderà a 0; perciò la produzione tra due tempi t_1 e t_2 definibile come Nw sarà espressa dall'integrale:

$$\int_{w_1}^{w_2} N_t \, dw$$

Matematicamente questa espressione indica l'area compresa tra la curva e l'asse della X.

Nella Fig. 2 viene riportato un esempio grafico di una ipotetica curva. In questo caso nell'arco di un anno si sono effettuati 12 campionamenti, uno al mese.

Disponendo i punti su un asse cartesiano si possono congiungere i punti ($N_t; w_t$) ottenendo così la curva di stima della popolazione.

Nella Fig. 2 sono riportate due aree. La prima, compresa tra il punto di campionamento di Agosto e quello di Settembre indica la produzione ittica del mese di Agosto; la seconda, compresa tra l'asse delle ordinate e il campionamento di Agosto, indica la biomassa ittica fino a tale data.

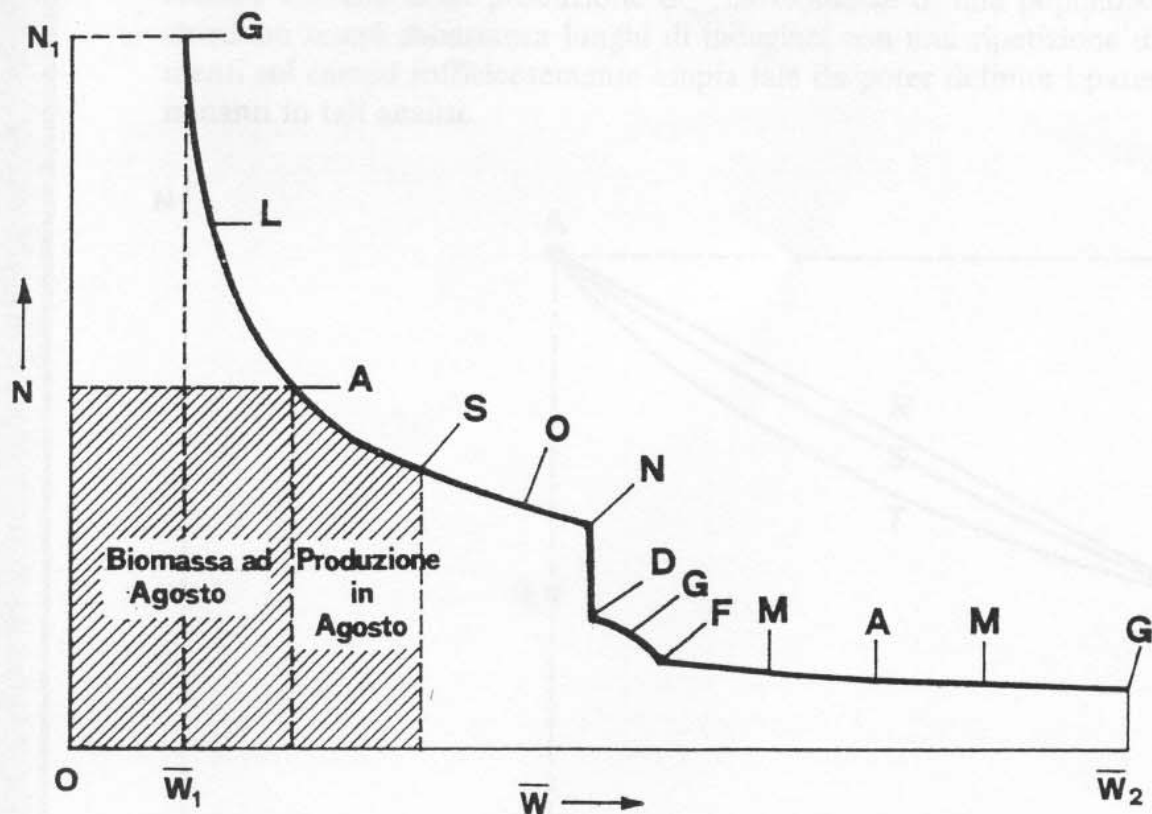


Fig. 2. Andamento mensile della numerosità e del peso medio di una popolazione di pesci, illustrato secondo il metodo grafico di calcolo della produzione.

Molto spesso si hanno a disposizione solo un numero limitato di campionamenti oppure l'intervallo di tempo intercorso tra due campionamenti successivi è così ampio che non è possibile prevedere direttamente quale sarà l'andamento della curva. In questo caso è necessario avere delle informazioni supplementari sull'andamento di G e di N_t per poter tracciare una curva che realisticamente si avvicini alla dinamica della popolazione.

