

Gruppo Azione Locale



Sibillini  Umbria



*Provincia di Perugia*



*Università degli Studi di Perugia*

*Dipartimento di Biologia Animale Ed Ecologia*

**MONITORAGGIO DELLA POPOLAZIONE DI TROTA FARIO DEL FIUME NERA,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AL TRATTO A REGOLAMENTO SPECIFICO.**

**MONITORAGGIO DELLA POPOLAZIONE DI TROTA FARIO DEL FIUME NERA,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AL TRATTO A REGOLAMENTO SPECIFICO.**

Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia  
Università di Perugia

Lorenzoni Massimo  
Carosi Antonella  
Giovinazzo Giancarlo  
Pedicillo Giovanni  
Romagnoli Francesco  
Mearelli Mario

Provincia di Perugia

Natali Mauro  
Biscaro Parrini Antonio  
Bonaria Marco  
Dolciami Romano  
Mezzetti Andrea

## INDICE

Introduzione	3
Materiali e metodi	5
Risultati	14
Conclusioni	30
Bibliografia	34

## INTRODUZIONE

In questi ultimi anni si è diffusa tra molti pescatori sportivi una nuova coscienza ecologica che li ha resi maggiormente consapevoli del ruolo che possono rivestire nella gestione e nella difesa degli ecosistemi acquatici. Si è andata quindi affermando sempre più la domanda di spazi dove praticare metodi di pesca maggiormente rispettosi delle risorse ittiche ed alternativi alle pratiche tradizionali. Un esempio di tale approccio gestionale è la cosiddetta pesca "No Kill". All'interno delle zone No Kill si adotta il cosiddetto "catch and release" ovvero il "prendi e rilascia". Attraverso tale pratica di pesca il pesce non può essere trattenuto, ma va rilasciato immediatamente dopo la cattura, che deve arrecargli il minor danno possibile. Per essere praticato correttamente il catch and release prevede una serie di regole:

1. Usare ami senza ardiglione. In generale le esche dotate di ardiglione causano una mortalità che è all'incirca doppia rispetto a quelle senza (Marconato et al., 1994).

2. Fare in modo che il combattimento duri il minor tempo possibile. Infatti l'"exhaustive exercise" (o "burst"), dovuto alla lotta del pesce chiamato per resistere alla cattura, provoca una considerevole acidosi extracellulare a causa dalla produzione anaerobica di lattato nella muscolatura bianca. Questa può provocare la morte del pesce. Inoltre la produzione di acido lattico è probabilmente più grande nei pesci che sono stati esposti all'aria per brevi periodi dopo l'exhaustive exercise. In questi si verifica un ulteriore incremento di mortalità (Ferguson e Tufts, 1992). Per tali motivi è importante tenere il pesce in acqua. Ci sono prove considerevoli che la mortalità derivante da exhaustive exercise è minima in molte riserve di pesca catch and release.

3. Cercare di non toccare il pesce con le mani, e quando questo sia inevitabile, bagnarsele prima.

4. Fare in modo che l'operazione di slamura sia meno traumatica possibile. Risultati di studi suggeriscono che la mortalità causata da lesioni può essere ridotta vietando l'uso delle esche naturali, le quali hanno una più alta incidenza di aggancio profondo (branchie, cuore ed organi interni), rispetto alle esche artificiali. Infatti la penetrazione dell'amo in profondità è associata anche ad una incidenza significativamente più alta delle emorragie nei pesci catturati con esche naturali (Diggles e Ernst, 1997). Riguardo alle esche artificiali si è anche osservato che in

generale le "mosche" sembrano provocare effetti meno dannosi rispetto alle esche usate nella pesca a "spinning" (Marconato et al., 1994).

Gli ami singoli, specialmente se usati con esche naturali, danno una mortalità più alta di quelli tripli (Muoneke e Childress, 1994).

5. Se il pesce, una volta slamato, mostra segni di asfissia, tenerlo qualche minuto in corrente per favorirne la ripresa.

La pesca catch and release è stata sperimentata per la prima volta nel 1954 nel Great Smoky Mountains National Park. Il termine "catch and release fishing" sembra essere stato ideato da Stroud (1964) che riprese l'espressione "fishing for fun", affermando che molti pescatori pescavano per divertimento. Come egli indicò, due terzi dei pescatori U.S. portavano via meno di 1/3 di tutti i pesci catturati e metà di questi pescatori non portavano via nessuno dei pesci catturati.

L'espressione "fishing for fun" fu ideata da Hazzard (1952), che per primo pubblicò l'idea in un magazine sportivo; l'articolo fu più tardi ristampato in diversi bollettini. Il piano Hazzard per la gestione della trota includeva il rilascio di tutte le trote oppure, talvolta, tutte eccetto il pesce più grande, in modo tale da poter essere catturate ancora.

Stroud suggerì che l'espressione "catch and release fishing" sarebbe stata più appropriata per questo tipo di gestione. Così gradualmente il termine "catch and release fishing" sostituì "fishing for fun" e le norme catch and release furono estese da "No kill, zero limit" all'uso di regolamentazioni speciali, includendo limiti di taglia e di possesso che incoraggiavano il pescatore a rilasciare la maggior parte del pesce catturato, permettendone tuttavia di tenerne qualcuno.

Oggi il catch and release è uno strumento usato per instaurare e sostenere un optimum di qualità di pesca, riducendo ed influenzando la mortalità dovuta alla pesca stessa (Barnhart, 1989). Negli ultimi anni il concetto di catch and release è cresciuto in popolarità, sia come strumento di gestione di pesca che come filosofia personale dei pescatori. La regolamentazione catch and release è spesso effettuata per incrementare il numero e la taglia di trote catturate da popolazioni selvatiche, proteggendole dall'eccessiva mortalità di pesca.

Nella presente relazione sono illustrati i risultati completi e le considerazioni conclusive ottenuti al termine delle ricerche condotte nell'ambito della convenzione stipulata tra l'Amministrazione Provinciale di Perugia e il Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia dell'Università di Perugia. Scopo principale della convenzione è quello di verificare lo stato delle popolazioni ittiche di trota fario (*Salmo trutta* L.) presenti nei settori

fluviali del fiume Nera, nel tratto compreso fra i centri abitati di Borgo Cerreto e Piedipaterno. All'interno di tale tratto fluviale esiste un'area a regolamento specifico (tratto No kill, istituito nel 1994) in cui l'attività di pesca sportiva è limitata all'uso delle sole esche artificiali, con l'obbligo per i pescatori a praticare il catch and release.

La ricerca ha previsto la scelta di 7 settori fluviali, di cui 2 esterni al tratto No kill e gestiti con i canoni tradizionali (uso di esche naturali ed artificiali, taglia legale di 20 cm, possibilità di prelevare 8 esemplari di trota fario etc.) e 5 interni al tratto No kill. Sono stati analizzati vari parametri ecologici di popolazione (densità, biomassa, accrescimento, struttura per età, mortalità, fattore di condizione, etc.) cercando soprattutto di differenziare i risultati in relazione alle diverse regolamentazioni adottate. Allo scopo di effettuare dei confronti con popolazioni di trota fario presenti in realtà diverse, quando necessario, si è fatto ricorso anche a dati presenti in letteratura o raccolti dal Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia nel corso di altre ricerche (La Porta et al., 1998 e 1999).

## **1 - MATERIALI E METODI**

Allo scopo di selezionare i settori fluviali per i campionamenti è stato effettuato un sopralluogo preliminare finalizzato alla caratterizzazione morfologica dell'intero tratto del fiume Nera interessato dalla ricerca. La scelta dei settori di campionamento è stata effettuata sulla base della loro omogeneità morfologica e della rappresentatività nei confronti delle diverse tipologie gestionali esistenti. Così effettuata la scelta dei settori fluviali rappresenta un elemento fondamentale ai fini della verifica delle relazioni che si instaurano fra scelte gestionali, condizioni morfo-idrologiche, habitat e caratteristiche strutturali e demografiche della comunità ittica. La caratterizzazione è stata valutata sulla base delle seguenti categorie tipologiche (McMahon et al., 1996):

1. Riffle: velocità di corrente e turbolenza elevata, profondità generalmente ridotta, fondo irregolare con presenza di massi sporgenti che causano la formazione di increspature sulla superficie dell'acqua.
2. Run: velocità di corrente costante, fondo regolare (l'acqua decorre senza salti né increspature in superficie).
3. Pool: velocità di corrente generalmente minore e profondità più elevata che nel resto del corso d'acqua.



Portata (m<sup>3</sup>/sec)  
Profondità media (m)  
Superficie del settore di campionamento (m<sup>2</sup>)  
Larghezza della sezione a monte (m)  
Larghezza della sezione a valle (m)

#### PARAMETRI AMBIENTALI:

Tipologia fluviale (%)  
Cover (indice)  
Copertura vegetale del fondo (indice)  
Superficie ombreggiata del fondo (indice)  
Vegetazione sulle sponde (indice)  
Granulometria prevalente (indice)

#### PARAMETRI ITTICI:

Numero degli esemplari catturati (n°)  
Lunghezza individuale degli esemplari catturati (cm)  
Peso individuale degli esemplari catturati (g)  
Età individuale degli esemplari catturati (anni)  
Lesioni o malformazioni sugli esemplari catturati (S/N)

La rilevazione dei parametri chimico-fisici è stata attuata tramite l'utilizzo dei seguenti strumenti:

Ossimetro a microprocessore OXI 320 (WTW);  
pH-metro a microprocessore Ph 720 (WTW);  
Conduttivimetro a microprocessore LF 320 (WTW);  
Termometro a mercurio.

I parametri morfo-idrologici sono stati rilevati come segue:

Velocità di corrente: con mulinello correntometrico, misurata a 0,6 unità di profondità nella verticale del filone centrale della corrente; rappresenta quindi la velocità media del punto più veloce.

Portata: mediante metodo dei pannelli (Marchetti, 1993);

Profondità media: con asta metrica, lungo le sezioni di chiusura del settore (a monte e a valle) ad intervalli di ½ metro. Il valore utilizzato nelle elaborazioni è la media di tutte le misurazioni;



Larghezza media: misurando con una fettuccia metrica la larghezza della sezione di chiusura del settore a monte e a valle:

Superficie del tratto campionato: calcolate mediante la regola del trapezio. Ogni settore è stato equiparato ad un trapezio avente come base minore la sezione a monte, come base maggiore la sezione a valle e come altezza la lunghezza del settore stesso.

I parametri ambientali sono stati rilevati come segue:

Tipologia fluviale: è stata espressa mediante percentuale delle tre tipologie (Riffle, Run e Pool ) precedentemente descritte rispetto alla superficie complessiva del settore.

