



Regione dell'UMBRIA
Servizio Programmazione
Forestale, Faunistico
venatoria ed Economia
Montana



Provincia di Perugia
Servizio Programmazione
e Gestione Faunistica



Università degli Studi di
Perugia
Dipartimento di Biologia
Animale ed Ecologia



***ACCRESIMENTO, BIOLOGIA RIPRODUTTIVA E BIOLOGIA DELLA PESCA DEL
CARASSIO DORATO (Carassius auratus Linnaeus, 1758) NEL LAGO TRASIMENO***

Gruppo di lavoro

Lorenzoni M., Carosi A. Corboli M., Pedicillo G., Montanari I. - Dipartimento di Biologia
Animale ed Ecologia dell'Università degli Studi di Perugia

Ghetti L. - Servizio Programmazione Forestale, Faunistico-venatoria ed Economia
Montana – Regione dell'Umbria

Natali M. - Servizio Programmazione Ittio-Faunistica - Provincia di Perugia

Dolciami R., Mezzetti A., Biscaro Parrini A. - Centro Ittiogenico del Trasimeno - Provincia
di Perugia

1. INTRODUZIONE

La fauna ittica autoctona delle acque interne italiane ha subito nel corso degli anni un progressivo impoverimento connesso al più generale degrado degli ecosistemi acquatici, soprattutto come conseguenza delle attività antropiche (Sommani, 1967). L'inquinamento e l'eutrofizzazione delle acque, le variazioni della morfologia fluviale e dei regimi idrologici, la creazione di barriere alla circolazione dei pesci sono tra i principali fattori di perturbazione per la fauna ittica. A questi elementi si deve inoltre aggiungere l'introduzione di specie esotiche, che va considerata come uno dei più importanti e meno studiati fattori di degrado degli ecosistemi acquatici (Mills *et al.*, 1993; Leach, 1995; Lodge *et al.*, 2000; Mack *et al.*, 2000). La biodiversità in genere decresce se la specie introdotta esclude una o più specie indigene; in tal modo pochi organismi, ad ampia valenza ecologica, diventano sempre più diffusi, mentre il numero delle specie indigene endemiche e a limitata distribuzione (McKinney e Lockwood, 1999) si riduce sempre di più.

L'impatto delle introduzioni è stato documentato in tutto il mondo anche se molti autori hanno commentato la difficoltà di dimostrare lo specifico ruolo delle specie esotiche sulle comunità ittiche originarie (Belkessam *et al.*, 1997; Godinho e Ferreira, 2000). Le relazioni di causa ed effetto restano spesso ipotetiche a causa della mancanza di informazioni sullo status delle specie autoctone prima dell'introduzione e per i tempi lunghi necessari a verificare l'effetto delle introduzioni stesse (Rosecchi *et al.*, 1997).

Nel lago Trasimeno, la fauna ittica è stata oggetto di manipolazioni da parte dell'uomo da lungo tempo: la carpa è stata introdotta per la prima volta nel 1710 (Stella, 1949), il persico sole, il persico reale, la gambusia ed il latterino sono stati introdotti negli anni '20 (Mearelli *et al.*, 1990; Natali, 2002). La presenza di specie esotiche ha sicuramente causato una grave alterazione della composizione faunistica originale, modificandola in misura notevole: delle 19 specie ittiche segnalate nel lago Trasimeno ben 15 hanno origine alloctona (Moretti e Gianotti, 1966). Nella maggior parte dei casi l'introduzione delle specie alloctone ha causato forti cambiamenti nel delicato equilibrio della comunità ittica; l'estinzione della popolazione locale di rovello (*Rutilus rubilio* Bonaparte), un ciprinide una volta molto comune nel lago, può essere messa in relazione alla contemporanea massiccia diffusione del persico sole (*Lepomis gibbosus* Linnaeus), specie esotica proveniente dal Nord America (Cucchia, 2004).

Una delle tante specie acclimatate nel lago Trasimeno è il carassio dorato (*Carassius auratus* Linnaeus), specie che ha dimostrato di adattarsi molto bene alle caratteristiche ambientali del lago Trasimeno, tanto da aumentare in modo molto rapido le proprie abbondanze e diventare una delle specie dominanti la comunità ittica del lago (Mearelli *et al.*, 1990). Le caratteristiche che

determinano l'alto potere invasivo del carassio dorato sono prima di tutto la sua grande capacità di tollerare anche condizioni ambientali estreme: sopporta, di fatto, un alto tasso di inquinamento, riesce a vivere anche in acque con una bassa percentuale di ossigeno e prospera in acque estremamente torbide; di non secondaria importanza sono l'elevato tasso di fecondità e l'ampio spettro alimentare che caratterizzano tale specie. In molte delle località in cui è stato introdotto, il carassio dorato si è rivelato in grado di interferire ampiamente con le specie autoctone preesistenti, tanto da essere considerato una specie nociva per le comunità ittiche indigene ed essere, per questo, oggetto di programmi di contenimento ed eradicazione (USGS, 2001). Nel lago Trasimeno il carassio dorato, oltre ad interagire con le specie più interessanti dal punto di vista economico, non riveste alcun interesse commerciale e le sue attuali abbondanze possono esercitare un impatto negativo sulla pesca di professione anche andando a complicare le operazioni di cattura del pesce e di raccolta delle reti.

Precedenti ricerche hanno evidenziato l'esistenza di una forte dipendenza nel lago Trasimeno tra i livelli idrologici e caratteristiche ambientali (Mearelli *et al.*, 1990; Cucchia, 2004), tanto che è possibile individuare anche nel peggioramento delle condizioni del lago, conseguenti alla crisi idrica che attualmente lo affligge, una delle cause che hanno favorito l'espansione del carassio dorato. La massiccia presenza del carassio, in un ecosistema in crisi, tende ad aumentare le condizioni di forte disagio delle altre popolazioni ittiche, in quanto possono essere esaltati gli effetti negativi della competizione interspecifica. Tutto ciò, quindi, non può che ripercuotersi negativamente sulle abbondanze di specie economicamente importanti, con conseguenze negative anche per l'esercizio della pesca di professione, che rappresenta una delle attività più importanti del comprensorio del lago. L'attuale fase di livelli bassi, destinata a perdurare o ad aggravarsi se il trend climatico in atto dovesse durare (IPCC, 2001), favorisce il deterioramento qualitativo dell'acqua del lago ed incide negativamente sulle biocenosi acquatiche, fauna ittica compresa; ciò impone di approfondire gli studi sulla dinamica del lago, sulla base dei quali sarà possibile razionalizzare la gestione dell'intero sistema lacustre. In tale contesto si inserisce questo progetto che ha appunto lo scopo di indagare alcune caratteristiche della biologia del carassio dorato al fine giungere alla formulazione di ipotesi gestionali, che possano ridurre le attuali abbondanze nel lago Trasimeno e quindi limitare gli impatti che questa specie produce sulla comunità ittica e sulle attività della pesca di professione.

Parte 1

Metodologie utilizzate

2. CARATTERISTICHE DELL'AREA INDAGATA: IL LAGO TRASIMENO

Il lago Trasimeno è situato in Umbria a circa 30 Km ad Ovest di Perugia, tra i bacini del fiume Arno e del fiume Tevere. La sua natura di lago chiuso, con bacino imbrifero molto piccolo rispetto alla superficie del lago, implica che il livello delle acque é molto variabile e strettamente legato alle condizioni meteorologiche e climatiche. La sua importanza come area umida è riconosciuta dalla comunità scientifica nazionale ed internazionale.

2.1 Morfologia

Il lago Trasimeno (Fig.2.1) è caratterizzato da una conformazione della cuvetta lacustre unica nel panorama dei laghi italiani: la superficie molto estesa dello specchio d'acqua e la scarsa profondità lo caratterizzano infatti come il maggiore lago laminare italiano. La sua superficie è pari a circa 126 km², collocandolo al 4° posto fra i laghi italiani per estensione ed al 1° fra quelli dell'Italia peninsulare. La profondità massima è di soli 6,3 m, quella media è pari a 4,72 m. Le principali caratteristiche morfologiche e idrologiche del lago e del bacino sono riassunte nella tabella 2.1.

Il bacino imbrifero si estende per una superficie di 269 km² (Carollo, 1969), appena 2 volte superiore a quella dello specchio d'acqua. L'apporto idrico è garantito da brevi corsi d'acqua a regime torrentizio che nella stagione estiva hanno portate nulle o minime. Il bacino imbrifero è impostato su litotipi a bassa permeabilità e pertanto esso può essere considerato all'incirca coincidente con il bacino idrogeologico e si può assumere con discreta approssimazione che l'acqua che si infiltra



Quota media	250 m s.l.m
Superficie del lago	126 km ²
Superficie del bacino	269 km ²
Bacino totale	395 km ²
Perimetro	53,1 km
Indice di sinuosità	1,34
Profondità massima	6,30 m
Profondità media	4,72 m
Volume lago	586 x 10 ⁶ m ³
Tempo di ricambio	24,4 anni

Tabella 2.1 Caratteristiche morfologiche del lago Trasimeno

nei sedimenti presenti nel bacino arrivi comunque al lago. Queste caratteristiche, unitamente all'intensa evapotraspirazione, spiegano la presenza di variazioni nel livello delle acque abbastanza marcate nel corso dell'anno.

2.2 Idrografia

Il lago Trasimeno è alimentato soprattutto dalle precipitazioni atmosferiche e da un immissario artificiale, il fosso dell'Anguillara, che convoglia nel lago le acque dei torrenti Moiano, Rio Maggiore, Maranzano e Tresa. E' presente un emissario, anch'esso artificiale, situato nei pressi di S.Savino, che fa confluire le acque in eccesso nel torrente Caina e quindi nel fiume Nestore (Fig.2.1). La mancanza di affluenti naturali e le variazioni stagionali della piovosità provocano nel lago forti oscillazioni di livello; a periodi in cui le rive vengono inondate, seguono periodi di magra piuttosto prolungati, come quelli che stanno caratterizzando la fase attuale. Influenzano notevolmente il livello dell'acqua anche la forte traspirazione esercitata dalla vegetazione e l'evaporazione diretta dello specchio lacustre. Le caratteristiche idrografiche del lago Trasimeno sono illustrate nella tabella 2.2 (Mearelli *et al.*, 1990).

Piovosità media (Monte del lago)	666 mm (1965-74)
Afflusso medio	$166 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ (1965-74)
Evapotraspirazione dal lago	$155 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ (1956-74)
Evapotraspirazione dal terreno	$115 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ (1956-74)
Prelievi dal lago	$6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ (1956-74)
Prelievi dalla falda	$4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ (1956-74)

Tabella 2.2 - Caratteristiche idrografiche del lago Trasimeno.

2.3 Geologia

Il lago Trasimeno è classificato come lago tettonico; la sua origine si fa risalire alle fasi distensive di formazione dell'Appennino settentrionale, che portarono alla comparsa di altri grandi laghi quaternari, come il lago Tiberino, il lago della Chiana ed il lago Val d'Arno. La formazione del lago Trasimeno si inserisce nella storia evolutiva di questi sistemi lacustri, che nel Pleistocene cominciarono a svuotarsi con l'evolversi dei sistemi fluviali del Tevere e dell'Arno.

Si distinguono tre unità del punto di vista idrogeologico (Fig.2.2):

- terreni più antichi di Monte Modino e Monte Cervarola prevalentemente impermeabili;
- sedimenti pliocenici-pleistocenici a bassa permeabilità;
- sedimenti fluvio-lacustri, più recenti.

Le arenarie di Monte Cervarola sono costituite da un flisch arenaceo con interstrati marnosi siltosi; nella zona del lago Trasimeno affiora la parte inferiore della formazione, con alla base alcuni lembi delle Marne di Pievepelago (“scisti policromi”) (Dragoni e Castellani, 2003).

I litotipi presenti nel bacino del Trasimeno sono, dal basso verso l’alto, i seguenti (Dragoni, 1982; Dragoni e Castellani, 2003):

- marne di Pievepelago: costituite prevalentemente da marne, talvolta leggermente arenacee e micacee, ma anche da argille varicolori, da arenarie risedimentate e con intercalazioni di marne siltose grigie. Vi si trovano anche, come olistostromi, lenti di “argille scagliose” e olistoliti con faune cretacee. L’età attribuita è l’Oligocene superiore-Miocene inferiore;

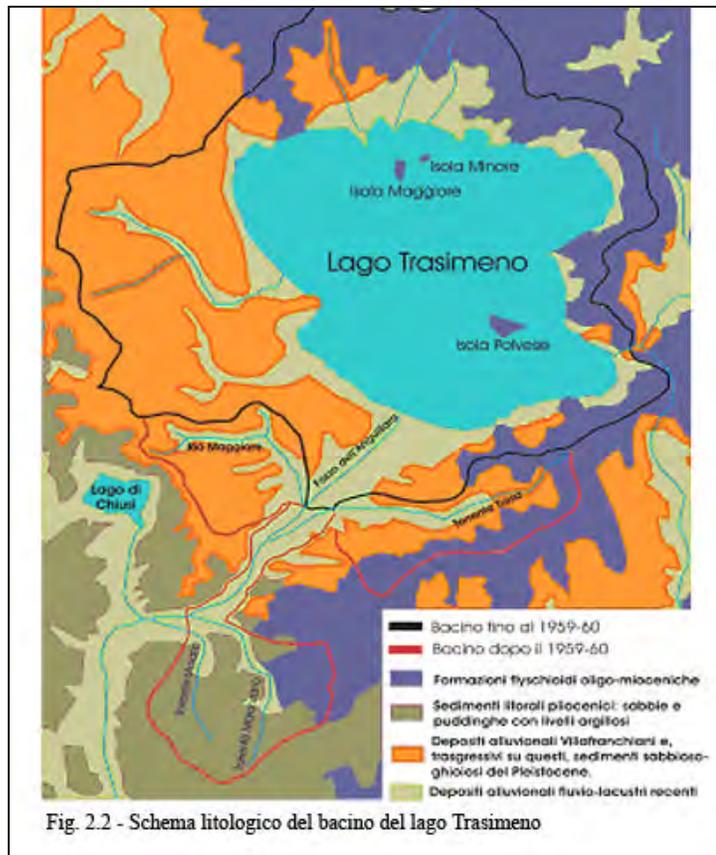
- arenarie di Monte Cervarola: arenarie risedimentate con abbondanti interstrati di marne siltose. Talvolta si trovano intercalate turbiditi a grana grossa in banchi più spessi, più simili al “Macigno”

s.s. In alcune zone sono state notate intercalazioni di strati calcarei a macroforaminiferi (*Lepidocyclina*, *Miogypsina*, ecc.). Nella parte superiore della formazione si ritrovano anche alcuni livelletti di selce nera. Frequenti strutture sedimentarie indicano la forte instabilità tettonica del bacino di sedimentazione. La formazione è attribuita all’Aquitaniense-Langhiano;

- marne di Monte San Michele: marne grigio bruno siltose, argilliti rosse verdi e cineree con rare intercalazioni di strati arenacei con aspetto simile alle marne di

Pievepelago. La formazione è attribuita al Miocene inferiore-medio (Langhiano superiore - Serravalliano).

Sul lato occidentale, dai sedimenti quaternari, affiorano due soli piccoli lembi di calcareniti ad arenarie alternate ad argille e marne siltose con microfaune che partono dal Paleocene. Sulla posizione stratigrafica di questi lembi, di cui il più vistoso forma la rocca di Castiglione del Lago, ci sono molte incertezze; secondo i rilevatori della carta geologica ufficiale essi sarebbero il tetto della



formazione delle arenarie di Monte Cervarola e quindi potrebbero essere collegati alle marne di Monte San Michele. Secondo altri autori essi potrebbero forse rappresentare frammenti di unità subliguri (“Canetolo”) arrivati fino nella zona umbra.

La parte occidentale è formata da depositi “villafranchiani” del bacino della Val di Chiana, compresi nella zona situata tra Panicarola, Gioiella, Pozzuolo e Petignano. Essi sono costituiti da sabbie e ciottolati di facies fluvio-lacustre, localmente da livelli argillosi e ciottoli silicei, ai quali si sovrappongono più recenti depositi fluvio-lacustri con elementi provenienti dai circostanti terreni di base.

Il Quaternario medio è costituito da sedimenti sabbioso-argillosi con intercalazioni di sottili lenti ghiaiose. Il Quaternario superiore presenta depositi dello stesso tipo e un graduale passaggio ai sedimenti attuali, per lo più torrentizi, ma anche lacustri e palustri.

2.4 Storia

Il bacino del lago Trasimeno è stato profondamente modificato dalla presenza dell'uomo; già in epoca romana, esistono cronache che descrivono gli enormi danni causate dalle piene del lago e degli interventi per limitare tali danni, come la costruzione di un emissario nei pressi di San Savino. Nel 1420 venne costruito un nuovo collettore da parte di Braccio da Montone, lungo 1000 m di cui 900 m sotterranei, ma neanche questo risultò idoneo a contenere le piene del lago. Nel 1895 venne realizzato un nuovo emissario parallelo a quello medioevale, che riuscì a limitare le inondazioni dei terreni circostanti il lago impedendo l'accumulo di acqua al di sopra della sua soglia di sfioro. Le piene vennero così controllate, tuttavia durante i periodi di scarse precipitazioni il livello del lago continuava ad abbassarsi con frequenti episodi di impaludamento, talvolta molto accentuati. Negli anni 1954-56, durante uno di questi periodi di crisi idrica, il Trasimeno fu interessato da un rapido declino che lo portò ad una profondità massima di 2,98 m. L'invasione delle idrofite fin quasi al centro del lago e transitori fenomeni di anossia notturna determinarono una condizione di distrofia (Moretti, 1982); tutta la comunità ittica fu interessata da imponenti morie che modificarono i rapporti tra le singole specie; la scomparsa della rovello (*Rutilus rubilio* Bp.) e la dominanza del persico sole (*Lepomis gibbosus* L.) sono, da un punto di vista ittico, le note più significative di questo periodo.

Per contrastare l'impaludamento del lago il Ministero dei Lavori Pubblici nominò una commissione di esperti che suggerì l'ampliamento del bacino imbrifero. L'allaccio dei torrenti Tresa, Rio Maggiore, Moiano e Maranzano al fosso dell'Anguillara, immissario del lago Trasimeno, fu realizzato fra il 1959 e il 1961 (Fig.2.1); l'area complessiva dei bacini allacciati è pari

a 74,70 km² (Dragoni,1982) ed il sistema è reversibile ovvero le acque dei quattro torrenti, mediante un sistema di paratoie, possono confluire nei vecchi alvei verso il lago di Chiusi.

I lavori di ampliamento del bacino imbrifero furono completati fra il 1960 e 1961, dopo di che il livello del lago cominciò a risalire. Nel marzo 1964 si superò, dopo 20 anni, la soglia di sfioro dell'emissario; ciò determinò la regressione delle idrofite e la scomparsa dei fenomeni distrofici (Moretti, 1982). Dal 1964 al 1970 il livello del lago fu, almeno nei mesi invernali, sopra la soglia di sfioro, dal 1970 in poi il livello del lago riprese a scendere in maniera preoccupante (Defendu e Dragoni, 1978).

La situazione attuale del lago non risulta comunque migliorata: le estati sempre più calde, le scarse precipitazioni, l'aumento della vegetazione con la maggiore evapotraspirazione, insieme ai prelievi per uso agricolo hanno contribuito ad abbassare ulteriormente il livello del lago negli ultimi anni. Va aggiunto che per le sue caratteristiche morfologiche, agenti atmosferici come il vento, provocano continui rimescolamenti dell'intera massa d'acqua e la risospensione dei sedimenti di fondo, fenomeno che può causare un intenso intorbidamento dell'acqua. L'attuale fase caratterizzata dai bassi livelli, destinata a proseguire o ad aggravarsi se il trend climatico in atto dovesse durare (IPCC, 2001), oltre a creare problemi igienici e difficoltà alla navigazione, favorisce il deterioramento qualitativo dell'acqua del lago e penalizza fortemente le biocenosi presenti; ciò impone di approfondire gli studi sulla dinamica del lago, sulla base dei quali sarà possibile razionalizzare la gestione dell'intero sistema ecologico.