Nella fig. 3 sono riportate le diverse curve che possono congiungere i punti A e B . Esistono chiaramente due casi limite, definiti dalle spezzate APB e AQB per le quali o non esiste mortalità fino alla taglia W_b (APB) oppure la mortalità avviene totalmente dopo la taglia W_a . All'interno di questi due estremi esistono queste altre possibilità:

- ARB = i due punti A e B vengono connessi con una linea retta;
- ASB = N decresce esponenzialmente e w cresce in modo lineare;
- ATB = sia N che w cambiano in modo esponenziale (G e Z costanti)

Curve del tipo ATB sono tipiche per popolazioni ittiche giovanili mentre quelle del tipo ASB ben si adattano a pesci più vecchi nei quali gli accrescimenti in peso tendono ad avere un andamento lineare di anno in anno.

Da quanto brevemente riportato risulta evidente come i tempi per una valutazione corretta della produzione e della biomassa di una popolazione ittica richiedano tempi abbastanza lunghi di indagine, con una ripetizione di campionamenti sul campo sufficientemente ampia tale da poter definire i parametri determinanti in tali analisi.

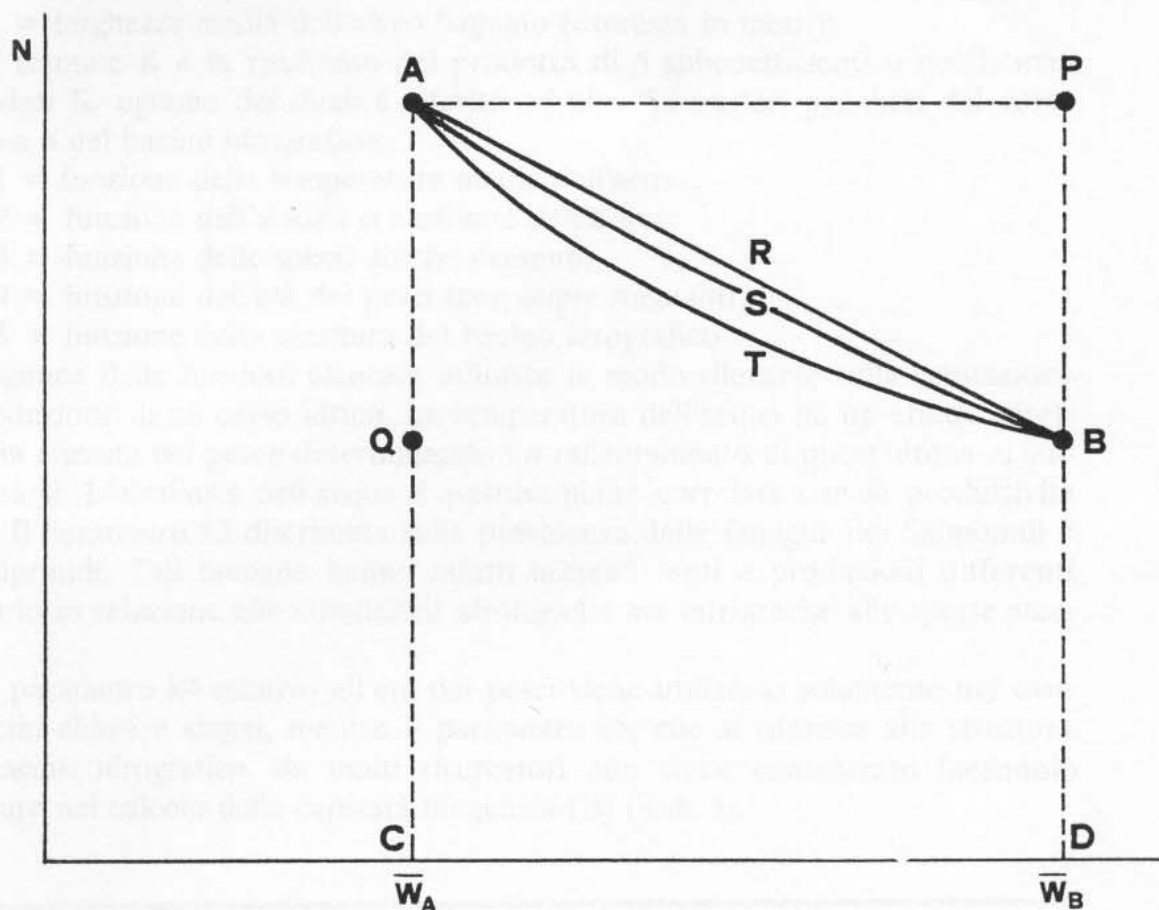


Fig. 3. Metodi di interpolazione di due punti su una curva di Allen.