Cover: in generale un ambiente fluviale uniforme provoca una riduzione della complessità delle comunità acquatiche vegetali ed animali. Sono state considerate cover tutte le forme di riparo per la fauna ittica, cioè grossi massi, anfratti, tronchi e vegetazione arbustiva in alveo. La valutazione è stata ricondotta a cinque classi prestabilite a cui è stato assegnato un indice che va da 0 a 4:

TIPOLOGIE	Indice
Assente	0
Tratti isolati	1
Frequenti interruzioni	2
Scarse interruzioni	3
Tratto continuo	4

Copertura vegetale del fondo: La copertura vegetale del fondo assume condizioni strutturali e quantitative variabili e queste risultano condizionate da fattori diversi a cominciare dalle condizioni idrologiche (portata, velocità dell'acqua, profondità), dal grado di ombreggiamento, dal tipo di substrato, ecc. La granulometria e la copertura vegetale regolano le caratteristiche strutturali e la distribuzione della fauna bentonica (micro e macro). La valutazione è stata ricondotta a cinque classi prestabilite a cui è stato assegnato un indice che va da 0 a 4:

TIPOLOGIE	Indice
Assente	0
Tratti isolati	1
Frequenti interruzioni	2

Scarse interruzioni	3
Tratto continuo	4

Superficie ombreggiata dell'alveo: Il grado di ombreggiamento delle sponde, che dipende dalla vegetazione ripariale, condiziona diversi processi. Soprattutto in estate contribuisce a ridurre il divario termico tra aria e acqua, induce modificazioni nella copertura vegetale del fondo dell'alveo: di conseguenza, direttamente o indirettamente, può concorrere alla modifica della qualità dell'acqua e delle caratteristiche delle cenosi vegetali ed animali. La valutazione della superficie ombreggiata è stata ricondotta a cinque classi prestabilite a cui è stato assegnato un indice che va da 0 a 4:

TIPOLOGIE	Indice
Assente	0
Tratti isolati	1
Frequenti interruzioni	2
Scarse interruzioni	3
Tratto continuo	4

Granulometria: in base al diametro delle componenti principali del substrato si hanno sette categorie granulometriche, codificate con un indice che varia da 1 a 7:

Categorie Granulometriche	Indice	Diametro (mm)
Fango, Argilla, Limo	1	<1
Sabbia	2	1-2
Ghiaia fine	3	2-8
Ghiaia media	4	8-32
Ghiaia grossa	5	32-64
Ciottoli	6	64-256
Blocchi	7	>256

Vegetazione sulle sponde: la vegetazione delle sponde è stata distinta in arborea e arbustiva ed è stata quindi valutata l'abbondanza di alberi e arbusti con un indice che varia da 0 a 4:

TIPOLOGIE	Indice
-----------	--------

Assente	0
Tratti isolati	1
Frequenti interruzioni	2
Scarse interruzioni	3
Tratto continuo	4

Per quanto riguarda i parametri ittici sono stati determinati effettuando dei campionamenti tramite pesca elettrica, con l'utilizzo di un elettrostorditore a corrente continua di 2500 W di potenza. Per il campionamento è stata utilizzata la tecnica delle passate successive (Moran, 1951; Zippin, 1956, 1958): ogni settore di campionamento è stato campionato con l'elettrostorditore in due passaggi successivi a distanza di pochi minuti. Gli individui catturati in ogni passaggio sono stati collocati separatamente in un recipiente aerato in attesa delle operazioni di misura, successivamente anestetizzati con acetoncloroformio e quindi misurati. terminate le operazioni di misura gli esemplari sono stati tutti rimessi in libertà.

Per ogni esemplare catturato sono stati misurati:

la lunghezza totale (Lt) (dall'apice del muso fino al lobo superiore della pinna caudale) (Lagler et al., 1962; Anderson e Neumann, 1996) mediante una tavoletta ittiometrica graduata, espressa in centimetri (cm) con precisione  $\pm 0,1$  cm;

il peso (P), mediante una bilancia elettronica, espresso in grammi (g) con precisione  $\pm 1$  g.

Tutti gli esemplari sono stati inoltre esaminati per rilevare la presenza di anomalie o difetti evidenti ad un esame esteriore. Quando presenti, tali irregolarità sono state codificate distinguendole in malformazioni generali o lesioni situate sulla bocca. Queste ultime appaiono di interesse più specifico, poiché indice probabile di danni conseguenti alla cattura del pesce.

Ad un numero significativo di esemplari è stato prelevato, sopra la linea laterale in posizione antero dorsale, un campione di scaglie per la successiva determinazione dell'età (Bagenal, 1978; Bagliniere e Le Louarn 1987; DeVries e Frie, 1996).

La densità e lo standing crop sono la risultante dei campionamenti effettuati nei singoli settori. Completata la fase di campagna, sono state infatti avviate le fasi di analisi di laboratorio e di elaborazione dei dati che hanno permesso la descrizione delle caratteristiche ecologiche di popolazione della trota fario. Secondo quanto previsto dalle metodologie adottate (Moran, 1951; Zippin, 1956, 1958) il numero e la biomassa probabili

$$N = \frac{C_1}{C_1 - C_2}$$

della popolazione ittica presente in ogni settore di campionamento sono stati stimati sulla base degli esemplari catturati in due passaggi consecutivi. Affinché il metodo possa essere applicato correttamente il numero di pesci catturati nella prima passata ( $C_1$ ) deve essere superiore al numero di pesci catturati nella seconda passata ( $C_2$ ). Il numero probabile ( $N$ ) di pesci presenti nel settore, quando si verifica tale condizione, sarà quindi:

Se la condizione richiesta non si verifica, si può soltanto concludere che :

$$N > C_1 + C_2$$

L'applicabilità del metodo si basa sui seguenti assunti:

- 1) Durante il campionamento la popolazione deve essere chiusa; non deve esserci mortalità, reclutamento, immigrazione o emigrazione.
- 2) La probabilità di cattura deve essere uguale per tutti gli individui presenti nella popolazione e non deve cambiare durante il campionamento.
- 3) L'intera popolazione deve essere catturabile.

Il secondo assunto, al contrario del primo e del terzo, può non essere garantito; infatti tutti i metodi di cattura presentano un certo grado di selettività, in particolare l'elettrostorditore è più efficace nei confronti degli esemplari di maggiori dimensioni. La probabilità di cattura non è quindi la stessa per tutti gli individui (Cowx, 1990; Marconato, 1991), ma aumenta generalmente con l'età ed è maggiore per gli esemplari più vecchi. Per diminuire le possibilità di un errore causato dalla selettività del mezzo di cattura, il calcolo del numero probabile è stato effettuato disaggregandolo per classe di età.

La biomassa probabile è stata calcolata moltiplicando il numero probabile per il peso medio degli esemplari catturati (Marconato, 1991).

La densità ( $N^\circ \text{ ind./m}^2$ ) e lo standing crop ( $\text{g/m}^2$ ) sono stati calcolati dividendo il numero probabile e la biomassa probabile per le superfici dei settori di campionamento.

Le scaglie, prelevate sul campo, sono state conservate in alcool al 33%. L'età è stata determinata in laboratorio mediante scalimetria (Bagenal 1978; DeVries e Frie, 1996). La lettura delle scaglie è stata effettuata con microscopio ottico, corredato da un sistema di analisi delle immagini. Il metodo scalimetrico è stato integrato con il metodo di Petersen (DeVries e Frie, 1996) che si basa sulla distribuzione delle frequenze di lunghezza. Sugli

istogrammi ottenuti sono stati individuate le classi di età e quindi i corrispettivi intervalli di lunghezza: ad ogni moda corrisponde una classe di età. Le mode sono generalmente più evidenti (Bagenal, 1978) nelle specie, come la trota fario, caratterizzate da breve stagione riproduttiva, accrescimento rapido ed uniforme, assenza di dimorfismo sessuale (Gandolfi et al., 1991).

La regressione lunghezza-peso è stata valutata per ogni singolo tratto, attraverso il metodo dei minimi quadrati, dopo trasformazione logaritmica dei dati (Ricker, 1975). E' espressa attraverso la formula (Bagenal, 1978):

$$P=aLt^b$$

dove

P = peso del pesce in gr;

Lt = lunghezza totale del pesce in cm;

b = coefficiente di regressione;

a = punto d'intersezione della curva sull'asse delle y.

L'esponente b esprime il tipo di crescita ed il suo valore varia tra 2 e 4. Quando b=3 la crescita si dice isometrica e la forma del pesce è regolare e ben proporzionata. Quando  $b \neq 3$  allora la crescita è allometrica. In particolare quando  $b < 3$  l'accrescimento in lunghezza supera quello in larghezza ed il pesce risulta esile ed allungato. Il contrario avviene per  $b > 3$  (Bagenal, 1978).

L'accrescimento teorico in lunghezza esprime la crescita in condizioni ambientali ottimali ed è calcolato con il modello di Von Bertalanffy (1938):

$$L_t = L_\infty \left\{ 1 - e^{-k(t-t_0)} \right\}$$

dove

$L_t$  = lunghezza totale teorica all'età t;

$L_\infty$  = asintoto della curva o massima lunghezza teorica;

K = ritmo con il quale la curva si avvicina all'asintoto;

$t_0$  = età teorica alla quale il pesce ha lunghezza 0.

E' stato inoltre calcolato il parametro  $\Phi$  secondo l'equazione (Pauly e Munro, 1984):

$$\Phi = \log (K) + 2*\log (L_\infty).$$

Il valore di  $\Phi$  serve ad individuare differenze nelle caratteristiche degli accrescimenti in relazione all'ambiente (Abella et al., 1994) e permette quindi il confronto tra popolazioni diverse.

La struttura di popolazione è stata analizzata confrontando i valori di densità delle singole classi di età, disaggregando i dati per settori di campionamento, fase e differenti tipologie gestionali. I vari confronti statistici sono stati effettuati mediante analisi del  $\chi^2$ .

Il tasso istantaneo di mortalità (Z) è stato stimato utilizzando il metodo della regressione lineare tra il logaritmo naturale del numero degli esemplari catturati e l'età.

La relazione che lega il tasso istantaneo di mortalità (Z) alla sopravvivenza (S) è:

$$S=e^{-Z}$$

mentre tra sopravvivenza (S) e tasso annuale di mortalità (A) esiste la relazione :

$$A=1-S.$$

Così calcolati i parametri S e A risultano di particolare interesse, poiché rappresentano la percentuale degli individui, rispetto al numero iniziale, sopravvissuti (S) o morti (A) al termine del periodo di campionamento (1 anno) (Ricker, 1975). Mediante analisi statistiche sono stati effettuati vari confronti per verificare l'esistenza di differenze significative fra i settori di campionamento e fra i diversi tipi di gestione.

Il fattore di condizione è stato valutato mediante l'analisi del peso relativo ( $W_R$ ), in base all'equazione (Wege e Anderson, 1978):

$$W_R = 100 (P/W_s)$$

dove P è il peso individuale e  $W_s$  è un peso standard ottimale, calcolato per ogni esemplare mediante una regressione costruita per rappresentare la specie. Così costruito  $W_R$  risulta indipendente dal tipo di accrescimento e permette il raffronto di individui e popolazioni aventi anche taglie diverse. Valori di  $W_R$  superiori a 100 sono indice di esemplari in buona condizione, per i quali non dovrebbero sussistere problemi di alimentazione. La relazione lunghezza/peso utilizzata per il calcolo di  $W_s$  è la seguente:  $\log(W_s) = -4.867 + 2.96 \log(Lt)$  (Milewski e Brown, 1994). I valori di  $W_R$ , essendo indipendenti dalla taglia, sono stati utilizzati nei confronti fra settori di campionamento, classi di età e fasi di campionamento. L'indipendenza dalla taglia dell'indice è stata testata e confermata dall'analisi delle regressione lineare; la relazione trovata tra  $W_R$  e Lt è risultata infatti pari a:  $W_R=96,852-0,104Lt$  ( $R^2=0,0347$ ).

Allo scopo di effettuare dei confronti con popolazioni di trota fario presenti in ambienti esterni al tratto No kill, quando necessario si è fatto ricorso a dati raccolti nel corso di altre ricerche. In particolare è stato utilizzato un campione composto da 26 popolazioni di trota fario, provenienti da 6 corsi d'acqua del bacino del Tevere:

Codice	Corso d'acqua	Località	Tipo di gestione
--------	---------------	----------	------------------

01AN01	Aniene	Subiaco	normale
01AN02	Aniene	Subiaco	normale
01AN03	Aniene	Subiaco	normale
01AN04	Aniene	Subiaco	normale
01CR01	Corno	Serravalle: a monte confluenza Sordo	bandita di pesca
02CR01	Corno	Serravalle: a valle confluenza Sordo	normale
02CR02	Corno	Serravalle: a valle confluenza Sordo	normale
02CR03	Corno	Serravalle: a valle confluenza Sordo	normale
01MN01	Menotre	S.Lucia	normale
01MN02	Menotre	S.Lucia	normale
01MN03	Menotre	S.Lucia	normale
01MN04	Menotre	S.Lucia	normale
01NE01	Nera	Borgo Cerreto: a monte della Stazione di pompaggio Enel	normale
01NE02	Nera	Borgo Cerreto: a monte della Stazione di pompaggio Enel	normale
02NE01	Nera	Borgo Cerreto: a valle della Stazione di pompaggio Enel	normale
02NE02	Nera	Borgo Cerreto: a valle della Stazione di pompaggio Enel	normale
03NE01	Nera	Piedipaterno	normale
03NE02	Nera	Piedipaterno	normale
03NE03	Nera	Piedipaterno	normale
03NE04	Nera	Piedipaterno	normale
01TO02	Topino	Valtopina	normale
01TO04	Topino	Valtopina	normale
01VG01	Vigi	A valle confluenza F.so delle Rote	normale
01VG02	Vigi	A valle confluenza F.so delle Rote	normale
01VG03	Vigi	A valle confluenza F.so delle Rote	normale
02VG01	Vigi	A valle confluenza F.so delle Rote	bandita di pesca

Per ogni popolazione sono disponibili 3 successive serie di dati, raccolti nel corso di campionamenti effettuati a maggio, luglio ed ottobre 1997 (La Porta et al., 1998 e 1999).