2.5 Vegetazione

Le precipitazioni si distribuiscono nel bacino del lago Trasimeno con un massimo autunnale ed un minimo estivo, con un andamento che è tipico delle località con clima mediterraneo. Nel complesso, la vegetazione più comune nell'intero territorio è rappresentata dal querceto caducifolio submediterraneo (Orsomando e Pedrotti, 1985). L'elenco delle specie vegetali presenti nel bacino del lago Trasimeno comprende 198 specie la cui ecologia è condizionata dalla presenza del lago (Granetti, 1965; Pedrotti ed Orsomando 1982). Alcune sono in via di estinzione per la forte riduzione del proprio habitat, soprattutto a causa della quasi completa scomparsa, a vantaggio delle attività agricole, della fascia del prato umido. Possono considerarsi litorali 153 specie, mentre 35 sono costituite da idrofite flottanti e sommerse.

Attualmente si possono individuare 4 fasce vegetazionali:

- fascia esterna, costituita dal prato umido che comprende i raggruppamenti di *Juncus articulatus* e *Holoschoenetum*, quasi completamente scomparsa;
- fascia dei prati palustri (*Magnocaricion*) con *Carix riparia* dominante;

- fascia del fragmiteto con *Phragmites australis*, *Typha angustifolia* e *Typha latifolia*;
- fascia più interna con le idrofite natanti e sommerse con diverse associazioni (*Potamogeton lucentis*, *Potamogeton lucentis nymphacetosum*, *Hydrocharicetum*, *Potamogeton Ceratophylletum demersi*).

Per quanto riguarda lo specchio lacustre, si riconoscono due domini fondamentali:

- la zona pelagica, ovvero la zona di lago aperto, caratterizzata da una profondità maggiore, profilo leggermente pendente della cuvetta lacustre e scarsa vegetazione;
- la zona neritica, ovvero la zona costiera, con scarsa pendenza, bassa profondità e vegetazione molto più abbondante; tale zona è particolarmente sviluppata nella parte sud-orientale del Trasimeno, denominata la “Valle”, dove il lago ha un aspetto tipicamente palustre. Particolare importanza riveste negli equilibri naturali del lago la fascia del fragmiteto, per il ruolo di zona di rifugio e protezione che assolve per un gran numero di specie animali. Una ricerca condotta nel 1989 (Mearelli *et al.*, 1990) mette in risalto, inoltre, la funzione estremamente importante esercitata dal canneto nel contenere una buona parte dei carichi di nutrienti che provengono dal dilavamento del terreno e di quelli addotti al lago da fossi e torrenti.

Nel complesso il fragmiteto forma, tutto intorno al lago, una fascia continua di ampiezza variabile non oltrepassante in genere i 250 m, ma nella zona meridionale del lago (la "Valle"), può raggiungere ampiezze molto maggiori. L'estensione del canneto è, tuttavia, da alcuni anni in forte diminuzione in tutto il lago; le cause di tale fenomeno sono complesse e non ancora del tutto chiare (Mearelli *et al.*, 1994).

2.6 Fauna ittica

La fauna ittica del lago Trasimeno risulta attualmente costituita da 19 specie, appartenenti ad 10 famiglie diverse (Moretti e Gianotti 1966; Mearelli *et al.*, 1990; Natali, 2002; Cucchia, 2004): nella tabella 2.3 è riportato l'elenco di tali specie che vengono distinte in indigene (5 specie) ed esotiche (14 specie); tra queste la maggior parte è acclimatata tranne la carpa erbivora (Natali, 2002). La famiglia dei Ciprinidi, che conta ben 8 specie, è quella che meglio si adatta alle condizioni ambientali, idriche e trofiche del lago (Mearelli *et al.*, 1990).

La fauna ittica del lago ha subito profonde modificazioni soprattutto in tempi recenti: negli anni '60 le variazioni dei livelli idrici, le mutate condizioni di trofia, la pressione esercitata dalla pesca e l'impatto dovuto a nuove immissioni hanno contribuito a tali cambiamenti (Mearelli *et al.*, 1990; Cucchia, 2004).

Famiglia	nome scientifico	nome comune	provenienza
ESOCIDAE	<i>Esox lucius</i> L.	luccio	indigena
CYPRINIDAE	<i>Leuciscus cephalus</i> L.	cavedano	indigena
	<i>Tinca tinca</i> L.	tinca	indigena
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.	scardola	indigena
	<i>Alburnus alburnus alborella</i> De Fil.	alborella	esotica
	<i>Carassius auratus</i> L.	carassio	esotica
	<i>Cyprinus carpio</i> L.	carpa	esotica
	<i>Ctenopharyngodon idellus</i> Val.	carpa erbivora	esotica
	<i>Pseudorasbora parva</i> Schl.	pseudorasbora	esotica
COBITIDAE	<i>Cobitis taenia bilineata</i> Canstr.	cobite	esotica
ICTALURIDAE	<i>Ictalurus melas</i> Raf.	pesce gatto	esotica
ANGUILLIDAE	<i>Anguilla anguilla</i> L.	anguilla	indigena
POECILIDAE	<i>Gambusia affinis holbrooki</i> Gir.	gambusia	esotica
ATHERINIDAE	<i>Atherina boyeri</i> Risso	latterino	esotica
PERCIDAE	<i>Perca fluviatilis</i> L.	persico reale	esotica
CENTRARCHIDAE	<i>Lepomis gibbosus</i> L.	persico sole	esotica
	<i>Micropterus salmoides</i> Lac.	persico trota	esotica
GOBIDAE	<i>Knipowitschia panizzai</i> Verga	ghiozzetto	esotica
	<i>Pomatoschistus canestrinii</i> Ninni	ghiozzo di canestrini	esotica

Tabella 2.3 – Specie ittiche presenti nel lago Trasimeno

3. CARATTERISTICHE DELLA SPECIE INDAGATA: IL CARASSIO DORATO

Famiglia: CYPRINIDAE

Genere: *Carassius*

Specie: *Carassius auratus* Linnaeus, 1758

Il genere *Carassius* è caratterizzato da corpo tozzo e molto sviluppato in altezza; la bocca è piccola e collocata in posizione mediana e a differenza del genere *Cyprinus* (al quale appartiene la carpa) non è munita di barbighi. I denti faringei sono molariformi, in numero di 4 e disposti in un'unica fila. La pinna dorsale è molto allungata, formata da più di 12 raggi divisi; il primo raggio completo delle pinne dorsale ed anale è spiniforme e presenta il margine posteriore dentellato. Il genere *Carassius* è diffuso in tutto il continente euro-asiatico, isole del Giappone comprese; vi appartengono soltanto due specie, che hanno caratteristiche morfologiche, biologiche ed ecologiche molto simili (Lelek, 1987): *Carassius carassius* (carassio comune), diffuso in Europa ed in Cina e *Carassius auratus* (carassio dorato), presente in Europa, Giappone e Cina, Tibet escluso. Le due specie possono essere riconosciute con difficoltà (Wheeler, 2000): *C. carassius* presenta rispetto a *C. auratus* un numero inferiore di branchiospine sul primo arco branchiale (23-25 contro 39-50) ed un numero maggiore di scaglie sulla linea laterale (30-35 contro 27-32) (Gandolfi *et al.*, 1991; Wheeler, 2000); altre caratteristiche differenziali sono rappresentate nel carassio dorato dal margine

della pinna dorsale più concavo e dal peritoneo pigmentato, spesso scuro (Lelek, 1987). Per le notevoli somiglianze, sia morfologiche che ecologiche, il carassio dorato non sempre viene considerato una specie distinta dal carassio comune (Tortonese, 1970).

In accordo con i dati fossili il genere *Carassius* si è separato dal genere *Cyprinus* da 1,7 a 5,5 milioni di anni fa (Lou *et al.*, 1999).

Si riconoscono per *C. auratus*, vista la grande varietà di ambienti in cui è diffuso, numerose sottospecie (Xie *et al.*, 2001), la cui validità sistematica non è tuttavia condivisa da tutti (Murakami *et al.*, 2001):

- *Carassius auratus auratus* diffuso nel Tonchino, in Manciuria, Cina, Corea e Taiwan; è caratterizzato da numero di squame sulla linea laterale compreso tra 26 e 31 (Berg, 1964).
- *Carassius auratus gibelio* diffuso dalla Siberia alla Germania settentrionale e al Mar Nero (Lelek, 1987); si distingue dalla forma nominale per il numero delle squame sulla linea laterale (28-32). Le popolazioni di questa sottospecie si riproducono esclusivamente per ginogenesi, essendo la riproduzione gonocorica con fertilizzazione delle uova da parte degli spermatozoi nota solo per la forma nominale (Lelek, 1987).

In Giappone sono presenti altre 4 sottospecie: *Carassius auratus cuvieri*, *Carassius auratus grandoculis*, *Carassius auratus buergei* e *Carassius auratus langsdorfi* (Murakami *et al.*, 2001; Murakami *et al.*, 2001). La possibilità di distinguere su base morfologica le varie sottospecie di *Carassius auratus* è resa molto difficile dalla variabilità della forma che caratterizza il carassio dorato, che si modifica in relazione alle caratteristiche ambientali, e dalla facilità con cui le diverse sottospecie si ibridano fra loro (Murakami *et al.*, 2001). In alcune di queste sottospecie si conoscono popolazioni caratterizzate da assetti cromosomici diversi, fra le quali le forme diploidi e triploidi sono le più comuni: per *C. a. gibelio* e *C. a. langsdorfi* si conoscono, tuttavia, anche popolazioni tetraploidi ed esaploidi. Gli individui triploidi possiedono circa 150 cromosomi, 50 in più rispetto ai diploidi; non è stato ancora del tutto accertato, ma è molto probabile che le popolazioni poliploidi si siano generate dalle diploidi mediante fenomeni di ibridazione (Murakami *et al.*, 2001; Murakami *et al.*, 2001), ai quali sono seguiti eventi di duplicazione del genoma (Lou *et al.*, 1999).

3.1 Morfologia

Il carassio dorato è un pesce di taglia media, che riesce a raggiungere anche 35-40 cm di lunghezza ed un peso di circa 1 kg, si riconosce per il corpo che tende a svilupparsi in altezza, anche se la forma, nel complesso, è mediamente slanciata, per il muso largo, tozzo e robusto (Fig.3.1). La livrea, nelle popolazioni selvatiche, è tipicamente bruno verdastro sul dorso, giallo bronzea sui fianchi, più chiara (fino a biancastra) sul ventre (Fig.3.2); si conoscono molte forme

allevate e selezionate dall'uomo dalle forme e colorazioni più varie tra le quali la più comune è la livrea rossa (pesce rosso) (Fig.3.3) (Menassè, 1974; Gandolfi *et al.* 1991). Il corpo del carassio dorato è ricoperto da scaglie di notevoli dimensioni, ciò lo distingue dalla specie affine *Carassius carassius* Linnaeus o carassio comune, che è dotato di scaglie di dimensioni più ridotte.

Nel carassio dorato la pinna dorsale ha profilo lievemente concavo, con base lunga, il terzo raggio non ramificato (il primo completo) della pinna dorsale è ossificato e dentellato nella parte posteriore. La pinna caudale è biloba con margini leggermente incavati, mentre la pinna anale è di piccole dimensioni ed ha base corta. Il

carassio dorato ha bocca terminale, piccola, priva di barbigli e leggermente inclinata verso l'alto; l'occhio è grande. In alcune varietà allevate e selezionate dall'uomo l'occhio è particolarmente ingrandito, quasi abnorme e telescopico (Menassè, 1974).

I dati meristici del carassio dorato sono i seguenti: 3-4 raggi semplici e 14-19 raggi ramificati nella pinna dorsale; 2-3 raggi



Figura 3.1 - Carassio dorato.



Figura 3.2 - Carassio dorato.



Figura 3.3 - Carassio dorato.

semplici e 5-6 raggi ramificati nella pinna anale; 28-34 squame sulla linea laterale; 5-7 squame sopra la linea laterale; 5-7 squame sotto la linea laterale; 29-31 vertebre (Berg, 1964; Lelek, 1987).

3.2 Ecologia

Il carassio dorato è originario della Cina, dove è allevato da secoli come pesce ornamentale; sembra che già nel 400 a.C. pesci di colore rosso fiamma fossero allevati in Cina (Menassè, 1974); proprio dalla Cina i primi pesci rossi furono introdotti in Europa agli inizi del 17° secolo, probabilmente ad opera dei navigatori portoghesi. E' molto difficile determinare l'areale originario del carassio dorato, ma è probabile che fosse limitato all'Asia orientale (Tortonese, 1970) e solo ad una limitata porzione dell'Europa (Lelek, 1987); oggi la diffusione della specie si è tuttavia estesa a gran parte dell'Asia centro-settentrionale e a molte regioni europee (Fig.3.4), dove sono presenti popolazioni bene acclimatate. Il carassio dorato è presente anche in America settentrionale (USGS, 2001) e meridionale (Gomez *et al.*, 1997), dove è stato introdotto all'inizio del secolo dagli immigranti europei. La specie è molto adattabile ed è in grado di aumentare molto rapidamente le proprie abbondanze; in

molti casi le introduzioni avvengono a partire da esemplari allevati a scopo ornamentale (Wheeler, 2000), ma esistono molti casi documentati di immissioni involontarie avvenute mediante i ripopolamenti effettuati con giovani carpe, dalle quali i carassi sono difficilmente distinguibili (Halacka *et al.*, 2003). La

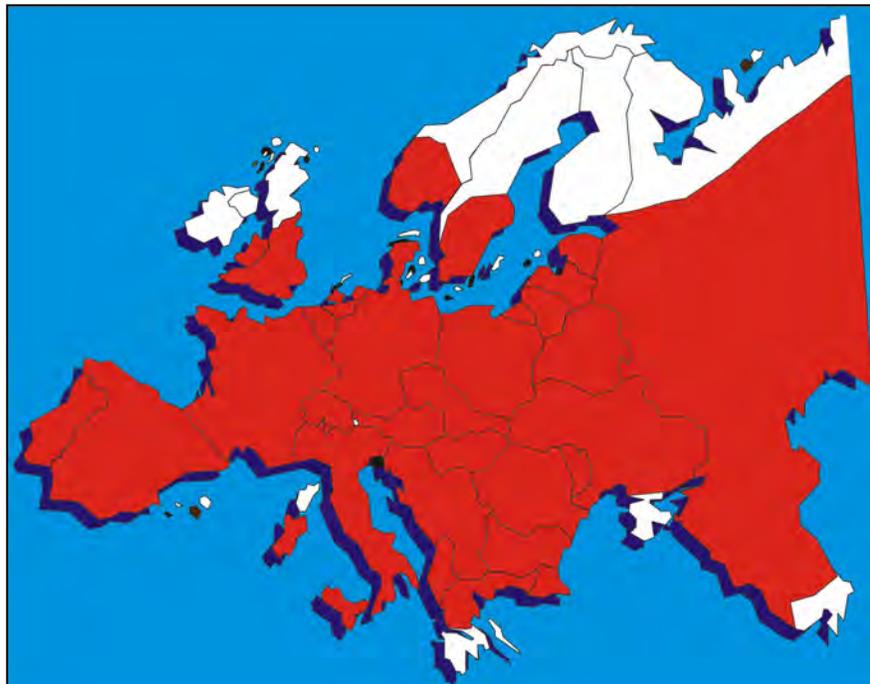


Figura 3.4 - Distribuzione in Europa del carassio dorato.

specie è anche in grado di diffondersi spontaneamente utilizzando le connessioni della rete idrografica. In Italia la distribuzione del carassio dorato è altamente frammentata e si contano, oggi, numerose popolazioni rinselvatichite.

Il carassio dorato vive nelle acque dolci: è presente nei fiumi con debole corrente e fondali fangosi, anche se predilige soprattutto le acque lentiche ricche di vegetazione (Lelek, 1987). Ha un'ampia valenza ecologica e riesce a vivere in ambienti caratterizzati da una concentrazione di

ossigeno particolarmente bassa e da tassi di inquinamento eccezionalmente elevati (Abramenko *et al.*, 1997). Il carassio dorato è presente anche in acque torbide e fondi melmosi dove si rifugia durante l'inverno; come il congenere *C. carassius* è in grado di vivere addirittura negli stagni la cui superficie rimane gelata per molto mesi l'anno ed in situazioni di pronunciata ipossia, sopportando condizioni intollerabili per la maggior parte delle altre specie ittiche (Holopainen e Pitkanen, 1985; Piironen e Holopainen, 1988). Le specie del genere *Carassius* sono infatti in grado di superare prolungati periodi di anossia grazie alla loro capacità di sfruttare il metabolismo anaerobico, quando la concentrazione di ossigeno disciolto nell'acqua si riduce (Holopainen e Pitkanen, 1985). La tensione di ossigeno critica per il metabolismo aerobico è di 2,4 mg/l a 5°C; tra 2,4 e 0,3 mg/l il carassio è in grado di utilizzare un metabolismo misto o solo anaerobico; in condizioni di completa anossia il tempo di sopravvivenza medio varia in funzione della temperatura: a 18°C il carassio è in grado di sopravvivere circa 24 ore, mentre a 2°C può resistere per alcuni mesi (Holopainen e Hyvarinen, 1985).

La dieta è di tipo onnivoro essendo costituita da piccoli invertebrati, ricercati di regola sul fondo, ma anche da una notevole quantità di piante acquatiche e detriti organici (Muus e Dahlstrom, 1967; Rongoni *et al.*, 1996); in inverno ed alle basse temperature generalmente cessa di alimentarsi. Le premesse per superare con successo lunghi periodi in assenza di alimentazione risiedono nelle riserve di carboidrati; per tale motivo le specie del genere *Carassius* accumulano in estate ed in autunno quantità di glicogeno molto abbondanti nel fegato e nei muscoli (Paszowski *et al.*, 1990). Molte di queste riserve sono utilizzate per il mantenimento invernale (circa l'80%), mentre il resto serve in primavera e all'inizio dell'estate, probabilmente per la riproduzione (Holopainen e Hyvarinen, 1985).

Il carassio dorato è molto sensibile a tutte le forme di competizione con le altre specie ittiche (Piironen e Holopainen, 1988; Paszowski *et al.*, 1990) ed i giovani sono molto vulnerabili alla predazione (Tonn *et al.*, 1991; Bronmark *et al.*, 1995), soprattutto quando sono ancora al di sotto di una certa taglia. In generale, quindi, questa specie appare caratterizzata da un'elevatissima tolleranza ai fattori abiotici, ma anche da una grande sensibilità nei riguardi delle interazioni biologiche (Tonn *et al.*, 1991). Negli ambienti in cui il carassio vive in assenza di altre specie ittiche, può raggiungere abbondanze estremamente elevate: in Russia ed in Europa centrale la densità di popolazione oscilla da 9.600 a 69.000 ind/ha (Piironen e Holopainen, 1988; Paszowski *et al.*, 1990). Nelle popolazioni più dense la mortalità invernale può raggiungere valori molto elevati, per la presenza di una competizione intraspecifica molto intensa che impedisce agli individui di accumulare riserve di glicogeno tali da permettere loro di superare l'inverno (Holopainen e Pitkanen, 1985; Piironen e Holopainen, 1988). In tali popolazioni l'accrescimento

può risultare particolarmente stentato; negli ambienti in cui sono presenti anche specie ittiche predatrici generalmente le densità raggiunte dal carassio sono minori e l'accrescimento appare più rapido (Piironen e Holopainen, 1988). È stato dimostrato che in alcuni habitat l'introduzione del carassio dorato ha comportato un impatto negativo sulle popolazioni delle specie ittiche indigene preesistenti, quali il carassio comune e la tinca (Halacka *et al.*, 2003).

Il carassio dorato è un pesce gregario, vive però in branchi generalmente ridotti che possono anche essere formati da sole femmine; durante il periodo riproduttivo vive in gruppi costituiti da altre specie affini, come la carpa (Bruno, 1987; Muus e Dahlstrom, 1967).

3.3 Biologia riproduttiva

La maturità sessuale è in genere raggiunta tra il primo ed il secondo anno di vita (Menassè, 1974), ad una lunghezza media di circa 12 cm ed un peso di 40 g (Sani *et al.*, 1999); si conoscono, tuttavia, popolazioni in cui gli individui si riproducono più tardi, a 3-4 anni (Holopainen e Pitkanen, 1985). Il periodo riproduttivo va da maggio a giugno (Kuznetsov, 2004; Gandolfi *et al.*, 1991). La longevità di solito non supera i 10 anni, anche se si conoscono esemplari che in condizioni di allevamento sono vissuti fino a 30 anni (Menassè, 1974). Esiste dimorfismo sessuale: le femmine sono mediamente più grandi dei maschi, questi ultimi presentano piccoli tubercoli nuziali sugli opercoli e sulle pinne pettorali.