Nella realtà invece ci si trova costretti a valutazioni in tempi alquanto ridotti, con mezzi tecnici ed economici scarsi oppure in presenza di una realtà già trasformata dall'evento di cui si vuole valutare l'impatto: ad esempio la definizione di danno di una certa opera o intervento antropico. Si ha perciò necessità di utilizzare strumenti e metodi il più possibile semplici, veloci e che attraverso l'uso di parametri anche empirici permetta di avvicinarsi con buona approssimazione alla realtà di fatto esistente.

Si può ricorrere alla valutazione della produttività ittica teorica, definita come quantità stimata di pesce che un corso d'acqua può produrre annualmente, utilizzando degli indici empirici. La formula più in uso è quella legata a Leger corretta ed integrata in tempi successivi da Huet e Arrignon (Huet, 1949; Arrignon, 1976), la quale permette una grossolana classificazione dei corsi idrici dal punto di vista ittico:

$$P = K \times B \times L$$

dove:

P = produttività annua teorica (espressa in Kg/Km);

K = coeff. di produttività;

B = capacità biogenica (scala da 1 a 10);

L = larghezza media dell'alveo bagnato (espressa in metri);

Il termine K è la risultante del prodotto di 5 subcoefficienti o coefficienti secondari K, ognuno dei quali è riferito ad alcuni caratteri peculiari del corso d'acqua o del bacino idrografico:

k1 = funzione della temperatura media dell'acqua;

k2 = funzione dell'acidità o alcalinità dell'acqua;

k3 = funzione delle specie ittiche presenti;

k4 = funzione dell'età dei pesci (per acque stagnanti);

k5 = funzione della struttura del bacino idrografico.

Ognuna delle funzioni elencate influisce in modo rilevante sulla valutazione di produzione di un corso idrico. La temperatura dell'acqua ha un effetto diretto sulla crescita del pesce determinando un rallentamento di quest'ultima al suo abbassarsi. L'alcalinità dell'acqua è positivamente correlata con la produttività ittica. Il parametro k3 discrimina sulla prevalenza delle famiglie dei Salmonidi e dei Ciprinidi. Tali famiglie hanno infatti accrescimenti e produzioni differenti non solo in relazione alle condizioni idrologiche ma intrinseche alle specie stesse.

Il parametro k4 relativo all'età dei pesci viene utilizzato solamente nel caso di bacini chiusi e stagni, mentre il parametro k5, che si riferisce alla struttura del bacino idrografico, da molti ricercatori non viene considerato facendolo rientrare nel calcolo della capacità biogenica (B) (Tab. 1).

K1 Car. fisiche dell'habitat	K2 Car. chimiche dell'habitat	K3 Specie ittiche	K4 Età dei pesci	K5 Tipo di impluvio
Reg. temperate (10°C) = 1	Acque acide = 1	Salmonidi = 1		Urbano continuo = 0,2-0,5
Reg. temperate calde (16°) = 2		Ciprinidi reofili = 1,5	Più di 6 mesi = 1	Urbano diffuso = 0,5-1
Reg. intertro- picale (22°) = 3	Acque alcaline = 1,5		Meno di 6 mesi = 1,5	Pascolo = 1,1-1,3
Reg. equatoria- le (24°) = 4		Ciprinidi acque calde = 2		Foreste = 1,4-1,8

Tab. 1. Valori dei coefficienti di produttività.

Il parametro B (capacità biogenica) è l'espressione del valore nutritivo di un'acqua, esaminata dal punto di vista dell'alimentazione dei pesci. Si esprime con un valore numerico in una scala da 1 a 10. In tal modo si classificano le acque dolci in tre categorie di produzione:

- 1) acque povere con una capacità biogenica compresa tra I e III;
- 2) acque medie con una capacità biogenica compresa tra IV e VI;
- 3) acque ricche con una capacità biogenica compresa tra VII e X.

L'espressione numerica dell'indice B deriva da una valutazione soggettiva del ricercatore il quale attraverso una attenta osservazione dei caratteri morfologici, pedologici e forestali del bacino imbrifero, idrologici, chimico-fisici delle acque, vegetazionali e zoobentonici del corso idrico, stila un giudizio di produttività dando un valore a B. Poiché tale indice risulta legato all'esperienza del ricercatore, e quindi passibile di difetti di stima, sono stati proposti alcuni procedimenti di taratura per la standardizzazione di questo parametro (Loro e al., 1990). Nello studio della Carta Ittica della Provincia di Treviso si è utilizzato in via sperimentale il Coefficiente di Attitudine Biogena (Cb2) di Verneaux.