## 2 - RISULTATI

### 2.1 - Parametri chimico-fisici.

La statistica descrittiva dei parametri chimico-fisici è riportata in Tab.1.

	<b>PH</b> (unità di pH)	<b>TEMPERATURA ACQUA</b> (°C)	<b>TEMPERATURA ARIA</b> (°C)	<b>OSSIGENO</b> (mg/l)	<b>V.S. OSSIGENO</b> (%)	<b>CONDUCIBILITA'</b> ( $\mu$ S)
<b>N Validi</b>	28	28	16	21	21	28
<b>Media</b>	7,856	14,257	22,563	9,970	99,567	546,464
<b>Mediana</b>	7,880	14,350	21,750	9,830	97,000	539,000
<b>Minimo</b>	7,600	10,400	5,000	7,810	80,600	439,000
<b>Massimo</b>	8,190	16,800	32,500	16,000	153,400	632,000
<b>Int.Var.</b>	0,590	6,400	27,500	8,190	72,800	193,000
<b>Varianza</b>	0,025	3,814	82,663	3,770	256,813	1699,591
<b>Dev.Std.</b>	0,158	1,953	9,092	1,942	16,025	41,226

Tab. 1 - Statistica descrittiva dei parametri fisici e chimici

I risultati dimostrano che la qualità dell'acqua può essere considerata accettabile. Il pH risulta in serie alcalina (media=7,856), con variazioni poco pronunciate tra un campionamento e l'altro (d.s.=0,158), i valori infatti oscillano da un minimo di 7,60 (luglio '98 e giugno '99) ad un massimo di 8,19 (luglio '98). La temperatura dell'acqua (media=14,257 °C) segue le variazioni stagionali di quella dell'aria (media=22,563 °C), seppur in modo molto smorzato e con variazioni molto meno pronunciate (d.s. acqua=1,953; d.s. aria=9,092); i valori oscillano da un minimo di 10,4 °C per l'acqua e di 5,00 °C per l'aria, registrati entrambi in ottobre '98, ad un massimo (luglio '98) di 16,8 °C per l'acqua e di 32,5°C per l'aria. L'ossigeno presenta un valore medio sufficientemente elevato (media=9,97 mg/l) e prossimo alla saturazione (99,567%). La variabilità dei dati è abbastanza elevata (d.s.=1,94 e 16,025) con deficit di saturazione e picchi di sovrasaturazione; i valori sono compresi infatti tra 7,81 e 16,00 mg/l per l'ossigeno disciolto e tra 80,60 e 153,40% per l'ossigeno percentuale (minimi a luglio '98 e massimi a maggio '98). La conducibilità presenta un valore medio di 546,46  $\mu$ S (d.s.=41,23): il valore minimo (luglio '98) è pari a 439  $\mu$ S mentre il massimo (giugno '99) a 632  $\mu$ S.

I valori medi distinti per settore di campionamento sono riportati nella Tab.2. Il tratto di fiume Nera considerato nella ricerca si presenta sotto il profilo chimico-fisico abbastanza



Settore di campionamento	PH (unità di pH)	TEMPERATURA ACQUA (°C)	TEMPERATURA ARIA (°C)	OSSIGENO (mg/l)	V.S. OSSIGENO (%)	CONDUCIBILITA' (µS)
<b>Ne1</b>	8,060	15,700	31,000	8,550	89,400	526,000
<b>Ne2</b>	7,775	14,100	23,750	10,110	99,850	533,000
<b>Ne3</b>	7,940	13,933	21,333	10,220	102,166	533,333
<b>Ne4</b>	7,920	14,300	23,750	10,050	101,650	527,000
<b>Ne5</b>	7,770	13,850	21,750	9,405	93,550	532,000
<b>Ne6</b>	7,823	14,533	25,000	9,743	98,133	550,666
<b>Ne7</b>	8,086	13,333	17,500	11,650	113,966	494,333

Tab. 2 - Valori medi dei parametri fisici e chimici nei settori di campionamento

omogeneo: l'analisi della varianza multivariata non ha, infatti, evidenziato differenze statisticamente significative fra i diversi settori ( $\lambda_{WILKS}=0,092$ ;  $R_{Rao}=0,407$ ;  $p=0,991$ ).

I valori medi distinti per fase di campionamento sono riportati nella Tab.3. L'analisi della varianza multivariata ha evidenziato in questo caso differenze altamente significative ( $\lambda_{WILKS}=0,023$ ;  $R_{Rao}=7,481$ ;  $p=0,0002$ ) per temperatura dell'acqua, temperatura dell'aria, ossigeno disciolto e ossigeno percentuale. Mentre per i primi tre parametri è normale una variazione legata al ciclo stagionale, per l'ossigeno percentuale le cause di tali differenze fra periodi di campionamento sono piuttosto imputabili ad uno scadimento della qualità dell'acqua, avvenuto nel luglio'98.

Fasi di campionamento	PH (unità di pH)	TEMPERATURA ACQUA (°C)	TEMPERATURA ARIA (°C)	OSSIGENO (mg/l)	OSSIGENO (%)	CONDUCIBILITA' (µS)
<b>1 - Maggio'98</b>	7,957	13,267	18,500	12,293	121,700	539,667
<b>2 - Luglio'98</b>	7,922	16,343	31,643	8,241	86,586	522,429
<b>3 - Ottobre'98</b>	7,871	11,900	14,000	11,325	108,517	528,167

Tab.3 - Valori medi dei parametri fisici e chimici nelle fasi di campionamento

## 2.2 - Parametri morfo-idrologici.

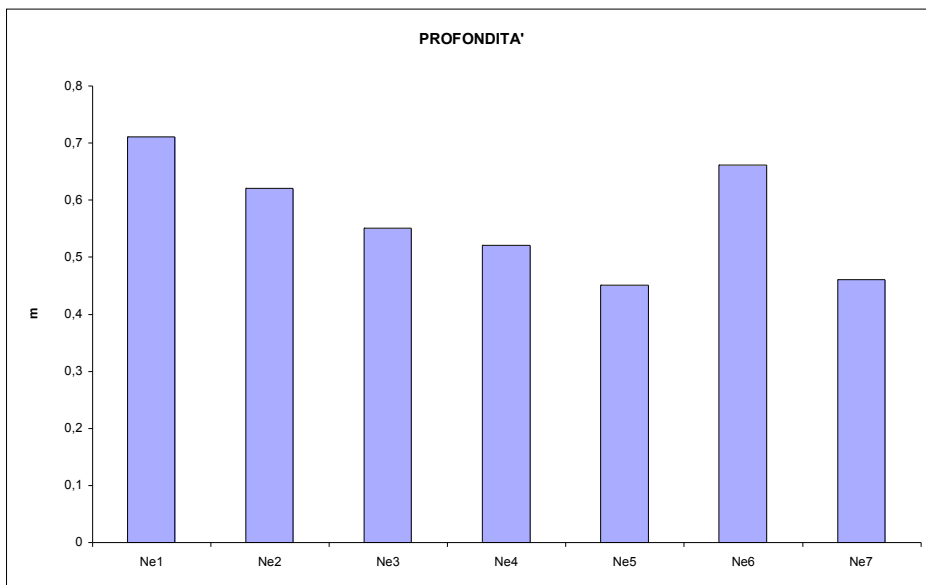
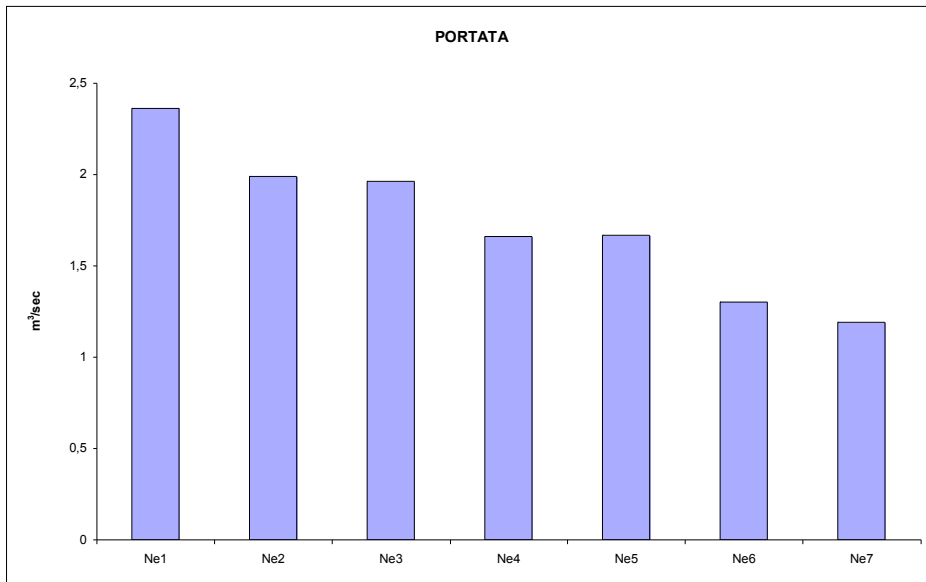
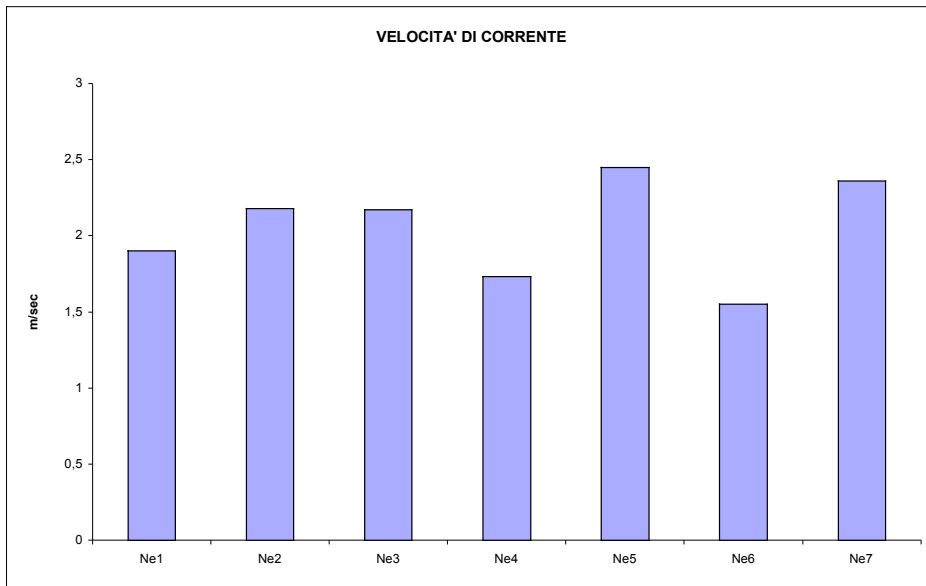
I grafici riportati nelle Figg.2-3 mostrano l'andamento dei parametri morfo-idrologici nei sette settori di campionamento, mentre la statistica descrittiva del campione è illustrata nella Tab.4. La velocità di corrente (Fig.2) risulta sempre abbastanza elevata (media=2,05 m/sec.) e con differenze apprezzabili fra i settori (d.s.=0,33); i valori di questo parametro oscillano infatti da un massimo di 2,45 m/sec. ad un minimo di 1,55 m/sec. I settori Ne5 e Ne7 sono caratterizzati da valori superiori a 2 m/sec., mentre i settori Ne4 e Ne5 fanno registrare le velocità più basse. La profondità media (Fig.2) ha valori piuttosto contenuti