Le gonadi di una femmina in riproduzione sono costituite da uova in differenti stadi di sviluppo: le mature, con la tipica colorazione giallo paglierino, coesistono con quelle che sono invece immature, di colore bianco. Le uova, quindi, vengono deposte in più riprese sulla vegetazione di fondo, quando l'acqua raggiunge la temperatura ottimale di 16-20° (Gandolfi *et al.*, 199; Kuznetsov, 2004). Le aree di frega del carassio dorato sono localizzate prevalentemente nelle aree litoranee ricche di vegetazione e riparate dai venti dominanti (Kuznetsov, 2004). Ogni femmina è in grado di produrre un numero di uova compreso tra 160.000 e 380.000 (Berg, 1964; Muus e Dahlstrom, 1967). Alcune delle uova presenti negli ovari non vengono probabilmente deposte, analogamente a quanto avviene in altri ciprinidi (Holopainen e Pitkanen, 1985). Alla temperatura di 24-25°C le uova schiudono dopo 3-4 giorni, mentre a 18°C la schiusa può richiedere sino a 7-9 giorni (Menassè, 1974). Le larve misurano circa 4-5 mm e finché non riassorbono il sacco vitellino non si alimentano e non nuotano, rimanendo attaccate alla vegetazione acquatica; l'alimentazione in genere inizia a partire dal terzo giorno successivo alla schiusa (Menassè, 1974).

La specie è in grado di riprodursi sia per fecondazione incrociata che per ginogenesi (Xie *et al.*, 2001): nel primo caso la prole sarà divisa tra maschi e femmine potenzialmente in numero uguale. Nella ginogenesi, processo per cui la cellula uovo si differenzia in un embrione senza che

avvenga la fusione tra il nucleo della cellula uovo e dello spermatozoo (Seehausen, 2004), la prole sarà costituita da sole femmine. L'assetto cromosomico delle popolazioni è in stretta relazione con la forma riproduttiva: gli individui diploidi ($2n=98-100$ cromosomi) si riproducono mediante fecondazione incrociata, mentre gli triploidi sono ginogenetici ($3n=135-146$ cromosomi) (Lou *et al.*, 1999). Le forme bisessuali ed unisessuali sono morfologicamente indistinguibili (Abramenko *et al.*, 1997). Nel processo di ginogenesi lo spermatozoo, dopo essere penetrato nell'uovo, degenera rapidamente e il suo contributo è limitato alla sola attivazione dell'uovo. Lo spermatozoo, nella riproduzione per ginogenesi, può appartenere anche a specie differenti, per cui tale forma di riproduzione diviene una forma di parassitismo sessuale (Lou *et al.*, 1999).

Gli individui ginogenetici e quelli bisessuali del carassio dorato vivono in simpatria in molte località: nella parte più orientale dell'areale di distribuzione, come nel fiume Amur che rappresenta il centro di dispersione della specie, le popolazioni sono costituite soprattutto da individui tetraploidi che si riproducono per fecondazione incrociata, mentre nella parte più occidentale della sua areale le popolazioni sono soprattutto unisessuali e composte pertanto da sole femmine ginogenetiche esaploidi (Abramenko *et al.*, 1997). Tra questi due estremi esiste un gradiente regolare nella proporzione degli individui delle forme uni e bisessuali; tuttavia durante gli ultimi 10-20 anni è stato osservato, anche nella parte più occidentale dell'areale di distribuzione della specie, un progressivo aumento della proporzione dei maschi nelle popolazioni europee del carassio dorato che è avvenuto simultaneamente al generale incremento numerico delle popolazioni (Abramenko *et al.*, 1997; Kuznetsov, 2004). Quando le due forme coesistono in condizioni ambientali stabili la forma ginogenetica prevale, mentre il contrario avviene in condizioni instabili; in condizioni di coesistenza le popolazioni bisessuali in genere sono anche composte da individui caratterizzati da un accrescimento molto più lento e stentato (nanismo) rispetto alle forme unisessuali.

La specie è in grado di ibridarsi con *Carassius carassius* e *Cyprinus carpio* (Berg, 1964; Wheeler, 2000).

4. MATERIALI E METODI

4.1 Campionamenti mediante elettroscorditore

Il campionamento è stato effettuato mediante due tipi di attrezzi: l'elettroscorditore e le reti. Il periodo di campionamento è durato un intero anno e precisamente dal febbraio 2003 al gennaio 2004. I prelievi con l'elettroscorditore sono stati effettuati mensilmente ad eccezione del mese di aprile, durante il quale hanno avuto cadenza settimanale; il totale dei prelievi effettuati con l'elettroscorditore è quindi di 15. Per il campionamento sono state scelte 6 diversi settori dislocati lungo il perimetro del lago (Tuoro, Passignano, Castiglione, isola Polvere, la Valle, Panicarola) (Fig.4.1). I campionamenti sono stati effettuati mediante natanti sui quali sono stati collocati gli

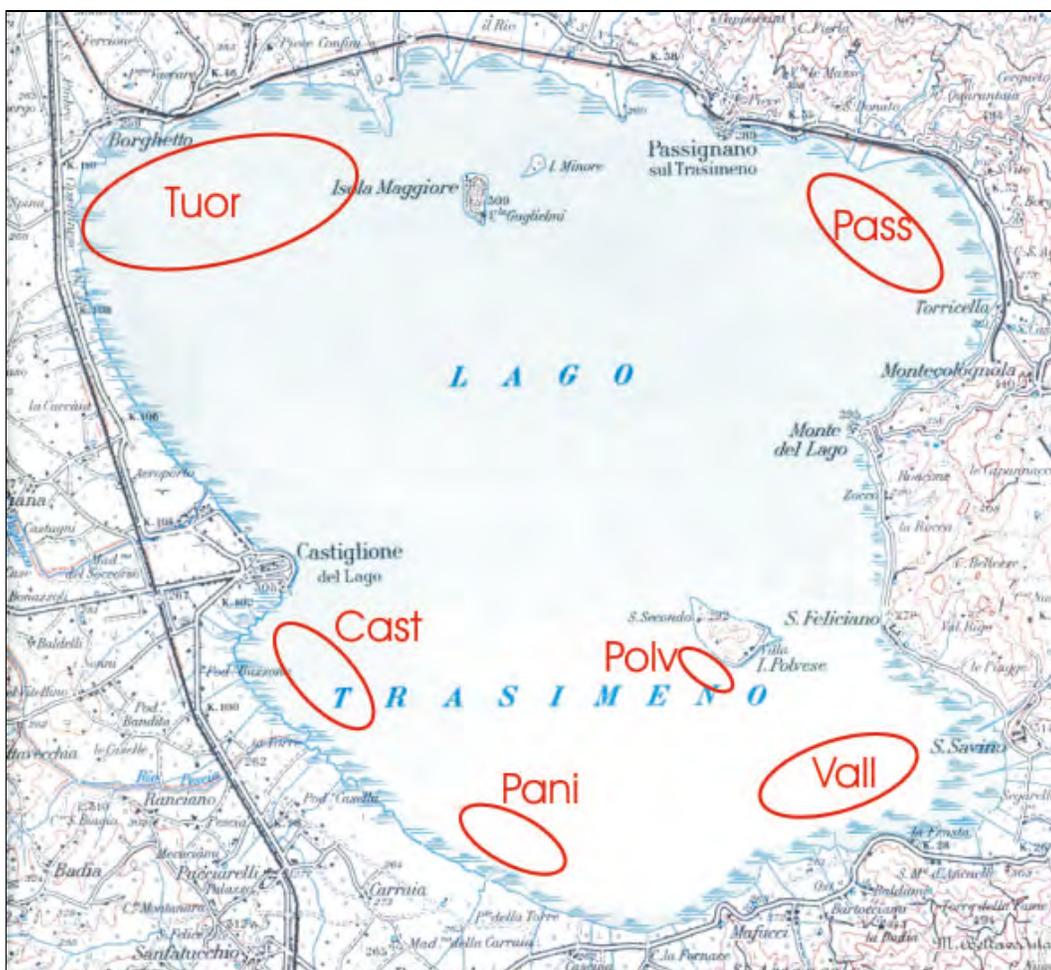


Figura 4.1 – Localizzazione delle stazioni di campionamento.

elettroscorditori (Fig.4.2), di potenza pari a 4,5 Kw ed in grado di erogare corrente continua pulsata. Durante ogni campionamento, in ciascuno dei 6 settori, sono stati esaminati un numero vario di transetti di lunghezza variabile. Uno degli scopi della ricerca è quello di determinare le condizioni più favorevoli alla cattura dei carassi dorati con l'elettroscorditore (periodi, località e parametri

ambientali) e quindi, i transetti sono stati scelti in modo da presentare caratteristiche differenziali tali da permettere i confronti voluti.

All'attività di campionamento ittico è stata associata la determinazione di alcuni parametri ambientali, ritenuti utili ai fini della caratterizzazione dei settori prescelti. I parametri chimico-fisici considerati sono stati i seguenti: temperatura dell'acqua



Figura 4.1 – Campionamento con elettrostorditore.

(°C), pH (unità di pH), conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C), ossigeno disciolto (mg/l e % V.S.), trasparenza al disco Secchi; la profondità è stata misurata all'inizio ed al termine di ogni transetto. Altri parametri ambientali rilevati sono: tipo di fondo (sabbia o limo), esistenza e tipo di vegetazione acquatica (vegetazione assente, idrofite sommerse, canneto) presenti lungo il transetto.

Per testare la risposta dei carassi dorati al trattamento elettrico, per ogni transetto è stato rilevato il numero di impulsi applicati (numero di impulsi al secondo o Hertz) e le caratteristiche dell'anodo e del catodo utilizzati. Sono stati, infatti, utilizzati anodi e catodi di forma e dimensione diversa (Fig.4.3): per quanto riguarda i catodi, è stata utilizzata una treccia di rame di 3 cm di larghezza e di lunghezza variabile o, in alternativa, una lastra di rame di 40x60 cm montata su di un supporto galleggiante (Mearelli *et al.*, 2002).



Figura 4.3 – Anodi dell'elettrostorditore.

Durante la fase di campionamento per ciascun transetto sono stati registrati anche alcuni parametri necessari per standardizzare le catture, passaggio indispensabile per poter effettuare i confronti (Degerman *et al.*, 1988; Wilberbuer e Kappenman, 1998):

- tempo: è stato registrato il tempo complessivo del campionamento;
- spazio: la lunghezza dei tratti esaminati è stata misurata mediante GPS.

I transetti indagati con l'elettrostorditore sono risultati in tal modo 93: nel mese di gennaio e di aprile non è stato possibile campionare la fauna ittica nelle stazioni di Tuoro, Castiglione, e Panicarola, per le cattive condizioni del tempo. Tutti i carassi dorati catturati sono stati sacrificati e portati in laboratorio per le successive misurazioni; gli esemplari delle altre specie ittiche sono stati determinati, contati, pesati e quindi rilasciati in acqua.

L'elettrostorditore è composto da più parti:

- un generatore di corrente (Fig.4.4),
- i dispositivi di comando e di regolazione (Fig.4.5),
- due elettrodi: l'anodo (Fig.4.6) ed il catodo (Fig.4.7).



Figura 4.4 – Elettrostorditore.



Figura 4.5 – Pannello dei comandi e delle regolazioni dell'elettrostorditore.

L'anodo viene manovrato dall'operatore ed è costituito da un'asta di materiale isolante che presenta all'estremità un anello di grandezze differenti. Il catodo è stato posizionato alla poppa dell'imbarcazione rimanendo fisso in acqua per tutto il tempo di campionamento (Fig.4.8).

L'elettrostorditore crea un campo elettrico, il pesce che si trova in tale campo è sottoposto ad una differenza di potenziale più o meno forte a seconda della sua posizione all'interno del campo: ai margini del campo elettrico il pesce si allarma e fugge; all'interno del campo la differenza di potenziale nel



Figura 4.6 – Anodo

corpo del pesce aumenta, a 0,4 volt il pesce comincia a vibrare e si muove verso l'anodo; quando si raggiunge il potenziale corporeo limite il pesce è momentaneamente paralizzato. La galvanonarcosi fa capovolgere il pesce su un fianco permettendone, così, il recupero con l'uso di retini.

Un'intensità troppo elevata od un'esposizione prolungata possono uccidere il pesce (Peduzzi e Meng, 1976). Le dimensioni del pesce e la sua posizione rispetto al campo elettrico influenzano il successo della pesca: i pesci più piccoli e quelli posizionati trasversalmente rispetto al campo elettrico avranno maggiori possibilità di fuga. I pesci più grandi tendono ad essere più vulnerabili perché, occupando una maggiore estensione del campo elettrico, sono sottoposti ad una maggiore differenza di potenziale e perché gli impulsi della corrente, che viaggiano ad onde, intersecano più volte il

loro corpo (Mearelli *et al.*, 2002). Non tutte le specie ittiche, inoltre, rispondono allo stesso modo alla presenza di elettricità nell'acqua; fra le altre cose anche le dimensioni delle squame presenti sul corpo possono determinarne la sensibilità: scaglie grosse e spesse, come quelle del carassio dorato, riducono la catturabilità nei confronti dell'elettro-pesca (Mearelli *et al.*, 2002). Un altro fattore estremamente importante per il successo della pesca elettrica è la conducibilità dell'acqua, che non deve essere né troppo ricca né troppo povera di sali; la condizione ottimale si ha quando l'acqua ed il pesce hanno la stessa conducibilità (Marconato, 1991).

Il lago Trasimeno, per l'elevato contenuto di sali nell'acqua e per l'alta conducibilità, è un ambiente che crea notevoli problemi al campionamento e rende indispensabile l'uso di un elettrostorditore sufficientemente potente, che emetta corrente pulsata (Mearelli *et al.*, 2001).



Figura 4.7 – Catodo dell'elettrostorditore.



Figura 4.8 – Catodo dell'elettrostorditore.

4.2 Campionamenti mediante reti

I campionamenti con le reti hanno avuto cadenza mensile ed in genere sono avvenuti in coincidenza con quelli effettuati con l'elettrostorditore; in totale sono stati quindi effettuati 12 prelievi ittici, realizzati con la collaborazione dei pescatori di professione della cooperativa di San Feliciano. Le reti sono state lasciate in posa 12 ore: collocate la sera nella zona adiacente al molo di San Feliciano, venivano poi rimosse la mattina successiva; sono state utilizzate due differenti tipi di rete: il tofo e le reti da posta (altana). Le altane sono state assemblate utilizzando pannelli con maglie di differente ampiezza. L'utilizzo di queste reti "multiselettive" permette un campionamento più efficiente e rappresentativo, consentendo la cattura di individui di taglia diversa (Craig *et al.*, 1986; Degerman *et al.*, 1988;. I pannelli utilizzati presentavano maglie con il lato (da nodo a nodo) (Fig.4.9) avente le seguenti dimensioni: 22 mm, 25 mm, 28 mm, 35 mm, 40 mm, 50 mm e 70 mm.

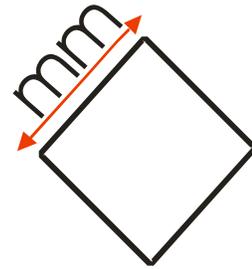


Figura 4.9 – Misura della maglia delle altane.



Figura 4.10 – Altana.

La rete da posta od altana (Fig.4.10) è composta da un unico filamento in nylon intrecciato a formare delle maglie: maglie diverse consentono la pesca di esemplari di differenti taglie (Hubert, 1996). Le altane sono dotate di due galleggianti posti all'estremità emersa che funzionano anche da segnale (Fig.4.11) e di una corda piombata all'estremità immersa, che fa in modo che la rete rimanga in posizione verticale.

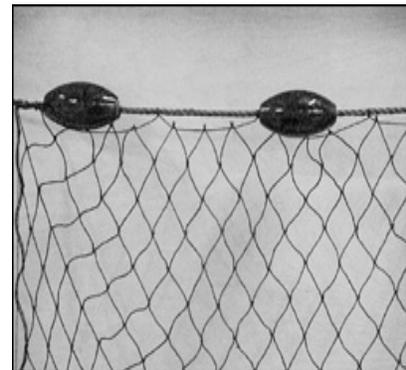


Figura 4.11 – Altana.

Il tofo (Fig.4.12) è una rete a forma di sacco costituita da maglie di piccole dimensioni, che permette una pesca meno selettiva rispetto alle altane. E' un tipico attrezzo ad "inganno" costituito da una serie di camere all'interno delle quali si trovano particolari dispositivi che indirizzano il pesce a muoversi in una sola direzione, impedendogli di retrocedere (Fig.4.13). Deve essere posizionato in acque poco profonde ed ancorato sul fondo. Le dimensioni dell'attrezzo sono le

seguenti: bocca con diametro di 1,5 m e maglia da 15 mm; ali con altezza di 2 m, lunghezza 8 m e maglia da 20 mm (Moretti e Gianotti, 1966).

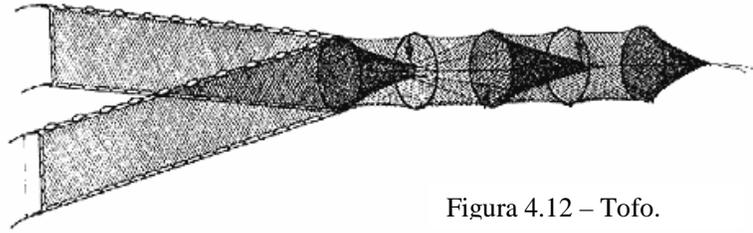


Figura 4.12 – Tofo.

Tutto il pesce catturato è stato suddiviso per stazione, attrezzo e maglia: i carassi dorati sono stati portati in laboratorio per le successive misurazioni; gli esemplari delle altre specie ittiche sono stati determinati, contati, pesati e quindi, quando possibile, rilasciati in acqua.



Figura 4.13 – Tofo.

4.3 Analisi di laboratorio

Ad ogni esemplare di carassio dorato catturato sono state effettuate le seguenti misurazioni (Anderson e Neumann, 1996) (Fig.4.14):

- LUNGHEZZA TOTALE (LT): espressa in cm e misurata dall'estremità del muso al lobo superiore della pinna caudale, con precisione di ± 1 mm.
- LUNGHEZZA STANDARD (LS); espressa in cm e misurata dall'estremità del muso all'ultima squama del peduncolo caudale, con precisione di ± 1 mm.
- PESO TOTALE (PT) espresso in g e determinato con bilancia elettronica, con precisione di ± 1 g.

Ad un numero significativo di esemplari è stato prelevato un campione di scaglie per la determinazione dell'età e per il retrocalcolo (Bagenal, 1985); la parte scelta per il prelievo è quella dorsoventrale, sopra la linea laterale e sulla verticale dell'inserzione della pinna dorsale (Devries e Frie, 1996).

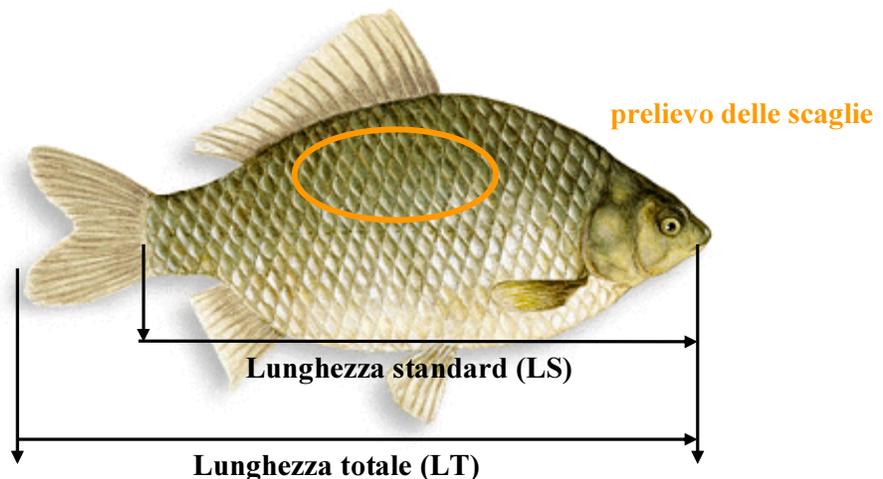


Figura 4.14 – Misure effettuate sugli esemplari catturati.