Questo metodo, proposto da Verneaux nel 1981, costituisce un tentativo di approccio matematico per la valutazione dell'attitudine di un corso d'acqua a produrre macrozoobenthos e quindi, indirettamente, biomassa ittica.

La metodologia di campionamento e la procedura di classificazione è simile a quella per il calcolo dell'indice E.B.I. anche se in questo ultimo caso la rilevazione sistematica si ferma alla famiglia. Il protocollo standard prevede 135 unità tassonomiche, di cui 92 dotate di indice unitario (i), mentre le restanti 43 hanno un interesse soltanto per il calcolo della ricchezza faunistica globale.

L'indice Cb2 originario viene calcolato secondo la seguente formula matematica:

$$Cb2 = I_n + I_v \cdot 0.25$$

dove:

$$I_n = 1.21 \cdot (\sum_i^k i) / k$$

$$I_v = 0.22N$$

N = numero totale delle unità sistematiche del campione;

n = numero delle unità sistematiche indicatrici, rappresentate da almeno 3 individui;

k = gli n/4 delle unità sistematiche che presentano gli indici (i) più elevati. k è approssimato all'intero per eccesso.

Questo protocollo è stato da noi modificato nella valutazione delle unità sistematiche indicatrici e totali non in base alla presenza di almeno tre individui, ma secondo le indicazioni relative alla predisposizione di un organismo ad essere trasportato a valle dalla corrente (drift).

Il valore di Cb2 viene arrotondato all'unità o alla semiunità più prossima secondo scale di valori diverse, da 0 a 20, da 0 a 100, da 0 a 10.

Nel lavoro riportato è stata adottata la scala da 0 a 10 per permetterne il confronto con i valori della capacità biogenica (B).

Ottenuto un valore di produttività teorica media, è possibile stimare la biomassa ittica media sulla base delle esperienze acquisite in diversi corpi idrici con popolazione prevalente a Salmonidi o a Ciprinidi. Per i popolamenti salmonicoli ad acque fredde vale la relazione $P = 1,5 \cdot B$, mentre in acque più calde il fattore moltiplicativo si colloca tra 1,7 e 2,0 (Chapman, 1978).

Per i popolamenti ciprinicoli prevalenti il fattore di moltiplicazione si pone tra valori di 0,6 e 1,1. (Mathews, 1970).

Da questa breve discussione si evince come le metodologie utilizzabili per una conoscenza dei parametri ittiologici di maggior interesse, siano ampie ed anche sufficientemente articolate nei tempi di realizzazione. Sta a questo punto al ricercatore la scelta del metodo che più realisticamente gli permette di trarre delle conclusioni sulla base delle ipotesi che si propone. In particolare teniamo a sottolineare come sia possibile stimare l'impatto di un certo evento anche dopo che esso sia avvenuto.

Bibliografia

- ARRIGNON J.. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. 3^a ed., Gauthier-Villars, 1976.
- BAGENAL T.. Methods for assessment of fish production in fresh waters. 3^a ed., Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, pp. 365, 1978.
- CHAPMAN D.W.. Production in fish populations. In: Ecology of fish population, 5-25 (Ed. Shelby D. Gerking), Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, pp. 519, 1978.
- HUET M.. Appréciation de la valeur piscicole des eaux douces. *Tx Stat. Rech. Groenendaal*, D, 10, 1949.
- IVLEV V.S.. The biological productivity of waters, *J. Fish. Res. Bd. Can.* 23:1727-1759, 1966.
- LORO R., ZANETTI M., TURIN P.. Carta ittica: carta di qualità delle acque. Rilevazioni idrologiche, chimico-fisiche e biologiche dei corsi idrici di interesse ittico (1988-1989). 1° stralcio: relazioni e cartografia. Amm. Provinciale di Treviso, 1990.
- MATHEWS C.P.. Estimates of production with reference to general surveys. *Oikos* 21:129-133, 1970.
- RICKER W.E.. Production and utilization of fish populations. *Ecol. Monogr.* 16:373-391, 1946.
- RICKER W.E.. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 191, pp. 382, 1975.

ATTI METODOLOGICI ALLO STUDIO
DELLA PRODUZIONE ITTICA
DELLE ACQUE INTERNE