	<b>Velocità di corrente</b> (m/sec)	<b>Portata</b> (m <sup>3</sup> /sec)	<b>Larghezza media</b> (m)	<b>Profondità media</b> (m)	<b>Superficie</b> (m <sup>2</sup> )
<b>N Validi</b>	7	7	7	7	7
<b>Media</b>	2,049	1,731	11,321	0,567	1116,397
<b>Mediana</b>	2,170	1,664	11,300	0,550	1135,000
<b>Minimo</b>	1,550	1,189	8,200	0,450	709,780
<b>Massimo</b>	2,450	2,360	13,800	0,710	1380,000
<b>Int.Var.</b>	0,900	1,171	5,600	0,260	670,220
<b>Varianza</b>	0,110	0,167	3,875	0,010	51794,093
<b>Dev.Std.</b>	0,332	0,409	1,968	0,100	227,583

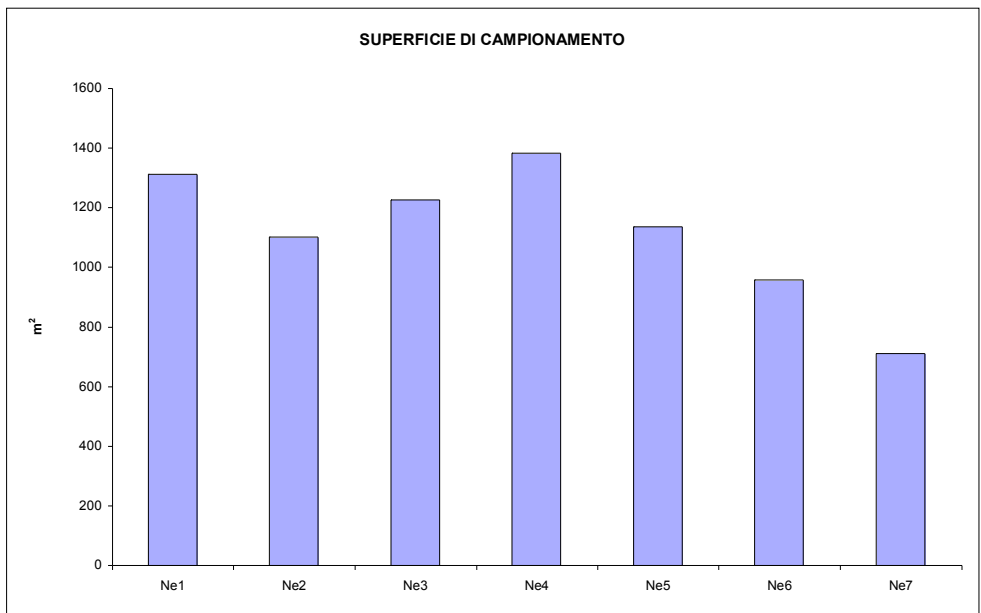
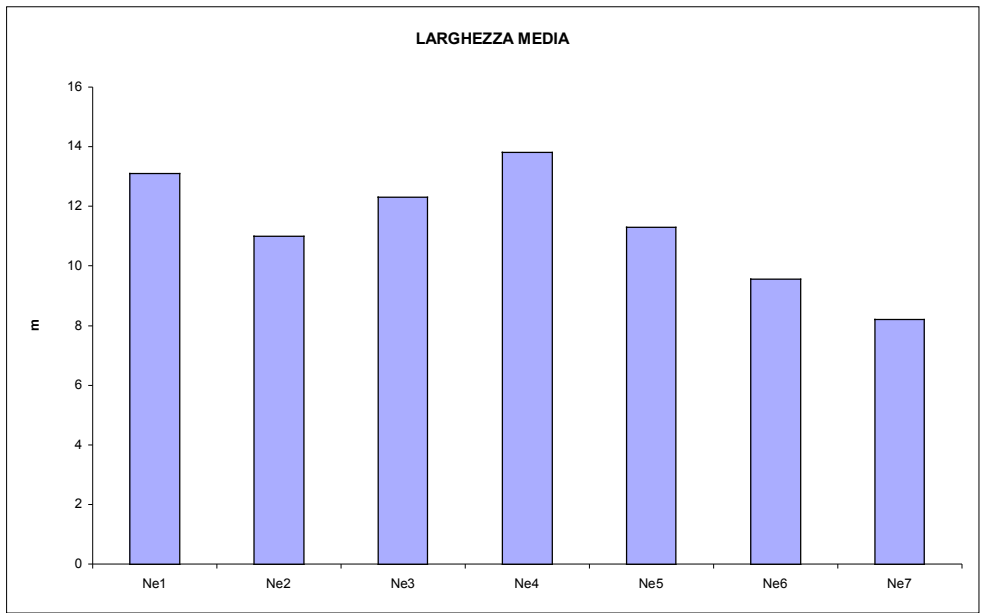
(media=0,57 m), così come le variazioni sono poco pronunciate (d.s.=0,10). La portata (Fig.2) (media=1,73 m<sup>3</sup>/sec.) presenta anch'essa variazioni poco pronunciate (d.s.=0,41), con un andamento crescente lungo il gradiente monte-valle: il valore maggiore è presente nel settore Ne1 (2,36 m<sup>3</sup>/sec.) ed il minimo nel Ne7 (1,19 m<sup>3</sup>/sec.). La larghezza (Fig.3) presenta un valore medio di 11,32 m (d.s.=1,97); essa oscilla da un minimo di 8,2 m (Ne7) ad un massimo di 13,8 m (Ne4). Le superfici di campionamento (Fig.3) presentano un valore medio di 1116,40 m<sup>2</sup> (d.s.=227,58); i valori presentano un massimo di 1380 m<sup>2</sup>, registrato nel settore Ne4, ed un minimo di 709,78 m<sup>2</sup>, proprio del settore Ne7.

### 2.3 - Parametri ambientali.

I grafici riportati nelle Figg.4-6 mostrano l'andamento dei parametri ambientali nei sette settori di campionamento, mentre la statistica descrittiva del campione è illustrata nella Tab.5. La tipologia fluviale prevalente è costituita dal run (media=56,43%); meno frequenti sono i riffles (media=35,00%), mentre le buche profonde (pool) risultano relativamente scarse (media=8,57%); la variabilità appare comunque elevata (d.s. run=41,90; d.s. riffle=36,63; d.s.=pool=6,27) e ciò significa che i settori fluviali si differenziano notevolmente fra loro. Effettivamente il grafico che mostra l'andamento della tipologia fluviale nei vari settori (Fig.4) conferma tale situazione: i settori Ne1 e Ne5 sono caratterizzati dalla presenza esclusiva di tratti a corrente regolare ed uniforme (run=100%); i run prevalgono anche nei settori Ne6 e Ne7 (90% e 60%), mentre compaiono come tratti brevi nei settori Ne2 e Ne4 (30% e 15%). Tratti a corrente più rapida ed impetuosa sono presenti nei settori Ne2, Ne3 e Ne4, dove costituiscono la tipologia prevalente (riffle=60%; 80% e 70% rispettivamente), e nel settore Ne7 (30%). Le pools sono presenti in tutti i settori, ad eccezione del Ne1 e Ne7, ma non rappresentano mai una tipologia fluviale molto estesa; infatti nei settori Ne3 e Ne4, dove raggiungono la loro massima lunghezza, non oltrepassano il 15% dell'intero settore.



*Fig.2 – Andamento dei parametri morfo-idrologici nei settori di campionamento*



*Fig.3 – Andamento dei parametri morfo-idrologici nei settori di campionamento*



La superficie ombreggiata dell'alveo (Fig.4) (media dell'indice=2,29) è abbastanza variabile fra i diversi settori (d.s.=1,11): tale parametro varia da 1 (tratti isolati) a 4 (tratto continuo). Il settore con il valore più elevato è il Ne3, mentre Ne1 e Ne6 sono le situazioni in cui si registrano i valori più bassi dell'indice di ombreggiatura.

I rifugi per i pesci (cover) (Fig.4) non raggiungono mai valori elevati (media dell'indice=2,29; d.s.=0,76). I valori estremi dell'indice (4= tratto continuo e 0=assenza) non vengono mai registrati ed i rifugi per i pesci variano quindi da 1 (tratti isolati), segnalato nel Ne4, a 3 (scarse interruzioni), presente nei settori Ne1, Ne2, e Ne6.

La copertura vegetale del fondo (Fig.5) appare sempre molto limitata (media=0,71; d.s.=0,49); il massimo valore dell'indice registrato è infatti pari a 1 (tratti isolati) ed è stato rilevato nei settori Ne1, Ne2, Ne4, Ne5, Ne6, mentre il minimo pari a 0 (assenza di copertura) è presente nei rimanenti settori.

La granulometria prevalente del fondo (Fig.5) risulta composta in misura preponderante da materiale grossolano; la media dell'indice è infatti pari a 5,14 (d.s.=1,46). In nessun settore sono stati registrati valori dell'indice inferiori a 4 (ghiaia media). La ghiaia media è presente nei settori Ne1, Ne5, Ne6 e Ne7, i ciottoli nel Ne2, mentre i blocchi (massimo valore=7) caratterizzano i settori Ne3 e Ne4.

La vegetazione sulle sponde prevede la presenza di alberi (Fig.5) (media=2,43) in quasi tutti i settori, ma la loro abbondanza appare molto variabile (d.s.=1,51): l'indice infatti varia da 0 (assenza, nel Ne3) a 4 (tratto continuo, nei settori Ne2, Ne5); nel settore Ne1 l'indice è pari a 1 (tratti isolati), nel Ne6 l'indice è pari a 2 (frequenti interruzioni), mentre è 3 (scarse interruzioni) nel Ne4.

Più elevata (media=3,14) e meno variabile (d.s.=0,90) è la presenza degli arbusti, (Fig.6); che infatti non sono mai assenti o isolati. I valori dell'indice variano quindi da 2 (frequenti interruzioni), rilevato nei settori Ne3 e Ne4, a 4 (tratto continuo), presente nei settori Ne1, Ne2 e Ne6; nei settori Ne5 e Ne7 gli arbusti sono presenti con scarse interruzioni (indice=3).

## **2.4 – Analisi delle componenti principali dei parametri morfo-idrologici ed ambientali.**

L'analisi delle componenti principali, condotta sull'insieme dei dati morfo-idrologici ed ambientali, è illustrata nella Fig.7. La prima componente, che giustifica il 40,38% della varianza (Tab.6), evidenzia una correlazione positiva tra presenza di riffle, di pool, superficie ombreggiata e granulometria, mentre profondità, run, cover, copertura vegetale

e presenza di arbusti sono correlati in modo negativo. La seconda componente, che giustifica il 25,95% della varianza, mostra una correlazione tra portata, larghezza media dell'alveo, profondità e superficie dell'area campionata. Appaiono evidenti in questa analisi le relazioni che legano fra loro i parametri studiati. La prima componente riassume la dicotomia esistente fra tratti a decorso più regolare (run) e tratti più turbolenti (riffle). I settori a run sono più omogenei, con profondità più elevata e maggiore presenza di idrofite sul fondo; la presenza di arbusti sulle sponde risulta prevalente e ciò garantisce un maggior ricovero per i pesci, mentre minore è l'ombreggiatura dell'alveo. I settori caratterizzati da un'elevata presenza di tratti a riffle sono associati anche alla presenza di buche (pool): questi tratti si caratterizzano quindi per una maggiore eterogeneità ambientale; la presenza di tratti a maggiore turbolenza comporta una granulometria a prevalenza di elementi più grossolani ed una più ridotta presenza di idrofite sul fondo, ma anche un minore ricovero per i pesci ed una maggiore ombreggiatura dell'alveo. La seconda componente rappresenta l'evoluzione dei parametri ambientali legata al gradiente longitudinale: l'aumento della portata, che si verifica spostandosi progressivamente verso valle, causa un ampliamento della sezione dell'alveo fluviale, con maggiori profondità e larghezze medie; ciò comporta anche, dato che tutti i settori sono stati scelti con una lunghezza costante di 100 m, una maggiore superficie di campionamento.