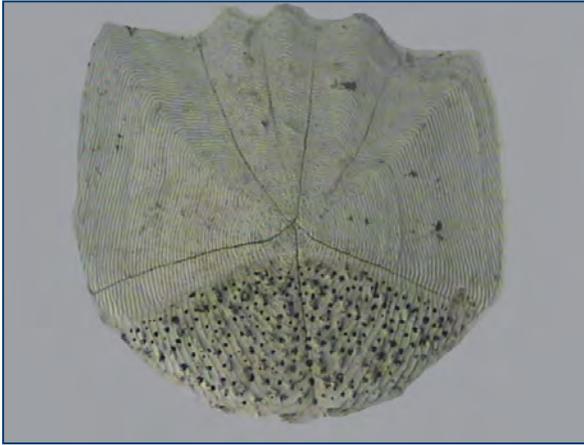


Figura 4.15 – Scaglia del carassio dorato.

La scaglia del carassio dorato, è di tipo cicloide (Fig.4.15) e presenta sulla sua superficie una fitta serie di curve concentriche, *circuli*, che si accrescono numericamente dal centro di ossificazione (*focus*) verso la periferia durante tutta la vita del pesce. I circuli si formano regolarmente: in inverno, quando la crescita dei pesci è molto lenta, a causa del metabolismo rallentato, i circuli si formano addensandosi maggiormente tra loro, così da apparire come una

banda scura, detta *annulo*. In primavera, quando la crescita avviene più velocemente, i circuli si formano sulla scaglia più radi e distanziati, in modo da apparire come una banda più chiara. Contando gli annuli è possibile risalire al numero degli inverni trascorsi dal pesce al momento della cattura e, quindi, conoscere l'età di ogni esemplare: le classi di età sono state designate come 0+, 1+, 2+, .. n+ , in cui il valore numerico si riferisce agli inverni trascorsi, mentre il segno + si riferisce all'accrescimento realizzato nei mesi successivi la formazione dell'ultimo annulo, indipendentemente dalla data di cattura. Il 31 dicembre è la data convenzionalmente utilizzata per separare una classe di età da un'altra (Bagenal, 1985). Successivamente l'età del pesce è stata espressa in anni sulla base della data di cattura dell'esemplare e del periodo riproduttivo della specie; come mese di nascita è stato scelto maggio (Gandolfi *et al.*, 1991). Ad esempio, un pesce nato nel maggio 2003 e catturato nel gennaio 2004 avrà trascorso un solo inverno: sarà quindi attribuito alla classe 1+ ed avrà un'età di 0,63 anni.

Nella determinazione dell'età il metodo scalimetrico è stato integrato con il metodo di Petersen (Bagenal, 1985). Tale metodo consiste nel costruire un istogramma di frequenza delle lunghezze del campione esaminato; ciò per individuare le classi di età ed i relativi intervalli di lunghezza che variano secondo la specie e l'ambiente, facendo corrispondere ad ogni moda (la classe a maggiore frequenza) una classe di età. Le mode sono generalmente più evidenti nelle prime classi d'età, nelle quali l'accrescimento in lunghezza è generalmente più rapido. Con questo metodo per avere una distribuzione delle frequenze utilizzabile nella determinazione dell'età è necessario misurare la lunghezza di un numero elevato di pesci per ogni popolazione e avere una piccola sovrapposizione nelle taglie dei pesci appartenenti a gruppi d'età successivi; è inoltre necessaria l'assenza di dimorfismo sessuale nell'accrescimento (Bagenal, 1985).

Per la popolazione del lago Trasimeno il metodo di Petersen è stato applicato separatamente nei due sessi e i campioni degli esemplari catturati nei vari mesi di campionamento, inoltre, sono

stati analizzati separatamente fra loro; ciò per evitare il sovrapporsi delle classi modali, conseguente all'accrescimento degli individui nel tempo.

L'accrescimento delle scaglie è proporzionale all'accrescimento del pesce e quindi la distanza dal focus dei vari annuli è proporzionale alla lunghezza del pesce, misurando tale distanza è possibile determinare a ritroso le lunghezze dell'individuo alle età precedenti, con un procedimento chiamato, appunto, retrocalcolo. Per effettuare tali analisi su di un subcampione di 53 individui sono state scelte, tramite selezione microscopica, le quattro scaglie migliori, sulle quali sono stati misurati, mediante sistema di analisi delle immagini (IAS 2000), il raggio della squama e il raggio di tutti gli annuli presenti.

Le misure rilevate sono (Bagenal, 1985):

- raggio di squama (Rs): dal centro di ossificazione al margine della squama, lungo uno dei raggi obliqui, con precisione di ± 1 micron.
- raggio dell'annulo (Rn): dal centro di ossificazione, al margine inferiore dell'annulo, lungo lo stesso raggio obliquo considerato per il raggio di squama, con precisione di ± 1 micron.

Su un campione di 2030 individui è stato inoltre attribuito il sesso mediante osservazione diretta delle gonadi. Le gonadi sono state estratte e pesate con bilancia elettronica di precisione. Lo stadio di maturazione degli ovari è stato valutato mediante la scala di maturazione della gonadi di Nikolsky (in Gandolfi *et al.*, 1991) (Tab.4.1).

Alle femmine con gonadi mature è stato prelevato un piccolo subcampione di uova di circa 3 g, che è stato successivamente pesato con bilancia analitica di precisione ($\pm 0,001$ g). Ciascun subcampione è stato posizionato in una piastra suddivisa in 46,75 quadrati, ognuno avente una superficie di 1 cm². Le uova, una volta pulite, sono state distribuite sulla piastra e quindi contate solo le uova mature (di colore giallo) collocate in sette

STADIO I: GONADI IMMATURE

Giovani che non hanno ancora raggiunto la maturità sessuale. Gonadi di dimensioni ridotte. Testicoli filiformi e trasparenti.

STADIO II: GONADI QUIESCENTI

Adulti che si sono riprodotti da poco tempo. Completo svuotamento delle gonadi, i gameti non hanno ancora iniziato lo sviluppo. Gonadi con forma e volume simile allo stadio precedente; ovari di colore rosa.

STADIO III: GONADI IN MATURAZIONE

Individui che stanno raggiungendo la prima maturità sessuale ed adulti già riprodottosi che si preparano a riprodursi di nuovo.

STADIO IV: GONADI MATURE

Gameti maturi e gonadi con volume ed indice gonadosomatico massimi. Testicoli di colore latteo, ovari gialli o giallo-arancio.

STADIO V: GONADI IN RIPRODUZIONE

Individui che si stanno riproducendo. I gameti fuoriescono se si esercita una lieve pressione sui fianchi.

STADIO VI: GONADI SVUOTATE

Adulti appena riprodottisi. Gonadi con pochi gameti residui.

Tabella 4.1 - Stadi di maturazione delle gonadi: analisi

quadrati selezionati a caso, seguendo le tabelle dei numeri random (Snedekor e Cochran, 1937). Dalle uova presenti nel subcampione, conoscendo il peso sia del subcampione che della totalità delle gonadi, si è risaliti al numero totale delle uova mature presenti negli ovari.

Per ciascun subcampione sono anche state scelte a caso 10 uova mature, per ognuna delle quali è stato misurato il diametro. Il conteggio delle uova del subcampione e la misura del diametro sono stati effettuati mediante microscopio ottico, collegato ad un computer dotato di software per l'analisi delle immagini (IAS2000).

4.4 Elaborazioni per l'analisi della biologia del carassio dorato

Relazione lunghezza totale – lunghezza standard

La regressione tra la lunghezza totale e la lunghezza standard può essere utile per verificare se esiste o meno una relazione significativa che lega questi due parametri e, in caso affermativo, permetterne la conversione dei valori. La relazione è in genere espressa in maniera algebrica dalla seguente formula:

$$LT = a + b *LS$$

in cui:

a = intercetta con l'asse delle ordinate;

b = pendenza della retta;

LT = lunghezza totale in cm;

LS = lunghezza standard in cm.

La relazione LT - LS è stata calcolata sia sul campione complessivo che sul campione disaggregato per sesso. Il confronto tra le relazioni trovate nei due sessi è stato effettuato mediante analisi della covarianza.

Relazione lunghezza totale- peso

La crescita nel pesce è continua ed avviene in modo proporzionale alla lunghezza ed al peso; in genere la relazione che connette i due parametri può essere espressa algebricamente dalla seguente formula (D'Ancona, 1973):

$$PT = a LT^b$$

dove:

PT = peso totale in g;

LT = lunghezza totale in cm;

a = intercetta con l'asse delle y;

b = coefficiente di regressione.

Il coefficiente di regressione esprime il tipo di accrescimento della popolazione; b può assumere valori diversi ed in particolare, quando b è:

- minore di 3, la crescita è allometrica e la lunghezza aumenta in modo più che proporzionale rispetto alle altre dimensioni: si hanno individui esili e longilinei;
- maggiore di 3, la crescita è allometrica e la lunghezza aumenta in modo meno che proporzionale rispetto alle altre dimensioni: si hanno individui corti e tozzi;
- uguale a 3 la crescita è isometrica e l'accrescimento avviene in modo perfettamente proporzionale nelle tre dimensioni dello spazio.

La relazione LT – PT è stata calcolata con il metodo dei minimi quadrati (Ricker, 1975) sul campione complessivo e sul campione disaggregato per sesso, dopo trasformazione logaritmica dei dati ($\log PT = a + b \log LT$). Per verificare l'esistenza di dimorfismo sessuale si è effettuato un confronto mediante analisi della covarianza tra le regressioni calcolate nei due sessi.

Accrescimento teorico in lunghezza

L'accrescimento teorico in lunghezza è stato calcolato mediante l'equazione di Von Bertalanffy (1938), descritto dalla formula:

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

dove:

L_t = lunghezza totale in cm all'età t;

L_∞ = asintoto della curva di accrescimento, rappresenta la massima taglia raggiungibile (in cm) degli individui della popolazione se si accrescessero indefinitamente;

K = velocità alla quale la curva di crescita si avvicina all'asintoto;

t_0 = età equivalente dei pesci di taglia zero.

Si è inoltre calcolato ϕ , che mette in relazione i due parametri K ed L_∞ dell'equazione di Von Bertalanffy e descrive sinteticamente l'accrescimento di una popolazione (Pauly e Munro, 1994):

$$\phi = \log K + 2 * \log L_\infty$$

Il valore di ϕ è influenzato dalle caratteristiche intrinseche delle popolazioni e dall'ambiente in cui queste vivono, permettendo così il confronto tra popolazioni diverse; più elevato è il valore di ϕ , migliore sarà l'accrescimento di una popolazione (Abella *et al.*, 1994).

L'accrescimento teorico in lunghezza è stato calcolato per il campione complessivo e per il campione disaggregato per sesso. I valori utilizzati nel calcolo delle incognite dell'equazione sono costituiti dalle lunghezze totali e dalle età dei singoli esemplari.

Accrescimento teorico in peso

L'accrescimento teorico in peso è stato calcolato mediante l'equazione di Gompertz (Ricker, 1975):

$$PT_t = P_0 e^{G(1 - e^{-gt})}$$

dove:

PT_t = peso in grammi all'età t ;

P_0 = peso all'età t_0 ;

G = tasso istantaneo di crescita;

g = tasso di diminuzione di G .

Le curve di accrescimento teorico in peso sono state realizzate per il campione complessivo e per il campione disaggregato per sesso. I valori utilizzati nel calcolo delle incognite sono costituite dai pesi e dalle età dei singoli esemplari.

Accrescimento reale in lunghezza ed in peso

L'accrescimento reale è stato analizzato calcolando i valori medi della lunghezza e del peso nel campione disaggregato per classe di età. L'analisi è stata condotta separatamente nei due sessi e per verificare l'esistenza di dimorfismo sessuale nell'accrescimento è stata effettuato un confronto mediante analisi della varianza (ANOVA).

Accrescimento invernale

Per evitare che nell'analisi dell'accrescimento reale la composizione del campione possa influenzare il risultato, è stato anche effettuato il calcolo dei valori medi di lunghezza e peso, nel campione catturato nel periodo invernale disaggregandolo per classe di età.

In inverno, infatti, l'accrescimento del carassio dorato è molto rallentato (Muus e Dahlstrom, 1967); ciò permette di aggregare i campioni mensili, senza che la variabilità degli stessi condizioni l'esito delle analisi. L'analisi è stata condotta, anche in questo caso, separatamente nei due sessi; per verificare l'esistenza di dimorfismo sessuale è stato effettuato un confronto mediante analisi della varianza (ANOVA).

Accrescimento stagionale

L'accrescimento stagionale permette di verificare se l'accrescimento di una specie ittica avviene in modo continuo durante tutto l'anno o se, al contrario, presenta dei momenti di stasi. Tale analisi, date le caratteristiche del campione è stata condotta separatamente per le classi di età 0+, 1+, 2+, 3+, 4+ ed esclusivamente per gli esemplari di sesso femminile. L'accrescimento stagionale

è stato analizzato calcolando i valori medi di lunghezza totale e peso nel campione disaggregato per stagione di campionamento. Per verificare l'esistenza di differenze statisticamente significative nel confronto fra i valori medi calcolati è stata utilizzata l'analisi della varianza (ANOVA), usando come criteri di classificazione le classi di età e le stagioni di campionamento.

Accrescimento mensile

L'accrescimento mensile permette di analizzare in dettaglio l'accrescimento di una specie ittica verificando i periodi in cui questo subisce dei rallentamenti o delle accelerazioni, se questo avviene in modo continuo durante i dodici mesi dell'anno, o se, al contrario, presenta dei momenti di stasi. Tale analisi, date le caratteristiche del campione, è stata condotta nel campione complessivo ed esclusivamente per le classi di età 2+ e 3+. L'accrescimento mensile è stato analizzato calcolando i valori medi di lunghezza totale e peso nel campione disaggregato per stagione di campionamento. Per verificare l'esistenza di differenze statisticamente significative nel confronto fra i valori medi calcolati è stata utilizzata l'analisi della varianza, usando come criteri di classificazione le classi di età e le stagioni di campionamento.

Accrescimento retrocalcolato

I parametri rilevati nell'analisi di laboratorio delle scaglie sono stati ulteriormente utilizzati per determinare la relazione corpo-scaglia, che permette di risalire alle lunghezze raggiunte da ogni esemplare alle età precedenti alla cattura. Tale analisi è stata condotta esclusivamente per il campione di sesso femminile, essendo i maschi poco numerosi.

La relazione usata è la seguente (Bagenal, 1978):

$$L_n - a = R_n / R_s (L_s - a)$$

dove:

L_n = Lunghezza relativa all'età n;

a = costante calcolata mediante retta di regressione $L_s = a + b * R_s$;

R_n = raggio dell'annulo n (distanza tra il focus e il raggio n) (in mm);

R_s = raggio totale della scaglia (distanza tra il focus e il margine della scaglia) (in mm);

LT = lunghezza totale del pesce alla cattura (in cm).

Tale equazione proposta per la prima volta da Lee (1920) e Fraser (1910) è utilizzabile solo se la relazione tra il raggio totale della scaglia (R_s) e la lunghezza del pesce (LT) è lineare, e la retta non passa per l'origine; se ciò non avviene si deve ricorrere ad equazioni diverse (Bagenal, 1978).

Nel retrocalcolo sono stati utilizzati i valori di R_s e R_n di ciascun esemplare ottenuti dalla media delle 4 scaglie osservate al microscopio ottico.

Fenomeno di Lee

Il fenomeno di Lee si verifica quando le lunghezze retrocalcolate, per un dato gruppo di età, sono più piccole quanto più grande è il pesce preso in esame (Bagenal, 1978). Al contrario si produce un “fenomeno di Lee inverso“ quando le lunghezze retrocalcolate sono maggiori quanto più grandi sono i pesci da cui vengono ricavate.

Possibili cause del fenomeno di Lee sono (Ricker, 1992):

- un uso non corretto del retrocalcolo, con sottostima dell'intercetta nella regressione fra R_s e LT ;
- un campionamento non casuale che tende a selezionare membri più grandi delle classi di età più giovani;
- la presenza di una mortalità selettiva naturale o indotta dalla pesca, che favorisce una maggiore sopravvivenza dei pesci più piccoli di un dato gruppo di età (Bagenal, 1978).

Il fenomeno di Lee inverso è generalmente causato o da una sovrastima dell'intercetta nel retrocalcolo o alla presenza di fenomeni di predazione e/o competizione fra i giovani, che causano una mortalità selettiva a sfavore degli esemplari più piccoli.

Per verificare l'esistenza del fenomeno di Lee è stato effettuato un confronto, mediante t-test, fra le lunghezze retrocalcolate raggiunte alle varie età dagli esemplari di età n rispetto al campione composto dai pesci più anziani ($n+i$).

Fattore di condizione

Il fattore di condizione permette di valutare lo stato di nutrizione di ogni singolo esemplare della popolazione esaminata, esso è stato calcolato in base alla formula di Fulton (1911):

$$K = 100 \cdot (PT/LS^3)$$

dove:

PT= peso totale;

LS = lunghezza standard.

Così calcolato K rappresenta la deviazione individuale di un ipotetico pesce ideale avente crescita isometrica (Weatherley, 1972) e permette il confronto fra individui, sessi e popolazioni diverse (Ricker, 1975). Nel calcolo del fattore di condizione il campione è stato disaggregato per sesso, per età, per stagione ed i relativi confronti sono stati effettuati mediante analisi della varianza (ANOVA).

Per meglio valutare l'influenza del ciclo riproduttivo sulla condizione del carassio il valore di K è stato calcolato anche per il peso somatico, ovvero per il peso misurato senza considerare il

contributo delle gonadi (ovari e testicoli); il fattore di condizione somatico è stato calcolato con la seguente formula:

$$Ks = 100[(PT - PG)/LS^3]$$

dove:

PT = peso totale;

PG = peso delle gonadi;

LS = lunghezza standard.

Anche per Ks sono stati effettuati confronti tra i due sessi, fra le classi di età e tra le stagioni di campionamento mediante analisi della varianza (ANOVA). Dal confronto fra l'andamento di K e Ks nei dodici mesi dell'anno è stato anche possibile trarre altre informazioni molto utili sui fattori che condizionano lo sviluppo delle gonadi e lo stato di benessere fisico degli esemplari esaminati.

Struttura per età

La struttura per età descrive il numero effettivo e le frequenze percentuali del campione disaggregato per anno di nascita; tale analisi risulta particolarmente idonea a descrivere la composizione della popolazione ed ha permesso di stimare la mortalità. La struttura per età è stata analizzata nel campione complessivo ed in quello disaggregato per sesso.

L'inizio dei campionamenti (febbraio) non è coinciso con la data convenzionalmente utilizzata per separare le classi di età (31 dicembre); questo ha comportato nel campione degli esemplari catturati la non perfetta sovrapposizione fra classi di età e generazione di appartenenza. Per tale fenomeno, infatti, il campione degli esemplari attribuiti ad un data classe di età non comprende tutti gli esemplari nati nello stesso anno e quindi appartenenti alla stessa generazione. Mediante il criterio utilizzato per l'attribuzione dell'età un esemplare nato nel maggio 2003 viene, infatti, attribuito alla classe di età 0+, se catturato prima del 31 dicembre 2003, ma alla classe 1+ se viene catturato successivamente a questa data. L'utilizzo della classe di età avrebbe distorto l'analisi della struttura di popolazione, che invece è stata effettuata sul campione disaggregato per anno di nascita.

Mortalità

Il tasso istantaneo di mortalità è stato stimato utilizzando il metodo della regressione lineare tra il logaritmo naturale del numero degli individui e l'età (Ricker, 1975). Il tasso istantaneo di mortalità (Z) è legato alla sopravvivenza (S) dalla seguente uguaglianza:

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

S è a sua volta legato al tasso annuo di mortalità (A) dalla relazione:

$$A = 1-S$$

Così calcolati, i parametri S ed A risultano di particolare interesse perchè rappresentano la percentuale degli individui che mediamente muoiono (A) o sopravvivono (S) ogni anno. L'analisi della mortalità è stata condotta nel campione complessivo e nel campione disaggregato per sesso.