## **2.5 - Parametri ittici.**

### **2.5.1 - Analisi statistica del campione.**

Le trote complessivamente catturate assommano a 3935; la statistica descrittiva relativa alla lunghezza totale, peso ed età del campione complessivo è riportata nella Tab. 7. La lunghezza media risulta pari a 18,93 cm, a cui corrisponde un peso medio di 87,24 g ed un'età di poco superiore a 2 anni. La composizione del campione è sufficientemente ampia: gli esemplari più piccoli, infatti, misurano 3,4 cm (peso di 1 g e un'età di 3 mesi), mentre l'esemplare di maggiori dimensioni raggiunge 49 cm di lunghezza, un peso di 1484 g ed un'età di oltre 10 anni.

I grafici riportati nella Fig.8 rappresentano gli istogrammi di frequenza relativa di lunghezza totale, peso ed età del campione complessivo. Le classi di lunghezza meglio rappresentate nel campione sono costituite dal range compreso fra 15 e 25 cm, che complessivamente assomma a circa il 65% del totale. Gli esemplari minori di 15 cm appaiono relativamente scarsi, ma ciò è probabilmente da imputare alla selettività degli attrezzi di cattura; è noto infatti che gli elettrostorditori tendono a sottostimare i pesci più

piccoli (Cowx, 1990). Complessivamente nel campione appaiono scarsamente rappresentati gli esemplari di maggiori dimensioni: infatti le trote di taglia superiore a 25 cm assommano a circa il 10% del totale, oltre il 90% degli esemplari non oltrepassa i 175 g di peso e le classi di età più rappresentate sono la 1+, 2+ e 3+, che insieme superano l'80% del totale.

La Tab.8 illustra i valori medi di lunghezza, peso ed età disaggregati per stazione di campionamento. Il campione più abbondante è stato rilevato nel settore Ne6 con 1198 individui mentre tutti gli altri settori si caratterizzano per valori nettamente inferiori, che variano da un minimo di 290 (Ne3) ad un massimo di 566 individui (Ne4).

I Box-Whisker plot riportati nella Fig.9 riportano il valore medio, l'errore standard e i limiti fiduciali al 95% di probabilità di lunghezza, peso ed età nei singoli settori di campionamento. Confrontando fra loro i valori medi nei singoli settori di campionamento si può notare come il settore Ne7 si caratterizzi per medie dei tre parametri analizzati nettamente inferiori agli altri settori; il settore Ne1, anch'esso esterno al tratto No Kill, presenta valori medi inferiori, seppur di poco, ai settori collocati all'interno del tratto a regolamento specifico. All'analisi della varianza multivariata le differenze fra i settori per i 3 parametri risultano altamente significative ( $\lambda_{WILKS}=0,929$ ;  $R_{RAO}=15,75$ ;  $p=0,0001$ )

Aggregando i dati per tipo di gestione in due gruppi, comprendenti uno i settori esterni al tratto No Kill (Ne1 e Ne7) e l'altro quelli interni (Ne2, Ne3, Ne4, Ne5 e Ne6) ed effettuando un confronto mediante analisi della varianza multivariata su lunghezza totale, peso ed età si evidenziano differenze altamente significative al test statistico ( $\lambda_{WILKS}=0,953$ ;  $R_{RAO}=62,57$ ;  $p=0,0001$ ). I settori esterni si caratterizzano infatti per possedere popolazioni composte da individui di più giovane età e quindi di taglia inferiore rispetto ai settori interni al tratto No Kill. I valori medi di lunghezza, peso ed età del campione complessivo disaggregato per tipo di gestione sono riportati nella Tab.9, mentre la Fig.10 illustra i Box-Whisker plot costruiti sul valore medio, l'errore standard e i limiti fiduciali al 95% di probabilità.

Sempre utilizzando l'analisi della varianza multivariata, nessuna differenza è stata al contrario registrata all'interno del tratto No Kill, separando i settori sulla base delle differenti regolamentazioni adottate. I pesci presenti nei settori in cui è permessa la sola pesca a mosca (zona A) sono caratterizzati da valori medi di lunghezza (19,70 cm), peso (95,28 g) ed età (2,40 anni) leggermente superiori a quelli del settore in cui è utilizzabile anche la tecnica dello spinning (zona B) (rispettivamente: 19,50 cm, 91,49 g, 2,35 anni); le



differenze non risultano tuttavia significative al test statistico ( $\lambda_{\text{WILKS}}=0,999$ ;  $R_{\text{RAO}}=0,46$ ;  $p=0,708$ ).

### 2.5.2 – Densità e standing crop.

La statistica descrittiva relativa a numero probabile, biomassa, densità e standing crop del campione complessivo è riportata nella Tab.10. Gli individui stimati presentano valori elevati (media=233,60), ma estremamente variabili (d.s.=131,65); infatti oscillano tra un minimo di 79,33 esemplari a 565,34. Analogamente si comporta la biomassa, con un valore medio che è pari a 17,62 kg (d.s.=11,87) ed un intervallo di variazione di 45,91 kg (min.=5,09 kg; max.=51,00 kg). Anche suddividendo i dati soprariportati per la superficie dei settori di campionamento la situazione sostanzialmente non varia: sia la biomassa che lo standing crop presentano infatti valori medi elevati, tuttavia esiste anche un'alta variabilità nei dati dovuta all'esistenza di pronunciate differenze fra i settori e le fasi di campionamento. La densità media, infatti, risulta superiore ad una trota ogni 5 m<sup>2</sup> di superficie, ma i valori oscillano tra un minimo di meno di 1 individuo ogni 10 m<sup>2</sup> ad un massimo superiore ad 1 individuo ogni 2 m<sup>2</sup>. Analogamente lo standing crop medio risulta pari a 16,67 g/m<sup>2</sup>, ma varia da 6,63 g/m<sup>2</sup> a 53,41 g/m<sup>2</sup>.

I grafici nella Fig.11 illustrano i Box-Whisker plot costruiti sul valore medio, l'errore standard e i limiti fiduciali al 95% di probabilità di densità e standing crop disaggregati per stazione di campionamento. Confrontando i valori fra loro si notano le differenze estremamente pronunciate fra i diversi settori di campionamento: il campione del Ne6 si discosta notevolmente dagli altri per valori medi delle 3 fasi di densità e standing crop incredibilmente elevati (0,49 ind./m<sup>2</sup> e 45,04 g/m<sup>2</sup>); negli altri settori le differenze sono meno pronunciate e le medie oscillano tra un minimo di 0,11 ind./m<sup>2</sup> di densità e 8,48 g/m<sup>2</sup> di standing crop, registrate nel Ne1, ad un massimo rispettivamente di 0,29 ind./m<sup>2</sup> (Ne7) e 15,36 g/m<sup>2</sup> (Ne2). All'analisi della varianza multivariata le differenze fra i settori di campionamento risultano altamente significative ( $\lambda_{\text{WILKS}}=0,049$ ;  $R_{\text{RAO}}=7,536$ ;  $p=0,0001$ ).

Analizzando il campione disaggregato per fase di campionamento emergono altre interessanti considerazioni: come si può osservare dalla Fig.12, che riporta i Box-Whisker plot costruiti sul valore medio, l'errore standard e i limiti fiduciali al 95% di probabilità di densità e standing crop, la densità subisce un calo progressivo nel tempo; a tale diminuzione della densità non segue un analogo calo nello standing crop, che al contrario subisce un incremento passando dalla fase 1 alla 2 (Tab.11). Tale situazione appare giustificata dall'incidenza della mortalità, che causa la diminuzione numerica degli individui

tra le prime due fasi, che nel caso dello standing crop è più che compensata dall'accrescimento ponderale degli esemplari sopravvissuti. Ciò che sembra meno comprensibile è invece il calo di densità e standing crop che si registra nella fase 3; in questo caso infatti la mortalità dovrebbe essere bilanciata dal reclutamento dovuto all'aggiunta nella popolazione dei nuovi nati, essendo il campionamento della fase 3 successivo alla riproduzione della trota fario. Si può ipotizzare che in questo caso sono sopraggiunti dei fattori di disturbo che possono aver causato un incremento della mortalità e/o uno scarso successo riproduttivo. Alcuni lavori di sistemazione idraulica, che sono avvenuti nell'area indagata durante il periodo di campionamento, potrebbero aver concorso a determinare tale situazione. Il confronto fra i valori medi di densità e standing crop, effettuato mediante analisi della varianza multivariata, non evidenzia differenze statisticamente significative ( $\lambda_{Wilks}=0,62$ ;  $R_{RAO}=2,277$ ;  $p=0,08$ ).

L'analisi del campione disaggregato per tipo di gestione si può osservare nella Fig.13, che riporta i Box-Whisker plot costruiti sul valore medio, l'errore standard e i limiti fiduciali al 95% di probabilità di densità e standing crop. In questa analisi, per permettere un utile raffronto, sono stati considerati, oltre ai dati relativi ai pesci campionati nel tratto oggetto di studio, i valori di densità e standing crop rilevati per 26 altre popolazioni di trota fario presenti nei più importanti corsi d'acqua a salmonidi del bacino del Tevere. Ciò permette di confrontare settori fluviali aventi caratteristiche diverse, ma soprattutto differenti modalità gestionali: tutti i settori fluviali considerati sono stati infatti distinti in settori interni al tratto No kill (Ne2-Ne6), settori esterni al tratto No Kill (Ne1 e Ne7), settori in cui sono permessi i metodi di pesca tradizionali (normale), settori in cui la pesca è proibita del tutto (bandita). Dall'analisi dei Box-Whisker plot della densità si può notare come i valori medi più elevati di tale parametro caratterizzino le bandite di pesca (valore medio superiore a 1 ind. ogni 3 m<sup>2</sup>) e i settori normali (oltre 1 ind. ogni 4 m<sup>2</sup>), mentre i settori interni al tratto No kill e quelli limitrofi si attestano attorno a valori di 1 ind. ogni 5 m<sup>2</sup>. Maggiori sono le informazioni che possono essere ricavate dall'analisi dell'andamento dello standing crop, parametro che al contrario della densità non risente delle differenze di taglia media degli individui che compongono le diverse popolazioni e che quindi fornisce indicazioni più oggettive sulla quantità di pesce realmente presente nei diversi tratti fluviali. Nel caso dello standing crop sono i settori interni al tratto No kill a presentare i valori medi di biomassa/m<sup>2</sup> più elevati (media pari a 18,80 g/m<sup>2</sup>), valori che risultano addirittura più alti dei settori in cui la pesca è proibita del tutto (media pari a 16,41 g/m<sup>2</sup>); settori esterni al tratto No kill e quelli a conduzione normale presentano medie simili fra loro ed inferiori agli altri settori

(rispettivamente di 11,33 g/m<sup>2</sup> e 11,98g/m<sup>2</sup>). L'analisi della varianza multivariata evidenzia inoltre che le differenze fra i settori disaggregati per tipo di gestione risultano statisticamente significative ( $\lambda_{\text{Wilks}}=0,757$ ;  $R_{\text{RAO}}=4,623$ ;  $p=0,0002$ ).

Il confronto tra zona A e zona B evidenzia che la prima (0,253 ind./m<sup>2</sup> e 20,129 g/m<sup>2</sup>) presenta valori di densità e standing crop più elevati della seconda (0,164 ind./m<sup>2</sup> e 13,492 g/m<sup>2</sup>); tali differenze non risultano tuttavia significative all'analisi della varianza multivariata ( $\lambda_{\text{Wilks}}=0,937$ ;  $R_{\text{RAO}}=0,400$ ;  $p=0,679$ ).

Alla scopo di evidenziare come la componente ambientale possa giustificare l'elevata variabilità nell'abbondanza della fauna ittica all'interno della zona a regolamento specifico è stata condotta un'analisi delle componenti principali utilizzando una matrice di dati composta da densità, standing crop, parametri morfo-idrologici ed ambientali dei settori interni al tratto No kill (Ne2-Ne6). I risultati sono illustrati nella Fig.14 e nella Tab.12 e mostrano come il primo fattore, che giustifica oltre il 53% della varianza totale, risulti particolarmente interessante nell'interpretazione dei dati. Tale fattore, infatti, mostra come la densità e lo standing crop risultino direttamente correlati alla percentuale di run, al ricovero per i pesci, alla copertura vegetale del fondo e alla presenza di arbusti sulle sponde, mentre al contrario una correlazione inversa lega la densità e lo standing crop con la percentuale di riffle, la larghezza media dell'alveo, la portata, la superficie di campionamento, la superficie ombreggiata e la granulometria. Il secondo parametro, che giustifica il 21,94 della varianza totale, appare di minor significato biologico e correla in modo inverso velocità di corrente e presenza di alberi con profondità media e percentuale di pool.

## **2.6 - Accrescimento.**

### **2.6.1 – Relazione lunghezza-peso.**

I grafici delle Figg.15-17 riportano le relazioni lunghezza-peso calcolate per i diversi settori di campionamento, mentre la Tab.13 riassume i valori dell'intercetta e del coefficiente di regressione delle relazioni trovate. Il coefficiente di regressione appare abbastanza variabile tra un settore e l'altro, anche se si distribuisce attorno ad un valore centrale di 3, valore che indica un accrescimento di tipo isometrico (Bagenal, 1978). In particolare il valore più basso è stato registrato nel settore Ne5 (con 2,67), mentre il settore Ne6 è caratterizzato dal valore più elevato (3,21).

Effettuando un confronto mediante analisi della covarianza (Ancova) fra i campioni costituiti dagli esemplari catturati nei settori esterni al tratto No kill e in quelli interni si

evidenziano differenze altamente significative nelle relazioni lunghezza peso ( $F=13,161$ ;  $p=0,0003$ ). Le relazioni trovate sono pari a  $P=0,013Lt^{2,928}$  nei settori interni (Fig.18) e  $P=0,015Lt^{2,970}$  in quelli esterni (Fig.18); il valore del coefficiente di regressione più elevato per i settori esterni comporta che i pesci presenti in tale area raggiungono a parità di lunghezza pesi maggiori.

### 2.6.2 – Accrescimento teorico in lunghezza.

Nelle Figg.19-21 sono riportati i grafici che illustrano l'accrescimento teorico in lunghezza nei vari settori di campionamento, mentre nella Tab.14 sono riassunti i parametri che descrivono le equazioni trovate.  $L_{\infty}$  rappresenta la massima lunghezza raggiungibile dalle trote esaminate; i valori di questo parametro appaiono non eccessivamente elevati ed abbastanza variabili da un settore all'altro: il valore più basso è di 33,118 cm ed è stato calcolato per il Ne5; il valore più elevato è presente invece nel Ne6 ed è uguale a 54,96 cm. Il valore di  $L_{\infty}$  calcolato per l'intero campione è risultato di 44,408 cm (Fig.22); i soli settori Ne1 e Ne6 fanno registrare valori superiori.

Il parametro  $\Phi$  permette di sintetizzare le informazioni descritte dai vari parametri dell'equazione descrivendo la qualità complessiva dell'accrescimento: tanto più è elevato il valore di  $\Phi$ , migliore è l'accrescimento. Ciò risulta particolarmente utile quando si vogliono confrontare le caratteristiche di popolazioni diverse. Il confronto dimostra come tale parametro vari molto poco da un settore all'altro: l'accrescimento peggiore è quello calcolato per il settore Ne7 ( $\Phi=2,56$ ), mentre il migliore risulta nel Ne1 ( $\Phi=2,61$ ). Il valore calcolato per l'intero campione è pari a 2,585; accrescimento migliore rispetto alla media di tutto il campione presentano i soli settori Ne1 e Ne6.

Un confronto dei valori medi di  $L_{\infty}$  e  $\Phi$  calcolati per gruppi di settori con diversi criteri gestionali è stato effettuato mediante analisi della varianza multivariata. I valori medi calcolati sono riportati nella Tab.15: i tratti in cui la pesca è permessa con le tecniche tradizionali presentano i valori più elevati per entrambi i parametri, mentre le zone in cui la pesca è proibita si caratterizzano per i valori più bassi. Tra settori interni ed esterni al tratto No kill le disparità risultano comunque di scarsissimo rilievo e l'analisi, non evidenzia differenze statisticamente significative fra i diversi tipi di gestione ( $\lambda_{WILKS}=0,816$ ;  $R_{RAO}=0,393$ ;  $p=0,876$ ). Si può quindi assumere che l'accrescimento delle trote presenti nell'area indagata sia efficacemente descritto dall'equazione teorica calcolata per il

campione totale (Fig.22), pari a:  $L_t = 44,41 \left\{ - e^{[-0,195(t+0,71)]} \right\}$ . Mediante tale formula è possibile calcolare che la misura legale di 20 cm viene raggiunta dalle trote presenti nell'area indagata durante il 3° anno di vita (classe 2+).

## **2.7 – Struttura e dinamica di popolazione.**

### **2.7.1 – Struttura di popolazione.**

Le Figg.23-25 illustrano la struttura di popolazione di ogni singolo settore di campionamento, ottenuta riportando sull'asse delle ordinate la densità delle varie classi di età presenti.

Il settore Ne1 presenta una delle strutture per età migliori fra quelle trovate, infatti l'andamento delle densità decresce regolarmente con l'invecchiamento degli individui e buona è anche la dotazione numerica degli esemplari più giovani (0,035 ind./m<sup>2</sup>) anche se le densità non appaiono mai eccessivamente elevate. Ampio è l'intervallo delle classi di età (massimo 7+). Il settore Ne2 si caratterizza per dotazione di giovani nati dell'anno estremamente elevata (0,107 ind./m<sup>2</sup>), una buona presenza delle classi di età successive fino ai 4+ ed un numero molto scarso di esemplari più vecchi, che hanno una età massima di 7 anni (classe 6+). Il settore Ne3 presenta una buona struttura di popolazione, anche se scarseggiano gli esemplari più anziani; infatti l'età massima registrata non è molto alta (5+) e si presenta assai poco dotata numericamente. Anche nel settore Ne4 sono presenti al massimo individui di età 5+, scarsi sono anche i 4+ (0,007 ind./m<sup>2</sup>), mentre abbondano tutte le classi di età più giovani. Nel settore Ne5 si registra una struttura abbastanza analoga al Ne2, con giovani dell'anno estremamente più abbondanti (0,083 ind./m<sup>2</sup>) rispetto a tutte le altre classi; in questo caso tuttavia si registra una età massima meno elevata (5+). Nel settore Ne6 sono presenti gli individui più anziani fra quelli catturati nell'intera area indagata (10+); la distribuzione delle classi non è tuttavia continua e presenta delle assenze per l'età 8+, valori estremamente bassi per le classi più vecchie già a partire dalla 4+ (0,0146 ind./m<sup>2</sup>), mentre sottodimensionati appaiono anche gli esemplari dell'anno (0,097 ind./m<sup>2</sup>). Due classi la 1+ e la 2+ risultano dominanti su tutte le altre, con densità elevate (0,132 ind./m<sup>2</sup> e 0,149 ind./m<sup>2</sup> rispettivamente); alti sono anche i valori dei 3+ (0,092 ind./m<sup>2</sup>). Infine il settore Ne7 è quello che presenta la peggiore struttura di popolazione: unica classe presente con un numero elevato di esemplari è la 1+ (0,142 ind./m<sup>2</sup>), ma le abbondanze rapidamente decrescono già a partire dai 2+ (0,052 ind./m<sup>2</sup>) e diventano praticamente irrilevanti nelle classi più vecchie;

sottodimensionati sono anche i giovani dell'anno (0,080 ind./m<sup>2</sup>). La massima età rilevata è la 5+.

La Fig.26 confronta la struttura di popolazione dei settori interni al tratto a regolamento specifico con quella dei settori esterni. Dal grafico si possono evidenziare le importanti differenze che caratterizzano i due diversi tipi di gestione: i settori in cui la pesca è permessa con i metodi tradizionali sono caratterizzati dalla presenza preponderante di pesci di giovane età. Sono presenti 7 classi di età, ma la 1+ da sola è pari al 43,69% di tutti i pesci presenti; se poi si sommano tutti i pesci di età inferiore ai 3 anni, età in cui viene raggiunta la taglia legale, si raggiunge una percentuale pari a quasi il 90% del totale. Un intenso prelievo causato dalla pesca ed applicato sugli esemplari al di sopra della taglia legale genera infatti l'appiattimento della struttura di popolazione e l'aumento della proporzione degli esemplari in giovane età. Diversa è la situazione nei settori interni al tratto No kill, dove la struttura di popolazione è notevolmente più articolata: il numero delle classi di età presenti è infatti pari a 10 ed i pesci al di sopra della taglia legale assommano a quasi il 53%. Tuttavia, anche se nettamente migliore rispetto ai settori in cui è ammesso il prelievo ittico, la struttura dei settori dell'area a regolamento specifico mostra degli squilibri: la popolazione appare ben equilibrata e distribuita fino agli esemplari 3+, ma poi la densità delle classi più vecchie subisce un calo molto drastico e la percentuale degli individui di età superiore a 5 anni (oltre i 30 cm) oltrepassa appena l'1%.

Le differenze tra la struttura di popolazione dei settori esterni al tratto No kill sono risultate comunque altamente significative all'analisi del  $\chi^2$  ( $\chi^2=48,022$ ;  $p=0,00001$ ). All'interno della zona a regolamento specifico confrontando più in dettaglio, sempre con l'analisi del  $\chi^2$ , la struttura di popolazione delle zone A e B non si evidenzia nessuna differenza statisticamente significativa ( $\chi^2=7,278$ ;  $p=0,608$ ). Al contrario, all'esterno del tratto No kill differenze statisticamente significative esistono tra il settore Ne1 (collocato a valle) e il settore Ne7 (a monte) ( $\chi^2=104,967$ ;  $p=0,00001$ ).

### 2.7.2 – Mortalità e sopravvivenza.

Le Figg.27-29 illustrano i grafici utilizzati per il calcolo della mortalità e sopravvivenza, mentre la Tab.16 riporta i valori stimati del tasso istantaneo di mortalità, della sopravvivenza e del tasso annuale di mortalità nei vari settori.

La sopravvivenza presenta valori abbastanza elevati in tutti i settori con valori che superano quasi sempre il 50%; fanno eccezione il Ne5, in cui il valore degli individui che

ogni anno sopravvive raggiunge il 46,5%, e soprattutto il Ne7 in cui la percentuale degli individui che scompare ogni anno dalla popolazione supera abbondantemente i sopravvissuti, pari soltanto al 38%. Il valore più elevato di sopravvivenza caratterizza il Settore Ne3, con il 56,9%.