Nel campione considerato nell'analisi l'abbondanza delle classi più giovani è risultata sottostimata ed il calcolo del tasso istantaneo di mortalità è stato effettuato considerando esclusivamente gli individui più vecchi, partendo dalla classe di età 3+ per il campione complessivo e per le femmine e dalla 2+ per i maschi (Arlati *et al.*, 1990).

Produzione

Per il campione analizzato è stata inoltre calcolata la produzione ittica (P). Il piano di campionamento utilizzato non ha permesso di ottenere una stima dello stock di carassio dorato presente nel lago Trasimeno. I valori di abbondanza ottenuti non rappresentano una densità e quindi non permettono una valutazione della produzione complessiva della popolazione presente; l'analisi rappresenta, quindi, una stima della biomassa prodotta annualmente dal solo campione catturato nei campionamenti ed ha il senso di fornire, piuttosto che indicazioni di carattere assoluto, informazioni su quello che può essere il contributo relativo delle diverse classi di età alla produzione complessiva del lago. La produzione, così calcolata, è quindi espressa in g/anno ed è stata ottenuta applicando la seguente formula:

$$P = B \bar{B} \Delta t$$

dove \bar{B} (biomassa media) è stata calcolata:

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

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

Sia per il coefficiente di mortalità (Z) che per il tasso di accrescimento (G) si è applicato il modello esponenziale (Ricker, 1975):

$$Z = -(\ln N_2 - \ln N_1) / \Delta t$$

$$G = (\ln W_2 - \ln W_1) / \Delta t$$

in cui:

B_1 = biomassa al tempo t_1

N_1 e N_2 = n. di individui al tempo t_1 e t_2

W_1 e W_2 = peso medio degli individui al tempo t_1 e t_2 .

Il campionamento ha probabilmente sottostimato le abbondanze degli esemplari più giovani; per evitare, quindi, che il calcolo della produzione complessiva fosse inficiato da tale fenomeno il numero degli individui delle classi 0+ e 1+ è stato corretto sulla base dei risultati dell'analisi della mortalità; in particolare le abbondanze degli 0+ e degli 1+ sono state stimate utilizzando la regressione tra l'età e il logaritmo naturale del numero degli individui catturati (Ricker, 1975).

La produzione è stata inoltre disaggregata in funzione dell'età e calcolato il rapporto di turnover (P/B), allo scopo di evidenziare il contributo alla produzione totale delle varie classi di età e il tempo necessario alla loro sostituzione (Marconato *et al.*, 1990).

Rapporto tra i sessi

Il rapporto numerico tra i sessi è stato effettuato sul campione complessivo e sul campione disaggregato per anno di nascita, i dati sono stati analizzati sia come numeri effettivi che come percentuali.

Periodo riproduttivo

Per valutare la durata del periodo riproduttivo il campione è stato disaggregato per sesso e per stadio di maturazione delle gonadi. Sia per i maschi che per le femmine, nei dodici mesi dell'anno sono state calcolate le percentuali degli esemplari con gonadi nei vari stadi di maturazione.

Maturità sessuale

L'età di prima riproduzione è stata analizzata disaggregando il campione per sesso, per stadio di maturazione della gonadi e per classe di età; quindi è stato contato il numero degli individui con gonadi mature (IV e V stadio) per ciascuna classe di età. L'analisi è stata condotta sul campione separatamente nei due sessi.

Indice gonado-somatico (GSI)

Il GSI viene calcolato applicando la seguente formula (Ricker, 1975):

$$GSI = (PG * 100) / PT$$

dove:

PT= peso totale espresso in grammi;

PG= peso delle gonadi espresso in grammi.

Il GSI rappresenta il peso delle gonadi espresso come percentuale del peso totale; l'andamento del valore medio di tale indice durante i dodici mesi dell'anno fornisce informazioni sullo sviluppo delle gonadi in relazione al loro ciclo stagionale e fornisce indicazioni sulla durata del periodo riproduttivo.

Il calcolo del GSI è stato realizzato sul campione disaggregato per sesso, mentre l'andamento mensile è stato realizzato per le sole femmine poiché il campione maschile è risultato troppo esiguo; l'analisi del GSI disaggregata per stadio di maturità delle gonadi, al contrario, è stata realizzata per entrambi i sessi.

L'analisi della regressione lineare tra GSI e LT permette di verificare se esiste una relazione fra i due parametri. Il modello è del tipo:

$$\text{GSI} = a * \text{LT}^b$$

dove:

LT = lunghezza totale in cm.

L'analisi è stata condotta in entrambi i sessi esclusivamente per gli esemplari prossimi alla riproduzione. Il campione di sesso femminile è stato inoltre disaggregato per classe di età e per classe di lunghezza, per verificare se il GSI varia in relazione alla taglia degli esemplari. Le differenze nei valori medi del GSI sono state confrontate mediante analisi della varianza (ANOVA).

Fecondità assoluta

Le fecondità assoluta è espressa come il numero totale di uova prodotte da ogni femmina in età riproduttiva ed è calcolata come:

$$\text{N}^\circ\text{uova totali} = (\text{N}^\circ\text{uova del subcampione}/\text{peso del subcampione})/ \text{PG}$$

dove:

PG = peso delle gonadi in g.

Il campione è stato disaggregato per classe di lunghezza totale, per verificare se pesci più lunghi producano un maggior numero di uova; i valori medi sono stati confrontati mediante analisi della varianza (ANOVA).

Il campione è stato ulteriormente disaggregato per classi di età, per verificare se pesci più vecchi producano un numero di uova maggiore rispetto a quelli più giovani; i valori medi sono stati confrontati mediante analisi della varianza (ANOVA).

Sono state inoltre calcolate le regressioni fra il numero della uova e la lunghezza totale e fra il numero delle uova ed il peso; i modelli utilizzati sono i seguenti:

$$N^{\circ} \text{uova} = a * LT^b$$

dove:

LT = lunghezza totale in cm

$$N^{\circ} \text{uova} = a + b * PT$$

dove:

PT = peso totale in g.

Fecondità relativa

La fecondità relativa è espressa come il numero di uova medio prodotte dalle femmine per ogni kg di peso corporeo, ed è stata calcolata mediante la formula:

$$\text{fecondità relativa} = N^{\circ} \text{uova} / PT$$

dove:

PT = peso totale in g.

Il campione è stato disaggregato per classe di lunghezza totale, per verificare se la fecondità relativa varia in relazione alla taglia degli esemplari; le differenze sono state confrontate mediante analisi della varianza (ANOVA).

Il campione è stato poi disaggregato per classi di età al fine di stabilire se la fertilità relativa varia in relazione all'età degli esemplari; le differenze sono state confrontate mediante analisi della varianza (ANOVA).

Sono state inoltre calcolate le regressioni fra la fecondità relativa/LT e la fecondità relativa/Peso totale; i modelli utilizzati sono i seguenti:

$$\text{fecondità relativa} = a + b * LT$$

dove:

LT = lunghezza totale in cm,

$$\text{fecondità relativa} = a + b * PT$$

dove:

PT = peso totale in g.

Diametro delle uova

Il diametro è stato misurato per dieci uova scelte a caso in ogni esemplare di sesso femminile utilizzato per l'analisi delle biologia riproduttiva; è stato calcolato il valore del diametro medio delle dieci misure.

Il campione è stato disaggregato per classe di età e per classe di lunghezza, per verificare se il diametro medio delle uova varia in relazione alla taglia ed all'età degli individui; il confronto tra i valori medi è stato effettuato mediante analisi della varianza (ANOVA).

E' stato, inoltre, calcolata la regressione fra diametro delle uova e la lunghezza totale; il modello utilizzato è il seguente:

$$\delta = a + b \cdot LT$$

dove:

LT = lunghezza totale in cm.

Contributo riproduttivo

Il contributo riproduttivo di ciascuna classe di età è stato determinato sulla base dei dati derivanti dall'analisi della struttura di popolazione e della biologia riproduttiva. In particolare il calcolo è stato effettuato utilizzando, per ciascuna classe di età, le abbondanze delle femmine, le rispettive fertilità assolute medie e le percentuali degli individui in grado di riprodursi. In tal modo si è cercato di stimare il numero assoluto di uova prodotte e quindi calcolare il contributo relativo di ciascuna classe di età rispetto alle uova complessivamente prodotte dal campione esaminato.

4.5 Elaborazioni per l'analisi delle catture con l'elettrostorditore

I punti assunti come riferimento per impostare l'elaborazione delle catture effettuate con l'elettrostorditore sono i seguenti:

- determinare le abbondanze del carassio dorato nelle diverse tipologie lacustri considerate (stazioni di campionamento, periodo di campionamento e caratteristiche ambientali);
- effettuare i confronti necessari per individuare le condizioni ambientali che ottimizzano le probabilità di cattura del carassio dorato;
- effettuare i confronti necessari per individuare le migliori soluzioni tecniche (anodi e catodi di forma diversa, frequenze degli impulsi) che ottimizzano le probabilità di cattura del carassio dorato (Mearelli *et al.*, 2002).

Per la valutazione delle abbondanze delle catture (in numero e biomassa), si è fatto ricorso all'analisi delle catture per unità di sforzo (CPUE) (Ricker, 1975), premessa indispensabile per effettuare tutti i confronti sopra menzionati. La standardizzazione delle catture effettuate mediante elettrostorditore si è resa necessaria in quanto i transetti analizzati misuravano lunghezze differenti. Lo sforzo pesca è stato calcolato considerando la durata del campionamento, pertanto le catture sono state espresse come numero di individui e come biomassa catturati nell'unità di tempo (minuti) (CPUE N=ind/m; CPUE B= g/m), utilizzando le seguenti formule (Mascarenhas Alves *et al.*, 1998):

$$\text{CPUE N} = \text{N}/\text{t};$$

$$\text{CPUE B} = \text{B}/\text{t};$$

dove:

N = numero di pesci catturati;

B = biomassa in grammi (g) dei pesci catturati;

t = durata in minuti (m) del campionamento.

Per il campionamento con l'elettrostorditore le CPUE sono state stimate separatamente per ciascuna specie ittica catturata.

4.6 Elaborazioni per l'analisi della biologia della pesca del carassio dorato

Per quanto riguarda le reti le CPUE sono state calcolate separatamente per ciascuna tipologia di attrezzo impiegata: la stima delle catture per unità di sforzo è stata standardizzata sulla base del numero (CPUE N) e della biomassa degli individui calcolati (CPUE B). Per le altane lo sforzo pesca è stato calcolato considerando sia la durata della messa in posa delle reti che la superficie dei pannelli utilizzati. Pertanto per rendere possibile un confronto fra i dati, le catture sono state espresse come numero di individui catturati nell'unità di superficie e nell'unità di tempo (CPUE N=ind/m²/h) e come biomassa catturata nell'unità di superficie e nell'unità di tempo (CPUE B= g/m²/h), utilizzando le seguenti formule (Mascarenhas Alves *et al.*, 1998):

$$\text{CPUE N} = \text{N}/\text{t S};$$

$$\text{CPUE B} = \text{B}/\text{t S};$$

dove:

N = numero di pesci catturati;

B = biomassa in grammi (g) dei pesci catturati;

S = superficie (m²) della rete utilizzata;

t = tempo di posa in ore (h) della rete utilizzata.

Per il tofo il calcolo dello sforzo pesca è stato effettuato considerando esclusivamente la durata della messa in posa delle reti; pertanto in questo caso le catture sono state espresse come numero di individui e come biomassa catturati nell'unità di tempo (CPUE N=ind/h; CPUE B= g/h).

Sia per i tofi che per le altane, le CPUE sono state stimate per ciascuna specie ittica catturata.

Parte 2

Biologia ed accrescimento del carassio dorato

5. RISULTATI: ACCRESCIMENTO

5.1 Statistica descrittiva del campione complessivo

Il campione è composto da 3111 individui, ad ognuno dei quali è stata misurata la lunghezza totale (LT), mentre soltanto per una parte è stato possibile rilevare la lunghezza standard (LS) (1929 individui), il peso totale (PT) (1984 individui) ed attribuire l'età (2192 individui). La tabella 5.1

riporta la statistica descrittiva relativa ai parametri analizzati: la lunghezza totale varia da un minimo di 4,30 cm ad un massimo di 40,60

	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
LT (cm)	3071	24,10	24,50	4,30	40,60	8,47
LS (cm)	1929	19,09	19,30	3,40	33,40	6,96
Peso (g)	1984	325,34	251,15	1,00	1137,00	266,42
Età (anni)	2192	2,90	2,83	0,17	7,92	1,42

Tabella 5.1 - Statistica descrittiva del campione complessivo. cm e presenta un valore medio di 24 cm; i valori della lunghezza standard sono compresi tra 3,40 e 33,40 cm, con valore medio di 19,09 cm; il peso totale è compreso in un intervallo che va da 1 a 1137 g, con valore medio di 325 g. Il valore medio dell'età è pari a 2,90 anni; tale parametro è compreso in un intervallo che oscilla tra 0,17 e 7,92 anni. Il campione, quindi, risulta molto numeroso e ben distribuito.

L'istogramma della figura 5.1 riporta il numero di esemplari presenti nel campione complessivo disaggregato per classe di lunghezza totale: si può osservare che le classi di LT che presentano il maggior numero di osservazioni appartengono agli intervalli tra 30 e 35 cm e tra 20 e 25 cm, in cui il numero di esemplari è in entrambi i casi superiore a 700; molto abbondanti sono anche i carassi aventi LT compresa fra 10 e 15 cm e fra 25 e 30 cm. La classe meno rappresentata comprende le lunghezze che vanno da 0 a

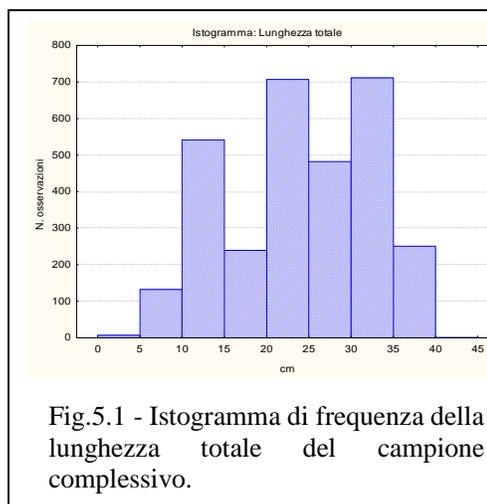


Fig.5.1 - Istogramma di frequenza della lunghezza totale del campione complessivo.

5 cm, ma questo è giustificato dalla selettività degli attrezzi utilizzati nel campionamento e dal rapido accrescimento che caratterizza la specie. Tutte le altre classi di lunghezza sono rappresentate da un numero elevato di osservazioni, che sempre eccedono il numero di 100 esemplari; tutta la popolazione, quindi, può essere considerata ben rappresentata dal campione esaminato.

L'istogramma della figura 5.2 riporta il numero di esemplari presenti nel campione disaggregato per classe di peso totale: si può osservare che le classi di PT meglio rappresentate sono comprese nell'intervallo 0-100 g, in cui il numero di esemplari è superiore a 500.

Molto abbondanti sono anche i carassi dorati aventi PT compreso fra 100 e 200 g e fra 200 e 300 g: entrambe le classi contano più di 250 individui. Le classi meno rappresentate nel campione analizzato sono quelle che presentano valori di peso superiori a 900 g.

L'istogramma della figura 5.3 riporta il numero di esemplari presenti nel campione complessivo disaggregato per classe di età: si contano otto classi di età, che vanno dai giovani dell'anno (0+) agli individui con otto inverni (8+); non è rappresentata l'età 7+. Si può osservare che la classe di età che presenta il maggior numero di osservazioni è la 2+, con più di 450 esemplari; molto abbondanti sono anche i carassi dorati aventi età 1+, 3+, 4+ e 5+, in cui il numero di individui presenti è sempre superiore a 300. Poco rappresentata è la classe degli 0+, molto probabilmente a causa della selettività degli attrezzi di cattura. Poco abbondanti sono anche i carassi aventi più di sei inverni (6+ ed 8+), ma ciò è conforme alla longevità della specie (Bruno, 1987; Muus e Dahlstrom, 1967). Tutte le classi di età risultano ben rappresentate ad eccezione degli individui più giovani (0+), sicuramente sottodimensionati rispetto alla popolazione di provenienza.

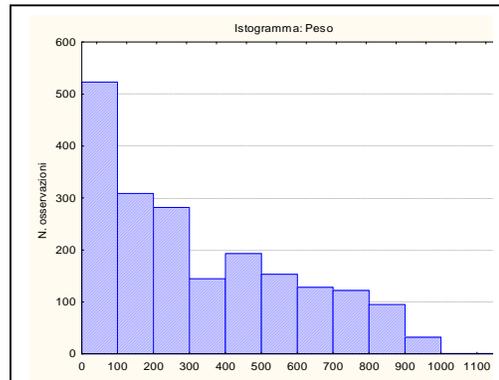


Fig.5.2 - Istogramma di frequenza del peso nel campione complessivo.

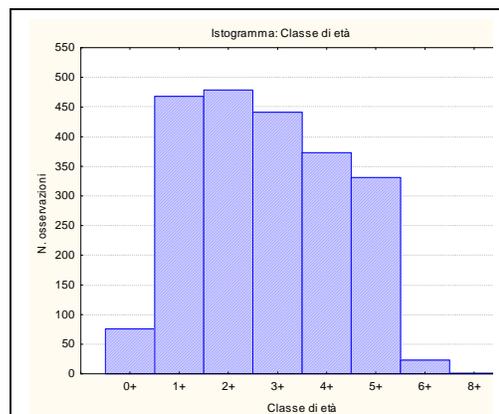


Fig.5.3 - Istogramma di frequenza dell'età nel campione complessivo.

5.2 Statistica descrittiva del campione disaggregato per sesso

L'attribuzione del sesso, basata sull'osservazioni delle gonadi, è stata effettuata per 2180 esemplari dei quali: 124 sono risultati immaturi, 1954 femmine e 102 maschi. Nel campione, quindi, il numero delle femmine risulta molto più numeroso rispetto a quello dei maschi.

Le tabelle 5.2-4 riportano i dati relativi alla statistica descrittiva del campione disaggregato per sesso.

<i>femmine</i>	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
LT (cm)	1930	25,24	6,50	40,60	25,80	7,88
LS (cm)	1616	20,28	5,10	33,40	20,30	6,42
Peso (g)	1550	354,03	5,00	1137	284,45	263,36
Età (anni)	1953	3,08	0,25	6,50	3,00	1,33

Tabella 5.2 - Statistica descrittiva delle femmine.

Nelle femmine (Tab.5.2) il valore medio della lunghezza totale è di 25,24 cm ed è compreso in un intervallo che varia tra 6,50 a 40,60 cm; i valori della lunghezza standard sono compresi in un intervallo tra 5,10 e 33,40 cm; per il peso il valore medio è di 354 g e l'intervallo è compreso tra 5 e 1137 g; il valore medio dell'età è di 3,08 anni e questo parametro oscilla fra 0,25 e 6,50 anni.

<i>maschi</i>	N° Valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione Standard
LT (cm)	100	15,69	8,70	36,00	12,95	6,33
LS (cm)	99	12,49	6,90	29,50	10,50	4,91
Peso (g)	98	96,73	10,00	795,00	36,70	140,08
Età (anni)	102	2,27	0,33	7,92	1,75	1,45

Tabella 5.3 - Statistica descrittiva dei maschi.

Nei maschi (Tab.5.3) la lunghezza totale è compresa tra i valori di 8,7 e 36 cm, con un valore medio pari a 15,69 cm; i valori della lunghezza standard sono compresi tra 6,90 e 29,50 cm e la loro media è di 12,49 cm; per il peso l'intervallo varia da 10 a 795 g, con valore medio di 96,73 g. L'età, nei maschi, è compresa tra 0,33 e 7,92 anni, mentre il valore medio è di 2,27 anni.

<i>immaturi</i>	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione Standard
LT (cm)	124	9,86	4,30	20,00	9,60	2,76
LS (cm)	118	8,02	3,40	16,00	7,80	2,33
Peso (g)	116	19,44	1,00	143,00	14,00	17,67
Età (anni)	123	0,74	0,17	1,75	0,75	0,43

Tabella 5.4 - Statistica descrittiva degli immaturi.