La Fig.30 riporta i Box-Whisker plot costruiti sul valore medio, l'errore standard e i limiti fiduciali al 95% di probabilità della sopravvivenza calcolata per i settori interni all'area a regolamento specifico, per i settori esterni e per altre popolazioni di trota fario del bacino del Tevere presenti in tratti fluviali in cui la pesca è proibita (bandite) o permessa con i metodi tradizionali. Come si può notare dal grafico i valori più alti di sopravvivenza vengono registrati nelle bandite di pesca, con una sopravvivenza media annua del 62,70%; in tali settori si può assumere che tutti gli individui che ogni anno vengono sottratti alla popolazione (pari al 37,30%) lo siano per cause naturali. I settori interni al tratto No kill fanno registrare un tasso medio annuo di sopravvivenza inferiore alle località in cui la pesca è totalmente bandita, ma comunque elevato (51,50%). Nelle zone in cui la pesca è praticata con i metodi tradizionale alle cause naturali di morte si deve evidentemente aggiungere anche la mortalità dovuta al prelievo operato dai pescatori, per cui ci si deve aspettare una sopravvivenza più bassa. Ciò effettivamente avviene, tuttavia, è ancora possibile notare che i settori esterni alla zona a regolamento specifico fanno registrare rispetto a tutti gli altri con gestione "normale" una sopravvivenza sensibilmente più elevata (45,50% contro 38,79%). Appare molto probabile che ciò sia dovuto alla diffusione naturale di parte delle trote presenti all'interno del tratto No kill nelle zone limitrofe, in modo tale che ciò compensi parzialmente la mortalità da pesca. All'analisi della varianza le differenze registrate fra i valori medi di sopravvivenza disaggregati per modalità di gestione risultano statisticamente significative ( $F=4.567$ ;  $p=0,0104$ ). All'analisi della covarianza nessuna differenza emerge quando all'interno della zona a regolamento specifico si confrontino le sopravvivenze calcolate per i settori della zona A e del settore B ( $F=0,157$ ;  $p=0,693$ ).

Il grafico della Fig.31 riporta il plot delle densità distinte per fase di campionamento di ciascuna classe di età. Dall'analisi di tale grafico, che è stato utilizzato per la stima cumulata della mortalità e sopravvivenza dell'intero tratto No kill (Ne2-Ne6), emergono altre importanti informazioni. Risulta molto chiara la repentina diminuzione della densità degli individui 4+ rispetto alle classi di età più giovani. Tale situazione è facilmente spiegabile considerando che i fenomeni che coinvolgono la dinamica di una popolazione necessitano di un tempo sufficientemente lungo per portare ad equilibri stabili. Infatti è

evidente che l'attuale squilibrio numerico nella struttura di popolazione è conseguente ai cambiamenti avvenuti nelle condizioni di vita della popolazione a partire dall'istituzione dell'area a regolamento specifico, avvenuta nel 1994. Ciò ha evidentemente comportato una rilevante diminuzione della mortalità, i cui effetti positivi sulla popolazione si possono oggi notare soltanto nelle coorti nate dal 1995 in poi e cioè sugli esemplari che oggi appartengono alle classi fino alla 3+. Se tale ipotesi sarà confermata, con il progressivo invecchiamento della coorte del 1995 la futura popolazione raggiungerà un definitivo equilibrio, meno penalizzante per le classi di più vecchie.

Una popolazione composta in parte da individui nati prima del 1995 e vissuti in anni a più elevata mortalità, può aver indotto una sottostima delle sopravvivenze sopra riportate. Stimato sull'intera popolazione il tasso istantaneo di mortalità ( $Z$ ) risulta, infatti pari a 0,624, che corrisponde ad una sopravvivenza annua del 53,6% ed una mortalità annua del 46,4%. Si può tuttavia osservare come il valore di sopravvivenza che si ottiene escludendo gli esemplari più anziani è notevolmente più elevato:  $Z$  scende in questo caso a 0,389, che equivale ad una sopravvivenza annua del 67,80% ed una mortalità del 32,20%. Ciò sottolinea ancor più i benefici che le popolazioni ittiche hanno conseguito dall'istituzione dell'area a regolamento specifico.

## **2.8 – Fattore di condizione.**

Il fattore di condizione ( $W_R$ ) è stato calcolato per il campione complessivo: il valore medio (94,771) non risulta particolarmente elevato essendo inferiore al valore di 100, considerato indicativo di una popolazione in buone condizioni di alimentazione. Abbastanza ampia è la variabilità del parametro (d.s.=10,795) e soprattutto l'intervallo di variazione che oscilla da un minimo di 41,187 ad un massimo di 175,064.

La statistica descrittiva del campione disaggregato per settore di campionamento è illustrata nella Tab.17. Anche in questo caso vengono confermate le indicazioni viste per il campione complessivo; nessun settore presenta popolazioni in condizioni accettabili, essendo in tutti i casi i valori inferiori a 100, e si evidenzia una estrema variabilità fra valori massimi e minimi. E' evidente quindi che in tutti i settori convivono esemplari che presentano condizioni estremamente diversificate.

I settori esterni al tratto No kill si collocano agli estremi opposti per quanto riguarda la distribuzione dei valori medi: la condizione peggiore è infatti stata registrata nel settore Ne1, con valore di 92,196, mentre nel Ne7 si segnala la media più elevata, pari a 98,189 (Fig.32). Più omogenei fra loro appaiono i settori interni, con valori medi compresi fra



93,973 (Ne2) e 95,571 (Ne3). All'analisi della varianza tali differenze nella condizione risultano altamente significative ( $F=13,996$ ;  $p=0,00001$ ).

Il confronto fra i valori medi registrati nei settori interni all'area a regolamento specifico con quelli esterni è stato effettuato mediante t-test. I settori interni presentano valori di  $W_r$  inferiori (94,474) rispetto agli esterni (95,735) e le differenze risultano altamente significative al test statistico ( $t=3,058$ ;  $p=0,002$ ). Ciò conferma i risultati già evidenziati nell'analisi della relazione lunghezza-peso, da cui risulta che a parità di lunghezza le trote dell'area a regolamento specifico raggiungono pesi meno elevati.

All'interno dell'area No kill il t-test non evidenzia differenze statisticamente significative ( $t=0,924$ ;  $p=0,355$ ) nel fattore di condizione degli esemplari presenti nella zona A ( $W_R$  medio=94,383) e di quelli della zona B ( $W_R$  medio=94,852).

L'analisi dell'andamento dei valori raggiunti dalla condizione nelle differenti classi di età è riportato nella Fig.32: la condizione progressivamente cresce dagli esemplari 0+ (90,878) fino ai 2+, in cui raggiunge il massimo assoluto (96,787). Successivamente i valori decrescono nuovamente negli esemplari più anziani, ad eccezione della classe 5+ (92,472), fino a raggiungere il minimo di 87,862 registrato nella classe 6+. All'analisi della varianza le differenze registrate fra le varie classi di età risultano altamente significative ( $F=303,186$ ;  $p=0,00001$ ).

Per verificare l'esistenza di influenze legate al succedersi delle stagioni è stata anche condotto un confronto fra i valori di  $W_R$  in funzione delle fasi di campionamento. I risultati sono illustrati nella Fig.32; si può notare una drastica diminuzione della condizione nella seconda fase di campionamento ( $W_R$  medio=92,820) nei confronti della terza ( $W_R$  medio=95,495) e soprattutto della prima ( $W_R$  medio=96,693). Le differenze fra le 3 medie sono altamente significative all'analisi della varianza ( $F=50,736$ ;  $p=0,0001$ ). Questi risultati sono abbastanza sorprendenti: in generale la condizione nei pesci generalmente migliora dalla primavera all'autunno, quando i fattori climatici sono più favorevoli ed il cibo più abbondante, e secondariamente viene anche influenzata dal ciclo biologico della specie. Per questi motivi ci si attendeva un aumento di  $W_R$  nella seconda fase di campionamento e valori più bassi e pressoché coincidenti nelle fasi 1 e 2, entrambe avvenute in primavera.

## **2.9 – Malformazioni.**

La percentuale di esemplari che presentano malformazioni di vario genere è molto bassa: su 3728 pesci esaminati soltanto 80, pari al 2,2%, sono risultati positivi all'esame; questa percentuale scende allo 0,34% (13 individui) se si considera esclusivamente la

presenza di lesioni localizzate sulla bocca, indice probabile di danni causati dall'attività di pesca.

Confrontando i dati dei settori interni all'area a regolamento specifico con quelli dei settori esterni emergono lievi differenze: i pesci presenti nei settori interni presentano una percentuale minore di malformazioni generali (1,882%), ma maggiori sono le lesioni sulla bocca (0,447%) rispetto ai pesci che vivono nei settori esterni (2,775% e 0% rispettivamente). Le differenze per quanto riguarda le malformazioni generali non risultano statisticamente significative all'analisi del  $\chi^2$  ( $p=0,055$ ), mentre lo sono per le lesioni sulla bocca ( $p=0,022$ ).

All'interno dell'area a regolamento specifico sono state anche confrontate le percentuali di malformazioni e lesioni fra pesci della zona A e della zona B. Nei settori in cui la pesca a spinning è proibita le malformazioni generali sono presenti nell'1,965% dei casi e le lesioni sulla bocca nello 0,470%, mentre dove lo spinning è permesso le percentuali scendono rispettivamente allo 1,590% e 0,353%. Le differenze non risultano comunque mai significative all'analisi del  $\chi^2$  (malformazioni:  $p=0,240$ ; lesioni  $p=0,326$ ).

Mediante analisi della varianza multivariata sono stati infine confrontati il fattore di condizione, la lunghezza, il peso e l'età fra individui malformati e sani; i valori medi calcolati per i vari parametri sono riportati nella Tab.18, mentre il grafico della Fig.33 riporta i Box-Whisker plot costruiti sul valore medio, l'errore standard e i limiti fiduciali al 95% di probabilità del fattore di condizione. Gli individui malformati e lesionati risultano di taglia minore ma più anziani rispetto ai sani, di conseguenza il fattore di condizione è nettamente inferiore nei primi; le differenze appaiono altamente significative al test statistico ( $\lambda_{WILKS}=0,996$ ;  $R_{RAO}=3,874$ ;  $p=0,038$ ). Il plot Box-Whisker evidenzia inoltre come la variabilità associata al fattore di condizione risulti molto ampia negli esemplari non sani: evidentemente il tipo e la gravità della lesione è molto importante nel determinare il grado di compromissione nelle capacità di accrescersi ed alimentarsi delle trote.

### **3 – CONCLUSIONI**

La ricerca ha dimostrato che l'istituzione dell'area a regolamento specifico ha sicuramente comportato dei benefici per le popolazioni di trota fario presenti. Quando vengono confrontati dal punto di vista quantitativo i settori fluviali dell'area a regolamento specifico con gli altri tratti fluviali emerge chiaramente che:

- I settori interni al tratto No kill si caratterizzano per possedere popolazioni composte da individui più anziani e di taglia superiore rispetto ai settori esterni al tratto No kill.
- I settori interni al tratto No kill presentano una quantità di pesce per unità di superficie molto elevata, superiore alla media dei tratti a salmonidi del bacino del Tevere ed addirittura superiori alle zone in cui la pesca è proibita. I settori esterni al tratto No kill non si discostano al contrario dalla media dei tratti a salmonidi del bacino del Tevere.

All'interno dell'area a regolamento specifico, tuttavia, esistono delle differenze estremamente pronunciate nelle abbondanze ittiche. Alcuni parametri ambientali risultano particolarmente importanti per interpretare i dati e giustificare le differenze rilevate fra un settore e l'altro. Le analisi statistiche evidenziano infatti come densità e lo standing crop aumentino nei settori caratterizzati da velocità di corrente regolare (run), abbondante ricovero per i pesci, elevata presenza di idrofite sul fondo e di arbusti sulle sponde, scarsa ombreggiatura dell'alveo. Al contrario la quantità di pesce presente per unità di superficie diminuisce quando aumenta la portata e la velocità di corrente diviene più impetuosa (tipologie fluviali a riffle) con conseguente ampliamento della larghezza media dell'alveo e maggiori dimensioni medie degli elementi che compongono il fondo. Risulta comunque dubbio che le sole caratteristiche ambientali siano in grado di giustificare le variazioni registrate.

Per quanto riguarda l'accrescimento lineare le popolazioni di trota fario presenti nell'area indagata si caratterizzano per valori abbastanza buoni, anche se non eccezionali, che si collocano comunque nella media delle popolazioni conspecifiche presenti nel bacino del fiume Tevere. Nessuna importante differenza emerge fra i pesci presenti all'interno dell'area a regolamento specifico con quelli che vivono all'esterno, quando si confrontino i valori dei parametri che descrivono l'equazione di accrescimento teorico in lunghezza. Infatti le modalità d'accrescimento appaiono scarsamente influenzabili dalle regolamentazioni delle tecniche di pesca e caso mai possono essere maggiormente condizionate dalla disponibilità di alimento, dall'abbondanza numerica delle popolazioni e dalle caratteristiche ambientali.

Si può quindi assumere che l'accrescimento delle trote presenti nell'area indagata sia efficacemente descritto dall'equazione teorica calcolata per il campione totale, pari a:

$L_t = 44,41 \left\{ 1 - e^{-0,195(t+0,71)} \right\}$ . La lunghezza massima raggiungibile dai pesci presenti nell'area

No kill si aggira, quindi, attorno ai 45 cm, a cui corrisponde un peso di poco superiore a 1,200 Kg. La velocità con cui vengono raggiunte taglie di discrete dimensioni non è

eccessivamente rapida: la misura legale di 20 cm viene raggiunta, ad esempio, durante il 3° anno di vita, mentre per arrivare a misurare 40 cm occorrono ad una trota all'incirca 8 anni.

Meno buona è la situazione quando si analizza l'accrescimento ponderale. Le indicazioni che emergono dalle relazioni trovate tra lunghezza e peso appaiono pienamente confermate anche dall'analisi del fattore di condizione. I risultati evidenziano che nell'area indagata la condizione non è ottimale e che esiste una variabilità interna al campione esaminato molto elevata; ciò significa che pesci aventi la stessa lunghezza possono raggiungere pesi spesso diversi. I valori del coefficiente di regressione si distribuiscono attorno a 3, valore che indica un accrescimento di tipo isometrico. Il confronto tra pesci che vivono nei settori interni rispetto a quelli presenti esternamente alla zona No kill indica l'esistenza di condizioni di esistenza differenti fra i due gruppi di pesci, con i secondi che presentano a parità di lunghezza pesi maggiori rispetto ai primi e quindi una condizione generalmente migliore. Non è possibile individuare con chiarezza le cause di tale situazione, anche se si può avanzare l'ipotesi dell'esistenza di fenomeni competitivi, causati dagli elevati livelli di densità numerica presenti all'interno dell'area a regolamento specifico.

Il fattore di condizione presenta anche una probabile anomalia nel suo andamento stagionale: l'analisi dei dati mostra una diminuzione dei valori di  $W_R$  nella seconda fase di campionamento e ciò contrasta con quanto atteso. Alcuni lavori di sistemazione idraulica, che sono avvenuti nell'area indagata a cavallo tra la prima e la seconda fase di campionamento e che hanno comportato degli interventi di escavazione in alveo, potrebbero aver condizionato l'andamento del fattore di condizione, riducendo le capacità di alimentazione delle trote. Allo stato attuale, tuttavia, non è neanche possibile escludere che lo stesso andamento sia dovuto ad un eccessivo afflusso di pescatori, dal momento che l'attività di pesca si concentra proprio nel periodo stagionale che vede il peggioramento nello stato di condizione delle trote.

Tra settori interni ed esterni all'area a regolamento specifico esiste una differenza significativa nel numero di esemplari malformati, con i settori interni che registrano una percentuale più elevata soprattutto per quanto riguarda i pesci con lesioni sulla bocca. Tuttavia le trote aventi malformazioni rappresentano qui una quota poco consistente del totale, a dimostrazione che il catch and release, se ben condotto, non pregiudica eccessivamente la salute dei pesci. Poco più del 2% delle trote catturate sono risultate infatti positive all'esame, ma questa percentuale scende allo 0,34% se si considerano

esclusivamente la lesioni localizzate nei pressi della bocca, indice più sicuro di danni causati dalla pesca. Gli individui lesionati risultano di taglia minore, più anziani ed in condizione peggiore rispetto ai sani e la gravità della lesione è molto importante nel determinare il grado di compromissione nelle capacità di accrescersi ed alimentarsi delle trote. Appare quindi di fondamentale importanza riporre la massima cura nel trattare e manipolare il pesce dopo la cattura, nell'intento di limitare al massimo i danni.

L'analisi della struttura e della dinamica di una popolazione costituisce uno strumento molto potente per individuare gli elementi che agiscono su una popolazione e per prevederne le tendenze in atto. Anche nel caso del tratto No kill tale analisi ha permesso di trarre indicazioni molto utili anche a fini gestionali. Le conclusioni principali possono essere così sintetizzate:

- La struttura di popolazione ha sicuramente risentito positivamente dell'istituzione del tratto a regolamento specifico. Il confronto con i settori esterni evidenzia la presenza di una struttura nettamente migliore all'interno del tratto No kill, di un numero di classi di età notevolmente più ampio, di un numero significativamente più elevato di esemplari di taglia e di età maggiore.
- La struttura di popolazione nell'area a regolamento specifico non appare comunque ottimale: esistono differenze abbastanza pronunciate fra un settore e l'altro e presa nel suo complesso la popolazione appare ben equilibrata soltanto se si considerano gli esemplari di età inferiore a 4 anni. La densità delle classi più vecchie subisce, al contrario, un calo molto pronunciato e la percentuale degli individui di età superiore a 5 anni (oltre i 30 cm) risulta esigua. Tale situazione è fortemente influenzata dalla recente istituzione dell'area a regolamento specifico e rispecchia il fatto che la popolazione non ha avuto ancora il tempo di raggiungere un equilibrio stabile. In ogni caso l'ampia base di individui giovani presenti lascia prevedere che in breve tempo, con il loro progressivo invecchiamento, la popolazione potrà modificare spontaneamente la propria struttura, riequilibrando i rapporti fra esemplari giovani ed anziani.
- La sopravvivenza calcolata per il complesso della popolazione nell'area a regolamento specifico risulta molto buona e significativamente più elevata rispetto alle zone dove è ammesso il prelievo ittico da parte dei pescatori sportivi. All'interno dell'area le sopravvivenze e le mortalità stimate non si differenziano notevolmente fra un settore e l'altro; ciò indica che complessivamente la mortalità causata dall'esercizio della pesca con modalità di catch and release risulta modica e compresa entro limiti accettabili.

- I benefici causati dall'istituzione dell'area a regolamento specifico sembrano estendersi anche ai settori limitrofi. Questi infatti presentano una mortalità significativamente meno elevata della media delle popolazioni a salmonidi del bacino del Tevere e una buona struttura di popolazione, soprattutto nel settore più a valle. Si può ipotizzare l'esistenza di una diffusione naturale delle trote dall'area No kill alle zone limitrofe, in modo tale che ciò compensi in parte il prelievo operato dai pescatori sportivi. Le differenze esistenti fra i due settori esterni, Ne1 e Ne7, sono tali da far ritenere che diffusione sia maggiore verso i settori a valle.

Tra le altre indicazioni emerge anche che all'interno dell'area a regolamento specifico nessuna sostanziale differenza esiste fra settori della zona A e settore B per nessuno degli aspetti indagati.

La ricerca ha evidenziato gli indubbi risvolti positivi che l'istituzione dell'area a regolamento specifico ha comportato per la fauna ittica presente nel tratto di fiume Nera esaminato. Alcuni aspetti non appaiono, tuttavia, ancora ottimali. Un accrescimento ponderale insufficiente, la disomogeneità fra i settori nelle abbondanze ittiche, il fattore di condizione basso e variabile sono elementi che rendono probabile la presenza di interazioni competitive interne alla popolazione. Ciò, tuttavia, può essere anch'esso interpretato alla luce della troppo recente istituzione dell'area a regolamento specifico. La popolazione deve ancora raggiungere una struttura stabile per età e questo probabilmente condiziona molti altri aspetti della sua ecologia; è quindi consigliabile seguirne l'evoluzione nel tempo. Allo stesso modo andrebbero circostanziate le conseguenze di una eccessiva concentrazione di pescatori attraverso il monitoraggio dello sforzo pesca, della sua distribuzione all'interno dell'area a regolamento specifico e mediante la registrazione delle catture effettuate dai pescatori sportivi.

## **Bibliografia**

- Abella A., Auter R., Serena F., Silvestri R., Voliani A. (1994): Studio sulla variabilità di accrescimento a diverse altitudini della trota fario nel torrente Lima. Atti 5° Convegno Nazionale AIIAD, 307-312.
- Anderson R.O. e Neumann R.M. (1996): Length, weight and associated structural indices. In Murphy B.R. e Willis D.W. (editors): Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, 447-482.
- Bagenal T.B. (1978): Fish production in fresh waters. Ed. Blackwell, London, pp.365.

- Bagliniere J.L. e Le Louarn H. (1987): Caractéristiques scalimétriques des principales espèces de poissons d'eau douce de France. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, **306**: 1-39.
- Barnhart R.A. (1989): Symposium review: catch and release fishing, a decade of experience. North American Journal of Fisheries Management, **9**: 74-80.
- Cowx I.G. (1990): Developments in electric fishing. Blackwell Scientific Publications Ltd, Oxford, pp.358.
- De Vries D.R e Frie R.V. (1996): Determination of age and growth. In Murphy B.R. e Willis D.W. (editors): Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, 483-511.
- Diggles B.K. e Ernst I (1997): Hooking mortality of two species of shallow water reef fish caught by recreational angling methods. Marine and Freshwater Research, **48**:4 79-483.
- Ferguson R.A. e Tufts B.L. (1992): Physiological effects of a brief air exposure in exhaustive exercised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): implications for "catch and release fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, **49**: 1157-1162.
- Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A. (1991): I pesci delle acque interne italiane. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, pp.616.
- Hazzard A.S (1952): Better trout fishing – and how. Sports Afield, **128**(2): 17-96.
- Lagler K.E., Bardach J.E., Miller R.R. (1962): Ichthyology, The studies of fishes. Wiley and sons, N.York, pp.545.
- La Porta G., Mearelli M., Lorenzoni M., Manciola P., Maio G., Salviati S., Marconato E., Goretti M., Terranova I., Schiavella P. (1988): Deflussi minimi vitali: un archivio relazionale sviluppato per lo studio metodologico del deflusso minimo vitale nel bacino del fiume Tevere. Quaderni E.T.P., **28**:
- 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. IX° Congresso Nazionale S.It.E., 96-97.
- Marchetti R. (1993): Ecologia Applicata. Città studi, Milano, pp. 553.
- Marconato A. (1991): Metodi per lo studio della struttura delle popolazioni ittiche delle acque interne: la densità di popolazione. Ist. Naz. di Biologia della Selvaggina, Supplemento alle ricerche di biologia della selvaggina, **16**: 7-18.
- Marconato E., Bresolin R., Maio G., Salviati S. (1994): Studio degli effetti della pesca "No Kill". Atti del 5° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., 161-174.

- Milewski C.L. e Brown M.L. (1994): Proposed standard weight ( $W_s$ ) equation and length category standards for stream-dwelling brown trout. *Journal of Freshwater Ecology*, **9**: 111-116.
- Moran P.A.P. (1951): A mathematical theory of animal trapping. *Biometrika*, **38**: 307-311
- Muoneke M.I. e Childress W.M. (1994): Hooking mortality: a review for recreational fisheries. *Reviews in Fisheries Science*, **2**: 123-156.
- Pauly D. e Munro J.L. (1984): Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, **1**(2):21-22.
- Ricker W.E. (1975): Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, **191**: 1-382.
- Stroud R.H. (1964): Most fishing is for fun – what else? *Sport Fishing Institute Bulletin*, **150**: 1-2.
- Von Bertalanffy L. (1938): A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, **10**: 181-243.
- Zippin C. (1956): An evaluation of the removal method of estimating animal populations, *Biometrics*, **12**: 163-189
- Zippin C. (1958): The removal method of population estimation, *Journal of Wildlife Management*, **22**: 82-90