Gli individui considerati immaturi (Tab.5.4) hanno età compresa tra 0,17 e 1,75 anni, con valore medio pari a 0,74 anni. La loro lunghezza totale è compresa nell'intervallo 4,30-20 cm, con valore medio uguale a 9,86 cm; la lunghezza standard oscilla fra 3,40 e 16 cm, con valore medio di 8,02 cm; in riferimento al peso l'intervallo è compreso tra 1 e 143 g, con valore medio di 19,44 g.

I grafici delle figure 5.4-7 illustrano i box and whisker plot utilizzati nel confronto tra i sessi per i parametri analizzati. Il confronto evidenzia come il campione delle femmine sia composto in prevalenza da esemplari più vecchi e quindi di taglia maggiore rispetto ai maschi. Le differenze tra i sessi sono risultate altamente significative per tutti i parametri, come si evidenzia dai risultati dell'analisi della varianza riportati nella tabella 5.5.

Variabile	F	P
LT	141,90	0,000
LS	140,90	0,000
Peso	91,86	0,000
Età	35,38	0,000

Tab. 5.5 Risultati dell'analisi della varianza nel confronto fra i sessi.

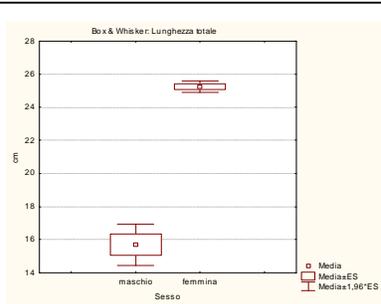


Fig.5.4 - Box and whisker plot della lunghezza totale nel confronto fra i sessi.

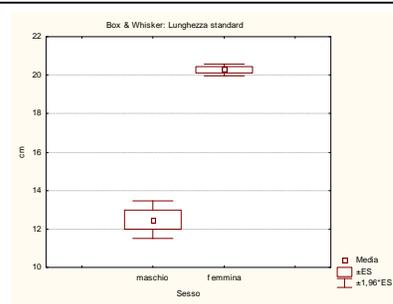


Fig.5.5 - Box and whisker plot della lunghezza standard nel confronto fra i sessi.

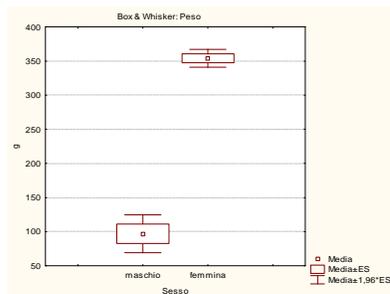


Fig.5.6 - Box and whisker plot del peso nel confronto fra i sessi.

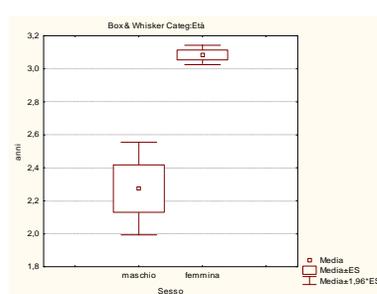


Fig.5.7 - Box and whisker plot delle età nel confronto fra i sessi.

Gli istogrammi di frequenza della lunghezza totale, del peso e dell'età del campione disaggregato per sesso sono riportati nelle figure 5.8-10; manca l'istogramma riferito agli immaturi in quanto il loro campione è molto omogeneo e costituito esclusivamente da esemplari di giovane età (0+). L'intervallo di LT con il maggior numero di osservazioni, per le femmine, è compreso nei

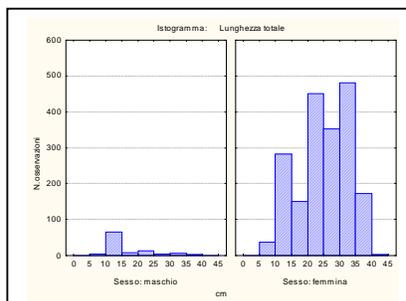


Fig.5.8 - Istogramma di frequenza della lunghezza totale nei due sessi.

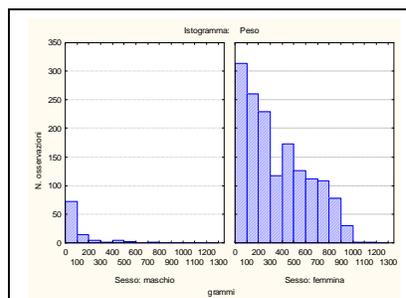


Fig.5.9 - Istogramma di frequenza del peso nei due sessi.

limiti di 30 e 35 cm (Fig.5.8); risulta molto abbondante anche l'intervallo 20-25 cm, ma ben rappresentate sono nel complesso tutte le lunghezze superiori a 10 cm. L'analisi del grafico evidenzia come il campione costituito dagli esemplari di sesso femminile sia praticamente coincidente con il campione complessivo a causa dell'esiguità del numero dei maschi catturati, per i quali la lunghezza con il maggior numero di osservazioni è compresa nell'intervallo 10-15 cm; molto meno numerosi sono gli esemplari più grandi e più piccoli rispetto a questo intervallo.

Nelle femmine il peso più frequente è compreso nell'intervallo 1-100 g (Fig.5.9); molto abbondanti sono anche i carassi con peso compreso tra 100 e 200 g e tra 200 e 300 g. Per gli esemplari di peso superiore risulta particolarmente abbondante l'intervallo 400-500 g, in cui il numero di osservazioni è superiore a 150.

Tutti le altre classi, fino a 800 g di peso, risultano ben

rappresentati e aventi un numero di individui sempre superiore a 70; oltre questo intervallo le abbondanze si riducono drasticamente.

Nei maschi la classe più frequente è compresa tra 1 e 100 g, con un numero di osservazioni superiore a 60; la classe successiva (100 e 200 g) segue per abbondanza, mentre i maschi di peso maggiore di 200 g sono scarsamente rappresentati nel campione.

Negli istogrammi di frequenza relativi alle classi di età si può notare che per quanto riguarda le femmine il campione comprende età variabili da 0+ a 6+ (Fig.5.10); il numero maggiore di osservazioni è riferito alle classi 2+ e 3+, ma molto elevato è il numero di individui per tutte le classi comprese tra la 1+ e 5+. I maschi hanno età che variano da 0+ a 8+, con il numero massimo di osservazioni riferito alle classi 1+ e 2+. Nel complesso le altre classi risultano scarsamente rappresentate; nessun esemplare arriva, al momento della cattura, ad aver trascorso sette inverni (classe 7+). In entrambi i sessi è poco abbondante la classe dei giovani dell'anno (0+).

5.3 Relazione lunghezza totale – lunghezza standard

La relazione che nel campione complessivo lega la lunghezza totale con la lunghezza standard è descritta dall'equazione:

$$LT = 0,0822 + 1,2155LS$$

$$(R^2=0,992; r=0,996; P=0,000) \text{ (Fig.5.11);}$$

nelle femmine l'equazione che lega le due grandezze è:

$$LT = 0,0598 + 1,2164LS$$

$$(R^2=0,992; r=0,996; P=0,000) \text{ (Fig.5.12);}$$

nei maschi l'equazione che lega le due grandezze è:

$$LT = 0,217 + 1,2093LS$$

$$(R^2=0,994; r=0,997; P=0,000) \text{ (Fig.5.13).}$$

Per verificare se esistono differenze nelle

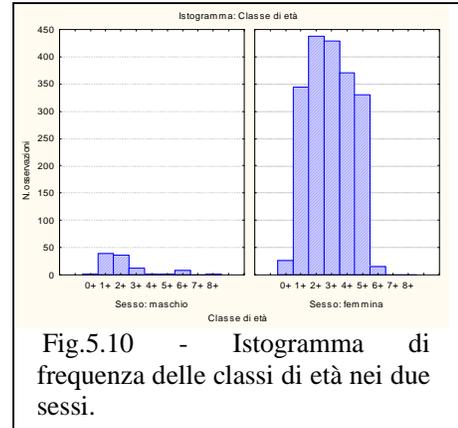


Fig.5.10 - Istogramma di frequenza delle classi di età nei due sessi.

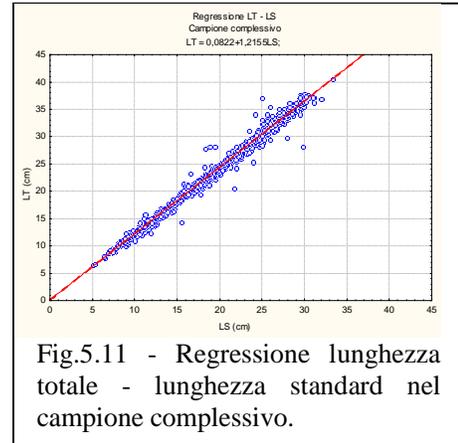


Fig.5.11 - Regressione lunghezza totale - lunghezza standard nel campione complessivo.

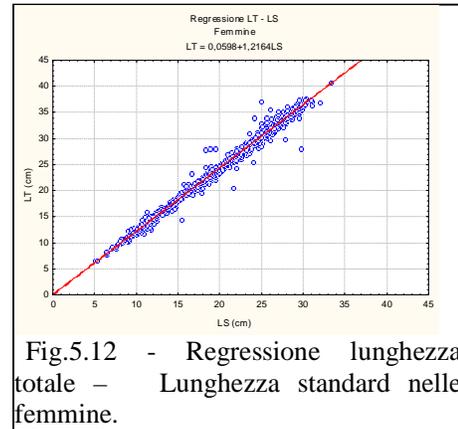


Fig.5.12 - Regressione lunghezza totale - lunghezza standard nelle femmine.

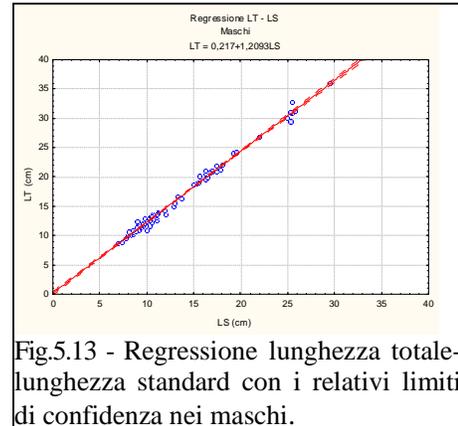


Fig.5.13 - Regressione lunghezza totale - lunghezza standard con i relativi limiti di confidenza nei maschi.

regressioni calcolate nei due sessi è stato effettuato un confronto mediante analisi della covarianza. A parità di lunghezza totale le femmine risultano leggermente più lunghe in LS rispetto ai maschi (Tab.5.6 e Fig.5.14): il valore medio della lunghezza standard nei maschi è di 19,87 cm, mentre nelle femmine è di 19,99 cm; le differenze non risultano, tuttavia, statisticamente significative ($F=3,700$, $P=0,054$).

	N° valori	Valore medio	Errore standard	- 95.00 %	+ 95.00 %
maschio	97	19,87	0,06	19,76	19,99
femmina	1581	19,99	0,01	19,97	20,02

Tabella 5.6 - Analisi della covarianza: confronto tra le medie aggiustate della lunghezza standard nei due sessi.

5.4 Relazione lunghezza totale – peso totale

La relazione fra LT ed PT, nel campione complessivo, è definita dall'equazione:

$$\text{Peso totale} = 0,0147 * \text{LT}^{3,062}$$

($R^2=0,990$) (Fig.5.15).

Per quanto concerne i due sessi, la relazione tra LT ed PT è definita dalle equazioni:

$$\text{Peso totale} = 0,0152 * \text{LT}^{3,0513} \text{ per le femmine}$$

($R^2=0,987$) Fig.5.16);

$$\text{Peso totale} = 0,0128 * \text{LT}^{3,1044} \text{ per i maschi}$$

($R^2=0,984$) (Fig.5.17).

Il valore del coefficiente di regressione (b) per il campione complessivo è pari a 3,062 e risulta di poco superiore a 3, valore che indica un accrescimento di tipo isometrico (Ricker, 1975). Il valore del coefficiente di regressione (b), per le femmine, è pari a 3,051, mentre per i maschi è pari a 3,104.

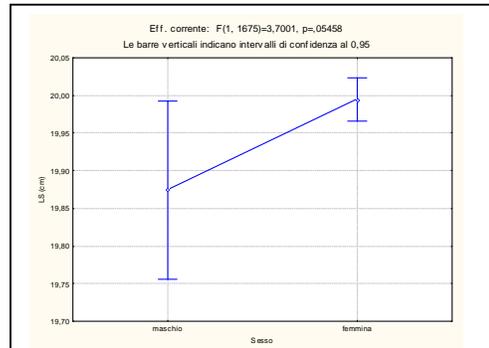


Fig.5.14 - Analisi della covarianza: confronto fra le medie aggiustate della lunghezza standard nei due sessi.

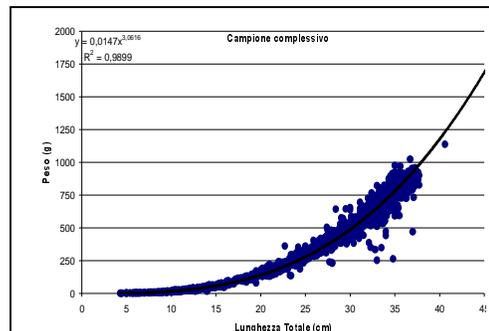


Fig.5.15 - Regressione lunghezza totale-peso per il campione complessivo.

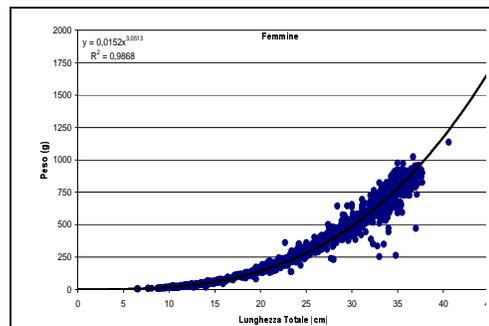


Fig.5.16 - Regressione lunghezza totale-peso per le femmine

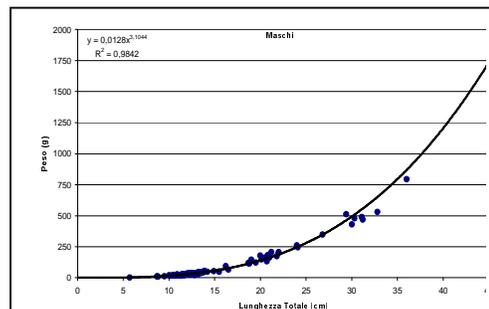


Fig. 5.17 - Regressione lunghezza totale-peso per i maschi

Si ha così conferma di quanto già osservato per il campione complessivo: in entrambi i sessi la crescita è allometrica, con la lunghezza che aumenta in modo meno che proporzionale rispetto alle altre dimensioni dello spazio.

Il calcolo della regressione LT-PT è stato realizzato anche trasformando i dati in modo logaritmico, ciò al fine di rendere lineare le relazioni nei due sessi e permettere il loro raffronto tramite analisi delle covarianza.

Per il campione complessivo l'equazione risultante è:

$$\text{Log PT} = -1,8267 + 3,0569 * \text{LT}$$

($R^2 = 0,988$; $r = 0,994$, $P = 0,000$) (Fig.5.18).

Nelle femmine la relazione risulta è pari a:

$$\text{Log PT} = -1,8183 + 3,0513 * \text{log LT}$$

($R^2 = 0,987$; $r = 0,993$; $P = 0,000$) (Fig.5.19);

mentre nei maschi l'equazione è pari a:

$$\text{Log PT} = -1,854 + 3,0725 * \text{log LT}$$

($R^2 = 0,984$; $r = 0,992$; $P = 0,000$) (Fig.5.20).

All'analisi delle covarianza le femmine risultano avere, a parità di lunghezza, un peso medio ($\text{log PT} = 2,32$) più elevato rispetto a quello dei maschi ($\text{log PT} = 2,31$), come si evince dal grafico (Fig.5.21) e dai dati relativi riportati nella tabella 5.7. Le differenze nei due sessi non sono, tuttavia, risultate statisticamente significative all'analisi della covarianza ($F = 3,124$; $P = 0,077$).

	N° valori	Valore medio	Errore standard	-95,00%	+95%,00
maschio	97	2,31	0,01	2,30	2,32
femmina	1545	2,32	0,00	2,32	2,33

Tabella 5.7 - Analisi della covarianza: confronto tra le medie aggiustate del logaritmo del peso nei due sessi.

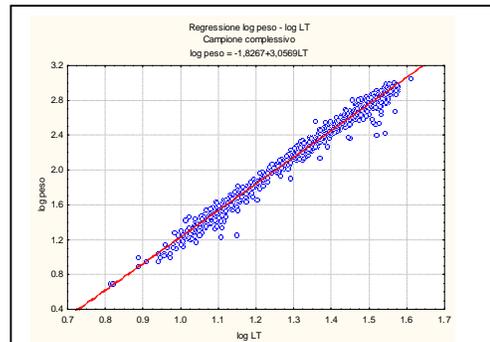


Fig.5.18 - Regressione log lunghezza totale - log peso per il campione complessivo.

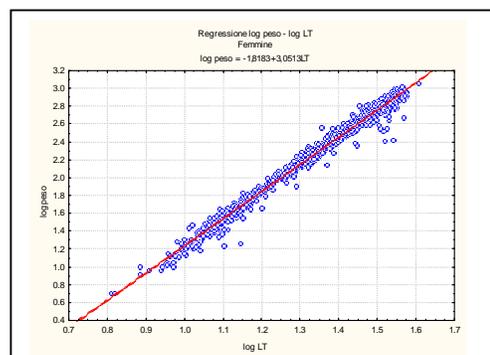


Fig.5.19 - Regressione log lunghezza totale - log peso per le femmine.

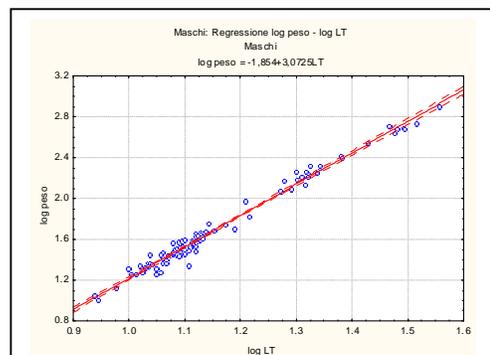


Fig.5.20 - Regressione log lunghezza totale - log peso per i maschi

5.5 Accrescimento teorico in lunghezza

L'analisi dell'accrescimento teorico è stata effettuata utilizzando i valori della lunghezza totale e dell'età dei singoli individui, sia per il campione complessivo che separatamente nei due sessi.

L'equazione riferita al campione complessivo è pari a:

$$LT = 46,967 \{ 1 - e^{(-0,154(t+1,048))} \} \quad (R^2 = 0,982) \quad (\text{Fig.5.22}).$$

Le equazioni calcolate per i due sessi sono le seguenti:

$$LT = 61,984 \{ 1 - e^{-0,156(t-0,393)} \} \quad \text{per le femmine,}$$

$$(R^2=0,948) \quad (\text{Fig.5.23});$$

$$LT = 101,14 \{ 1 - e^{-0,0575(t-0,658)} \} \quad \text{per i maschi}$$

$$(R^2=0,947) \quad (\text{Fig.5.24}).$$

Confrontando i valori di k si nota che il tasso di accrescimento nei maschi ($k=0,057$) è di molto inferiore a quello delle femmine ($k=0,1563$); ciò significa che la velocità che caratterizza l'accrescimento delle femmine è molto più elevata di quella dei maschi. Secondo il modello di Von Bertalanffy, infatti, le femmine raggiungono la lunghezza di 20 cm all'età di 2,5 anni, mentre nei maschi tale lunghezza è raggiunta a 3 anni. Dai valori di L_∞ si nota che i maschi, proprio in virtù del basso valore di k , potenzialmente potrebbero raggiungere, nel tempo, una lunghezza massima molto maggiore rispetto alle femmine ed al campione complessivo.

Nel campione complessivo il valore di ϕ , parametro che mette in relazione L_∞ e k e permette di giudicare complessivamente la qualità di un accrescimento (Abella *et al.*, 1994), è pari a 2,782, mentre dal confronto fra i sessi si deduce che l'accrescimento del femmine ($\phi=2,778$) è leggermente migliore rispetto a quello dei maschi ($\phi=2,770$).

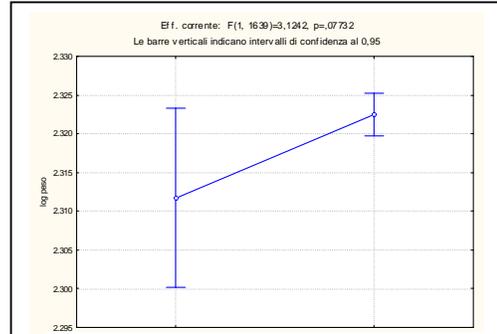


Fig.5.21 - Analisi della covarianza: confronto tra le medie aggiustate del logaritmo del peso nei due sessi.

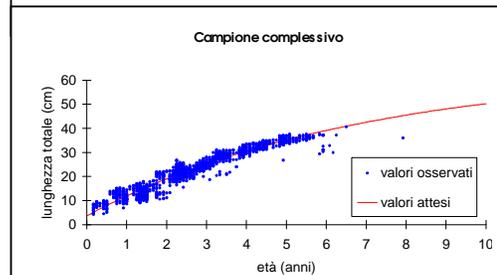


Fig.5.22 - Accrescimento teorico in lunghezza per il campione complessivo.

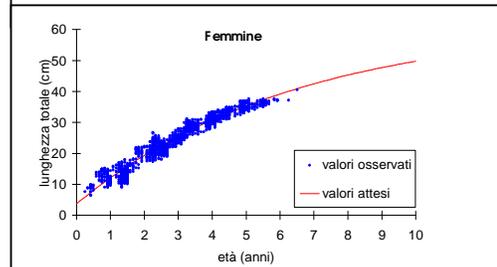


Fig.5.23 - Accrescimento teorico in lunghezza per le femmine.

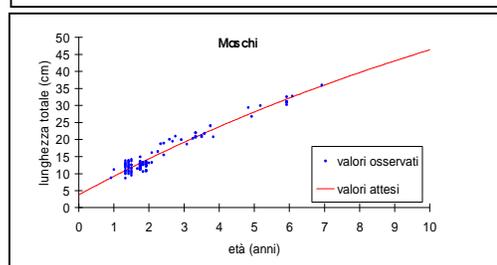


Fig.5.24 - Accrescimento teorico in lunghezza per i maschi.

5.6 Accrescimento teorico in peso

Le equazioni trovate per l'accrescimento teorico in peso sono:

$PT = 5,0162 e^{5,562(1-e^{-0,454t})}$ per il campione complessivo ($R^2 = 0,838$) (Fig.5.25);

$PT = 8,1724 e^{5,2213(1-e^{-0,4016t})}$ per le femmine ($R^2 = 0,857$) (Fig.5.26);

$PT = 4,5372 e^{5,5841(1-e^{-0,3103t})}$ per i maschi ($R^2 = 0,968$) (Fig.5.27).

Anche questa analisi testimonia l'esistenza di un certo dimorfismo sessuale; l'accrescimento in peso risulta essere infatti più lento nei maschi rispetto alle femmine. Secondo il modello di Gompertz, infatti, le femmine raggiungono il peso di 500 g a circa 4 anni, mentre nei maschi tale peso è raggiunto a 6 anni di età.

5.7 Accrescimento in lunghezza ed in peso

L'accrescimento reale del carassio dorato è stato analizzato disaggregando il campione per classe di età e confrontando i valori medi della lunghezza totale e del peso nei due sessi. Le tabelle 5.8-9 riportano la statistica descrittiva di LT disaggregata per classe di età

nel campione, rispettivamente di sesso femminile e maschile. Il confronto fra i valori medi di LT nei due sessi evidenzia come in tutte le classi di età le femmine risultino più lunghe rispetto ai maschi, con differenze risultate dall'analisi della varianza altamente significative ($F=12,95$; $P=0,000$). Il grafico in figura 5.28 illustra l'andamento con l'età dei valori medi di LT nei due sessi; da tale andamento è

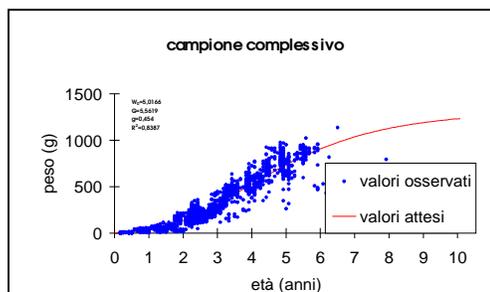


Fig.5.25 - Accrescimento teorico in peso per il campione complessivo.

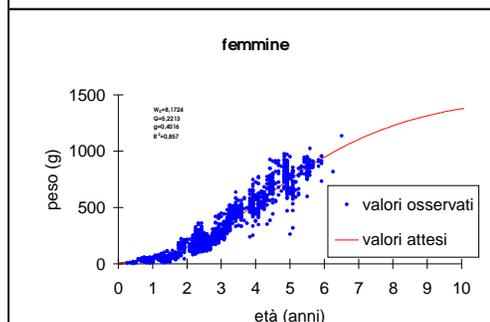


Fig.5.26 - Accrescimento teorico in peso per le femmine.

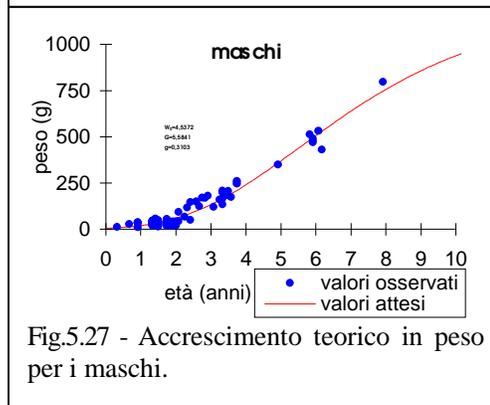


Fig.5.27 - Accrescimento teorico in peso per i maschi.

Classe di età	N ° valori	Valore medio	Deviazione standard	Valore minimo	Valore massimo	Mediana
0+	26	9,34	1,74	6,50	13,90	9,15
1+	327	13,00	1,86	9,00	18,00	12,70
2+	423	21,38	2,05	14,20	26,80	21,40
3+	429	26,35	2,59	19,10	31,20	26,50
4+	371	31,48	1,62	27,00	35,00	31,40
5+	328	35,05	1,15	32,00	37,70	35,00
6+	15	37,21	1,06	36,00	40,60	37,20

Tabella 5.8 - Statistica descrittiva della lunghezza totale nel campione delle femmine disaggregato per classe di età.

possibile notare che le differenze fra i sessi risultano molto pronunciate a partire dal terzo anno di vita (classe 2+) e vanno progressivamente aumentando con l'età. In entrambi i sessi l'aumento in lunghezza non risulta molto elevato durante il primo anno di vita (passaggio 0+, 1+), infatti per gli 0+ i valori medi di

Classe di età	N° valori	Valore medio	Deviazione standard	Valore minimo	Valore massimo	Mediana
0+	1	8,70	0,00	8,70	8,70	8,70
1+	37	11,92	1,34	8,80	14,20	12,20
2+	37	13,25	2,28	10,60	20,10	12,60
3+	13	20,76	0,96	18,70	22,00	20,80
4+	2	24,05	0,07	24,00	24,10	24,05
5+	1	26,80	0,00	26,80	26,80	26,80
6+	8	31,04	1,19	29,40	32,80	31,00
8+	1	36,00	0,00	36,00	36,00	36,00

Tabella 5.9 - Statistica descrittiva della lunghezza totale nel campione dei maschi disaggregato per classe di età.

LT sono pari a 9,34 cm nelle femmine ed a 8,7 cm nei maschi; i valori salgono a 13 cm nelle femmine e a 11,92 cm nei maschi nella classe 1+.

L'incremento di lunghezza che si realizza durante il primo anno di vita (passaggio 0+ ,1+) è di 3,76 cm nelle femmine e di 3,22 cm nei maschi. Negli anni successivi emergono alcune differenze fra i sessi: nelle femmine il massimo incremento in lunghezza è registrato durante il secondo anno (passaggio 1+, 2+), quando i valori medi di LT aumentano di 8,38 cm; negli anni successivi al secondo l'incremento in lunghezza tende progressivamente a diminuire. Nei maschi, invece durante il secondo anno di vita (passaggio 1+, 2+) non si osserva una crescita

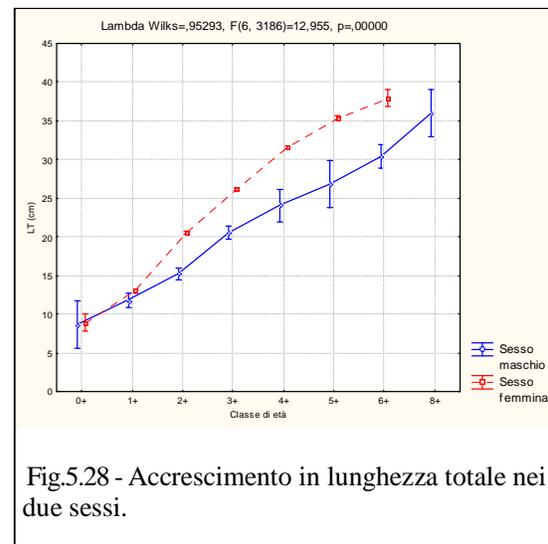


Fig.5.28 - Accrescimento in lunghezza totale nei due sessi.

particolarmente elevata (1,33 cm); il massimo aumento si realizza durante il terzo anno di vita (passaggio 2+, 3+), quando il valore medio di LT passa da 13,25 a 20,76 cm con un incremento pari a 7,51 cm. Per i maschi negli anni successivi al terzo si registra prima un rallentamento della crescita fino alla classe 5+, poi una successiva nuova accelerazione fino alla classe 8+.

Le tabelle 5.10-11 riportano la statistica descrittiva riferita al peso disaggregata per classe di età nel campione, rispettivamente, di sesso femminile e di sesso maschile. Il confronto tra i valori medi del peso nei due sessi evidenzia come in tutte le classi di età le femmine risultino molto

Classe di età	N° valori	Valore medio	Deviazione standard	Valore minimo	Valore massimo	Mediana
0+	17	15,97	12,23	5,00	46,00	10,50
1+	278	40,78	20,09	10,00	118,00	36,65
2+	383	182,11	55,90	34,50	361,00	177,20
3+	360	349,30	105,03	124,30	637,00	345,00
4+	264	572,14	112,39	239,90	925,00	561,00
5+	232	761,19	107,03	264,00	1024,00	774,35
6+	15	902,83	85,31	733,70	1137,00	909,10

Tabella 5.10 - Statistica descrittiva del peso nel campione delle femmine disaggregato per classe di età.

più pesanti dei maschi, con differenze che sono risultate all'analisi della varianza altamente significative ($F=12,95$; $P=0,000$). Il grafico in figura 5.29 illustra l'andamento di PT nei due sessi;

da tali andamenti è possibile notare che le differenze fra i due sessi risultano molto pronunciate a partire dal secondo anno di vita e vanno aumentando progressivamente con l'età. Durante il primo anno di vita (passaggio 0+, 1+) l'incremento in peso non risulta molto

Classe di età	N° valori	Valore medio	Deviazione standard	Valore minimo	Valore massimo	Mediana
0+	1	11,00	0,00	11,00	11,00	11,00
1+	37	31,38	10,79	10,00	56,00	30,80
2+	37	42,33	32,29	17,80	150,00	31,10
3+	13	167,78	28,86	119,00	207,00	170,00
4+	2	253,00	9,05	246,60	253,00	253,00
5+	1	349,00	0,00	349,00	349,00	349,00
6+	6	485,10	34,79	431,00	531,00	484,00
8+	1	795,00	0,00	795,00	795,00	79,005

Tabella 5.11 - Statistica descrittiva del peso nel campione dei maschi disaggregato per classe di età.

elevato in entrambi i sessi: per gli 0+ i valori medi di PT sono pari a 15,97 g nelle femmine, mentre sono pari a 11 g nei maschi; tali valori salgono nella classe 1+ a 40,78 g nelle femmine ed a 31,38 g nei maschi. L'incremento in peso che si realizza durante il primo anno di vita (passaggio 0+,1+) è

pertanto di 24,81 g nelle femmine e di 20,38 g nei maschi. Negli anni successivi al primo emergono alcune differenze tra i due sessi. Nelle femmine la massima crescita ponderale è registrata al quarto anno di vita (passaggio 3+, 4+), quando i valori medi di PT aumentano di 223 g; negli anni successivi l'incremento in peso tende a diminuire progressivamente. Nei maschi durante il secondo anno di vita (passaggio 2+,3+), l'incremento in peso non è molto elevato; il massimo aumento si realizza al sesto anno (passaggio 5+, 6+), quando il valore passa da 349 a 485 g con un incremento di 125,45 g. Per i maschi, negli anni successivi al terzo, si registra un aumento progressivo del peso all'aumentare dell'età.

5.8 Accrescimento invernale

L'accrescimento invernale in lunghezza totale ed in peso è stato analizzato nel campione disaggregato per sesso e per classe di età. Per quanto concerne la lunghezza, dall'analisi del grafico in figura 5.30, si può notare che la crescita

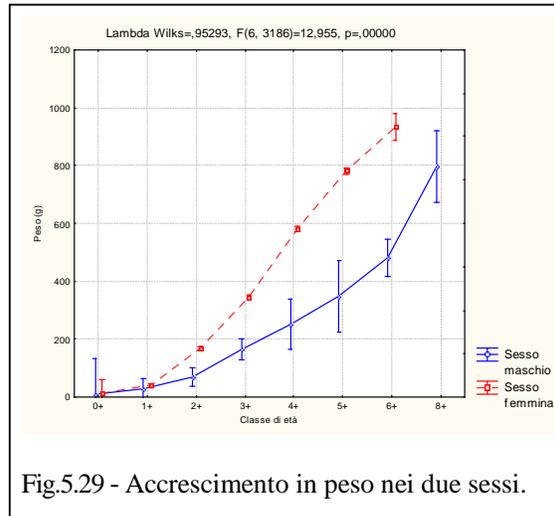


Fig.5.29 - Accrescimento in peso nei due sessi.

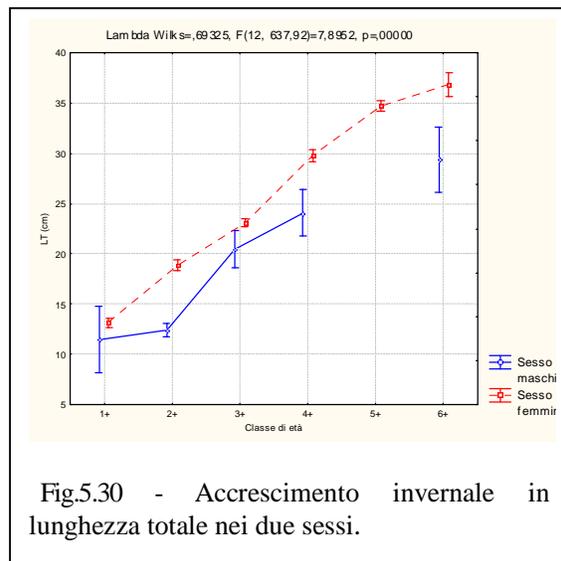


Fig.5.30 - Accrescimento invernale in lunghezza totale nei due sessi.

è maggiore a tutte le età nella femmine rispetto ai maschi: le differenze in lunghezza fra i due sessi sono poco pronunciate nella classe 1+, ma divengono maggiori a partire dalla classe successiva (2+); dal terzo inverno in poi il divario fra maschi e femmine aumenta sempre di più, evidenziando l'esistenza di dimorfismo sessuale nell'accrescimento della popolazione. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata condotta confrontando i valori medi di LT tra i due sessi e nelle singole classi di età: al confronto statistico le differenze sono risultate altamente significative ($F=7,89$; $P=0,000$).

Per quanto concerne il peso, dall'analisi del grafico in figura 5.31 si può notare come le considerazioni fatte a proposito della lunghezza siano pienamente confermate. Anche in questo caso le femmine presentano a tutte le età dimensioni maggiori rispetto ai maschi, con differenze che sono meno accentuate nelle classi di età più giovani, ma che diventano più evidenti a partire dal terzo inverno in poi. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata condotta confrontando i valori medi di PT tra i due sessi e nelle singole le classi di età: al confronto le differenze sono risultate altamente significative ($F=7,89$; $P=0,000$).

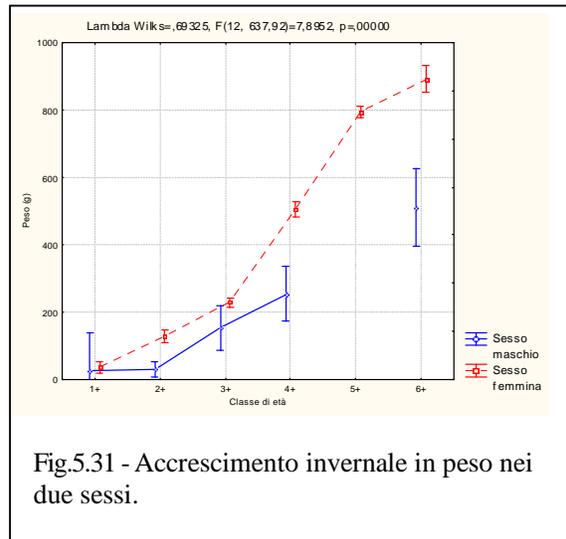


Fig.5.31 - Accrescimento invernale in peso nei due sessi.

5.9 Accrescimento stagionale

L'accrescimento stagionale in lunghezza totale e peso è stato analizzato nel campione complessivo per le seguenti classi di età: 0+, 1+, 2+, 3+ e 4+. La tabella 5.12 riporta le statistiche descrittive di LT riferite al campione complessivo disaggregato per classe di età e stagione di campionamento, mentre il grafico in figura 5.32 illustra l'andamento dei valori medi di LT (con i relativi limiti fiduciali). Dall'analisi si evidenzia come in ogni classe di età si assiste ad un aumento di LT soprattutto nel periodo tra la primavera e l'estate, quando l'incremento in lunghezza risulta nettamente più elevato che nelle altre stagioni. Questo vale soprattutto per le classi più anziane: se si analizza l'aumento stagionale di LT per la classe 1+ si nota che l'accrescimento durante il passaggio tra la primavera e l'estate è minore

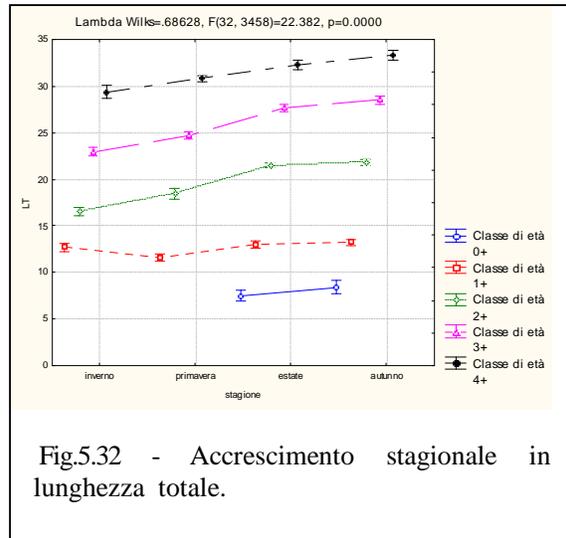


Fig.5.32 - Accrescimento stagionale in lunghezza totale.

rispetto a quanto avviene nelle altre classi di età; inoltre sempre per gli esemplari di questa classe, sembra avvenga una riduzione di LT nel passaggio dall'inverno alla primavera. In tutte le altre classi di età l'accrescimento avviene in maniera continua anche nel periodo invernale. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi stagionali di LT sono risultate altamente significative ($F=22,38$; $P=0,000$).

LT 0+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
estate	37	7,54	4,30	9,60	1,47	0,24
autunno	39	8,58	4,50	13,90	1,97	0,32
LT-1+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	69	12,70	8,70	15,30	1,53	0,18
primavera	99	11,49	6,90	15,90	1,67	0,17
estate	124	12,87	9,10	17,30	2,13	0,19
autunno	157	13,03	9,50	18,00	1,73	0,14
LT 2+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	64	16,57	10,60	22,00	3,73	0,47
primavera	42	18,47	10,70	22,40	3,37	0,52
estate	204	21,60	16,50	26,80	1,96	0,14
autunno	153	21,88	15,50	25,70	1,69	0,14
LT 3+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	75	23,02	19,10	26,70	1,79	0,21
primavera	131	24,64	18,70	28,00	1,49	0,13
estate	146	27,78	20,40	31,20	1,96	0,16
autunno	90	28,51	20,80	31,00	1,74	0,18
LT 4+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	32	29,48	24,00	32,10	1,90	0,34
primavera	227	31,03	27,80	33,50	1,37	0,09
estate	56	32,33	30,20	34,20	1,08	0,14
autunno	58	33,25	31,1	35,00	1,21	0,16

Tabella 5.12 - Statistiche descrittive della lunghezza totale nel campione complessivo disaggregato per classe di età e per stagione di campionamento.

La tabella 5.13 riporta la statistica descrittiva del peso nel campione complessivo disaggregato per classe di età e per stagione di campionamento, mentre il grafico in figura 5.33 ne illustra l'andamento dei valori medi con i relativi limiti fiduciali. Dall'analisi si evidenzia come per ogni classe di età si assiste ad una crescita che è elevata soprattutto nel periodo tra la primavera e l'estate, quando l'aumento in peso risulta nettamente più elevato rispetto alle altre stagioni. Questo vale soprattutto per le

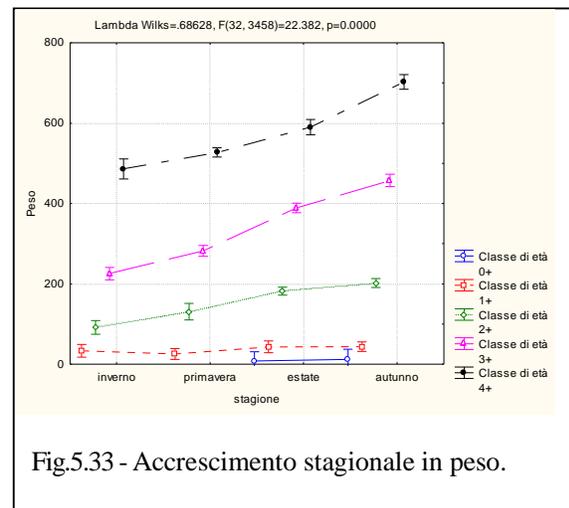


Fig.5.33 - Accrescimento stagionale in peso.

classi 2+ e 3+, mentre nella classe 4+ il massimo incremento in PT si registra nel periodo autunnale. Se si analizza l'accrescimento stagionale per la classe 1+ si nota che questo è minore nel periodo tra la primavera e l'estate rispetto a quanto avviene nelle altre classi di età; sempre per gli esemplari 1+

sembra avvenga addirittura una riduzione in peso tra l'inverno e la primavera. In tutte le altre classi di età l'accrescimento avviene in maniera continua anche nel periodo invernale. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi stagionali del peso sono risultate altamente significative ($F=22,38$; $P=0,000$).

PESO 0+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
estate	35	8,30	1,00	15,00	3,82	0,65
autunno	28	12,07	2,00	46,00	10,81	2,04
PESO 1+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	69	33,27	10,50	58,00	12,06	1,45
primavera	99	25,61	8,80	76,00	13,34	1,34
estate	85	43,15	13,00	100,00	21,43	2,32
autunno	130	43,76	13,00	118,00	19,84	1,74
PESO 2+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	64	91,58	18,80	222,00	60,83	7,60
primavera	43	129,12	17,80	218,00	59,29	9,04
estate	178	182,15	66,00	361,00	56,03	4,20
autunno	137	202,17	50,00	361,00	49,28	4,21
PESO 3+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	72	225,58	123,00	419,10	59,30	6,99
primavera	99	282,13	119,00	450,00	58,00	5,83
estate	126	388,84	133,00	522,00	75,47	6,72
autunno	76	457,40	173,00	637,00	79,44	9,11
PESO 4+	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Errore standard
inverno	28	486,27	239,90	655,20	106,79	20,18
primavera	135	527,31	253,00	774,00	84,97	7,31
estate	50	590,15	352,00	775,00	70,69	10,00
autunno	53	702,65	387,00	925,00	108,24	14,87

Tabella 5.13 - Statistiche descrittive del peso nel campione complessivo disaggregato per classe di età e per stagione di campionamento.

5.10 Accrescimento mensile

L'accrescimento mensile è stato analizzato per gli individui appartenenti alle classi di età 2+ e 3+ che ben rappresentano il campione complessivo; anche in questo caso l'analisi è stata condotta considerando sia la lunghezza totale che il peso, per i quali sono stati calcolati i valori medi nei dodici mesi dell'anno. Per quanto concerne la lunghezza totale (Fig.5.34) si nota che l'accrescimento lineare avviene in modo abbastanza lento nei primi mesi dell'anno (fino al periodo di maggio-giugno, in coincidenza con la riproduzione della specie); successivamente la crescita è più rapida fino ad agosto, ma poi a partire da questo mese fino a dicembre subisce un nuovo rallentamento. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata condotta confrontando i valori medi disaggregati per mese di campionamento e

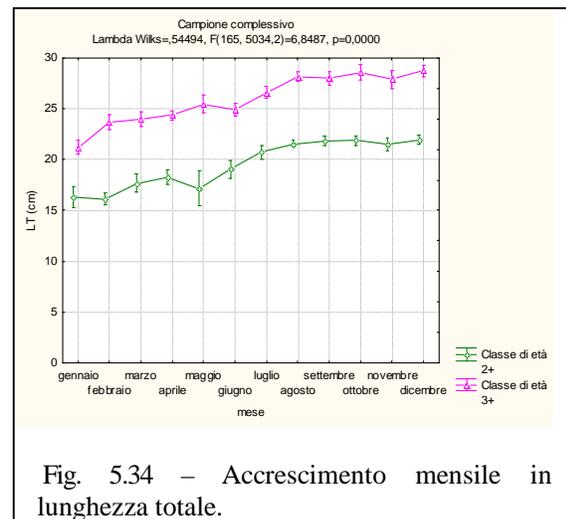


Fig. 5.34 - Accrescimento mensile in lunghezza totale.

per classe di età; i risultati evidenziano che le differenze sono altamente significative ($F=6,85$; $P=0,000$).

Per quanto concerne l'accrescimento mensile in peso il grafico in figura 5.35 conferma i risultati dell'accrescimento stagionale: la crescita è più lenta nei primi mesi dell'anno, per poi aumentare progressivamente nei mesi successivi. In coincidenza con il periodo riproduttivo si osserva una riduzione del peso degli esemplari: nella classe 2+ il calo è registrato nel mese di maggio, per la classe 3+ il calo si verifica nel mese di giugno; ciò potrebbe indicare che esemplari di taglia maggiore si riproducono leggermente più tardi. Nei mesi estivi l'accrescimento riprende e si assiste ad un aumento progressivo e molto rapido sino ad ottobre, quando viene raggiunto, in entrambe le classi, il massimo valore ponderale. Con l'arrivo dei mesi freddi e la conseguente minore disponibilità di cibo, l'accrescimento in peso si riduce notevolmente rispetto al periodo precedente. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata condotta confrontando i valori medi disaggregati per mese di campionamento e per classe di età; i risultati evidenziano che le differenze sono altamente significative ($F=6,84$; $P=0,000$).

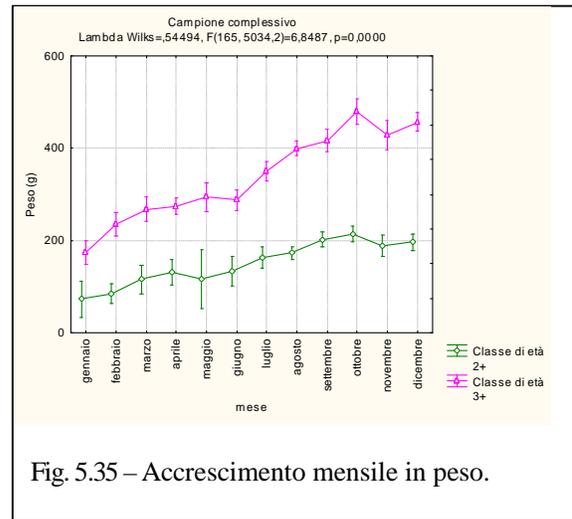


Fig. 5.35 – Accrescimento mensile in peso.

Fig. 5.35 – Accrescimento mensile in peso. L'analisi della varianza (ANOVA) è stata condotta confrontando i valori medi disaggregati per mese di campionamento e per classe di età; i risultati evidenziano che le differenze sono altamente significative ($F=6,84$; $P=0,000$).

5.11 Accrescimento retrocalcolato

La regressione tra la lunghezza standard e il raggio della scaglia è stata calcolata per il campione femminile ed è pari a:

$$L_s = 4,322 + 26,859 R_s$$

$$(r = 0,92; R^2=0,885) \text{ (Fig.5.36).}$$

L'elevato valore di R^2 testimonia la validità delle misure e giustifica l'adozione dell'equazione di Lee-Fraser (Bagenal, 1978) nel retrocalcolo: infatti l'equazione è lineare e dà origine ad una retta non passante per l'origine. L'analisi delle scaglie utilizzate per il

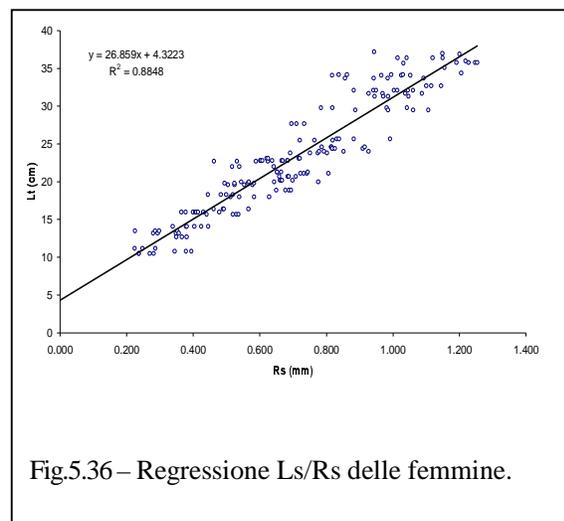


Fig.5.36 – Regressione Ls/Rs delle femmine.

retrocalcolo ha permesso di evidenziare che il carassio dorato tende, in generale, ad avere una formazione dell'annulo intorno al mese di aprile, in coincidenza con il periodo riproduttivo.

Le lunghezze retrocalcolate alle varie età sono riportate nella tabella 5.14: le femmine superano di poco i 10 cm di lunghezza totale al termine del primo anno di vita e le loro dimensioni medie risultano di 16,87 cm a due anni, di 23,97 cm a tre anni, 29,82 cm a quattro anni e di 33,50 cm a cinque anni.

Età	N° individui	Lunghezze all'età (cm):				
		1	2	3	4	5
1	9	9,302				
2	16	10,528	15,714			
3	11	10,702	16,354	22,990		
4	11	11,862	17,982	24,764	29,910	
5	4	11,637	18,250	25,817	30,702	30,334
	Medie	10,766	16,868	23,970	29,820	33,500
	Limite fiduciale al 95%	±0,494	±0,772	±1,257	±1,425	±2,681

Tabella 5.14 - Lunghezze totali retrocalcolate nelle femmine.

I valori medi retrocalcolati alle varie età sono stati utilizzati nell'analisi dell'accrescimento teorico in lunghezza (Von Bertalanffy, 1938). L'equazione trovata è pari a:

$$LT = 83,457 \{ 1 - e^{(-0,105(t+0,007))} \} \quad (R^2 = 0,915) \quad (\text{Fig.5.37}).$$

E' possibile osservare come ci sia una buona corrispondenza tra i risultati attesi e quelli retrocalcolati, come testimoniato anche dai valori elevati di R^2 (91,5% nelle femmine). Inoltre esiste una buona corrispondenza anche fra l'accrescimento teorico calcolato utilizzando le lunghezze totali dei singoli esemplari all'atto della cattura, con l'accrescimento teorico ottenuto dai dati retrocalcolati. Nel primo caso, tuttavia, la massima taglia raggiungibile (L_{∞}) dalle femmine risulta inferiore, anche se l'accrescimento è più veloce, come evidenziato dai valori nettamente più elevati di k . Il valore di Φ , parametro che permette di confrontare accrescimenti diversi (Abella *et al.*, 1994), è pari a 2,89 nel caso del retrocalcolo e quindi risulta maggiore rispetto a quello calcolato dai valori reali di lunghezza totale.

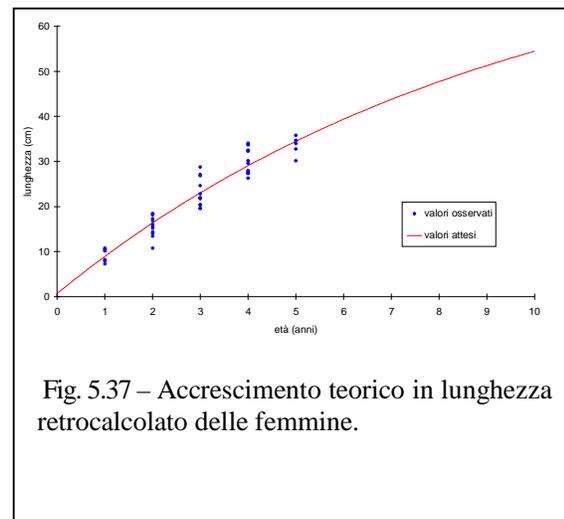


Fig. 5.37 – Accrescimento teorico in lunghezza retrocalcolato delle femmine.

5.12 Fenomeno di Lee

L'analisi del fenomeno di Lee è stata effettuata per il campione femminile; i risultati sono riportati nella tabella 5.15. Il confronto fra le lunghezze totali retrocalcolate alle varie età

Età	Lunghezze retrocalcolate (cm) degli esemplari di età (n)			Lunghezze retrocalcolate (cm) degli esemplari di età (n+i)			t	P
	N°	Media	Limiti 95%	N°	Media	Limiti 95%		
1	9	9,302	±0,560	44	11,0,65	±2,253	8,227	0,006
2	12	15,714	±0,669	28	17,362	±0,438	4,244	0,046
3	12	22,990	±0,919	16	24,704	±0,796	1,986	0,171
4	11	29,910	±0,834	5	29,621	±1,237	0,038	0,849

Tabella 5.15 - Fenomeno di Lee nelle femmine.

(n) fra gli esemplari di età (n) e quelli di età n+i, permette di constatare come i valori medi siano a tutte le età maggiori nelle femmine più vecchie (n+i), con l'eccezione degli esemplari di 4 anni. Le differenze fra i valori medi risultano altamente significative al t-test per la classe di età 1 (P=0,006) e significative per la 2 (P=0,046); ciò induce ad ipotizzare l'esistenza di un fenomeno di Lee inverso, le cui origini sono da ricercare nella selettività, per i pesci più piccoli, dei mezzi di cattura utilizzati nel corso del campionamento (Ricker, 1969; Mann, 1978), oppure nell'esistenza di predazione o competizione tra gli esemplari più giovani (classi 0+ e 1+) che avvantaggia quelli di maggiori dimensioni (Lorenzoni *et al.*, 2002). La seconda ipotesi appare molto più probabile, in quanto è noto che gli attrezzi utilizzati nel corso del campionamento, se selettivi, lo sono per gli esemplari di maggiori dimensioni (Marconato, 1991).

5.13 Accrescimento delle classi di età più giovani

La presenza del fenomeno di Lee inverso nelle classi di età più giovani spinge ad approfondire le indagini per tentare di interpretare le cause che possono essere alla base di tale situazione. La tabella 5.16 riporta la statistica descrittiva della lunghezza totale disaggregata per mese di campionamento nelle classi di età 0+ e 1+, mentre le figure 5.38-39 ne illustrano i relativi istogrammi di frequenza. Come si può osservare i nati dell'anno

mese	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Mediana
Classe di età 0+						
luglio	18	6,56	4,30	8,60	1,39	6,45
agosto	15	8,45	7,00	9,60	0,85	8,70
settembre	4	8,55	7,70	8,90	0,57	8,80
ottobre	20	8,53	4,50	9,90	1,41	9,00
novembre	16	7,76	5,00	9,80	1,45	8,30
dicembre	3	13,27	12,60	13,90	0,65	13,30
Classe di età 1+						
gennaio	9	12,69	11,20	14,00	1,07	12,70
febbraio	48	12,70	8,70	15,00	1,52	12,50
marzo	12	12,73	9,10	15,30	1,93	12,90
aprile	66	11,54	6,90	15,00	1,60	11,70
maggio	30	10,99	8,60	14,50	1,35	10,50
giugno	3	15,40	14,70	15,90	0,62	15,60
luglio	8	14,56	12,30	16,30	1,43	14,60
agosto	18	13,82	10,20	17,00	2,41	14,45
settembre	98	12,56	9,10	17,30	2,02	12,50
ottobre	88	12,75	10,00	18,00	1,47	12,50
novembre	62	13,09	9,50	16,80	1,79	13,10
dicembre	7	16,03	14,00	17,80	1,32	16,40

Tabella 5.16 - Statistica descrittiva della lunghezza totale disaggregata per mese di campionamento nelle classi di età 0+ e 1+.

compaiono nelle catture a partire dal mese di luglio, quando hanno raggiunto una dimensione media di 6,56 cm; ad agosto la lunghezza media raggiunta dagli individui della classe aumenta fino a 8,45 cm, ma nei mesi successivi non si osserva nessun ulteriore incremento. Ciò è dovuto soprattutto al fatto che, a causa del periodo riproduttivo molto esteso, al campione dei nati dell'anno si aggiungono costantemente nuovi esemplari, nati da deposizioni successive e pertanto di dimensioni più ridotte rispetto agli individui nati più precocemente. A novembre la variabilità nella lunghezza media degli individui 0+ è molto ampia ed è compresa in un intervallo che varia da 5 a 9,8 cm; a

dicembre tale intervallo si riduce drasticamente per la scomparsa degli individui di taglia minore ed il campione risulta composto prevalentemente dagli esemplari di maggiori dimensioni. Il risultato, come illustrato nel grafico della figura 5.40, è che nel corso del primo inverno gli esemplari di un anno di vita subiscono un forte incremento di taglia, che tuttavia non appare giustificato dal loro

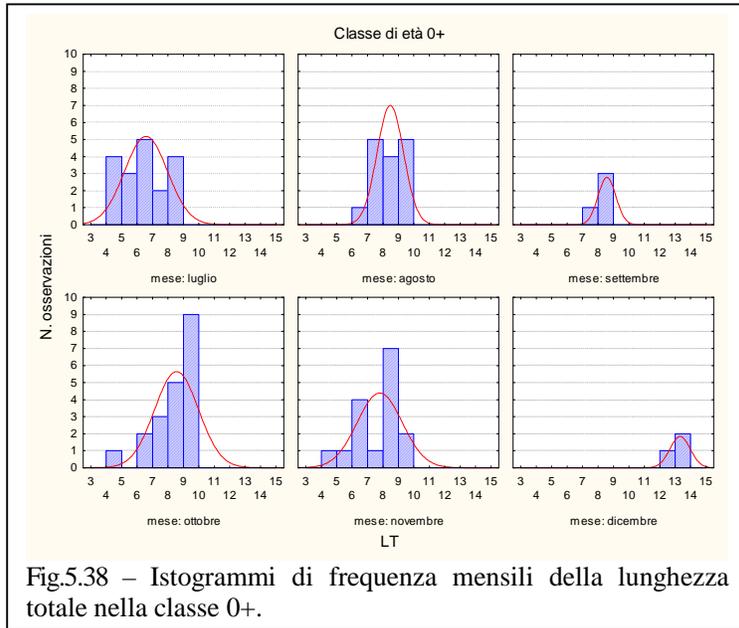


Fig.5.38 – Istogrammi di frequenza mensili della lunghezza totale nella classe 0+.

accrescimento, quanto piuttosto dalla presenza di una mortalità differenziale che incide soprattutto sugli individui di dimensioni più ridotte. L’analisi dei grafici delle figure 5.39-40 evidenzia, inoltre, come lo stesso fenomeno si ripresenti anche per gli individui appartenenti alla classe 1+: anche in tale classe nel mese di dicembre si assiste ad una forte riduzione dell’intervallo di variazione delle

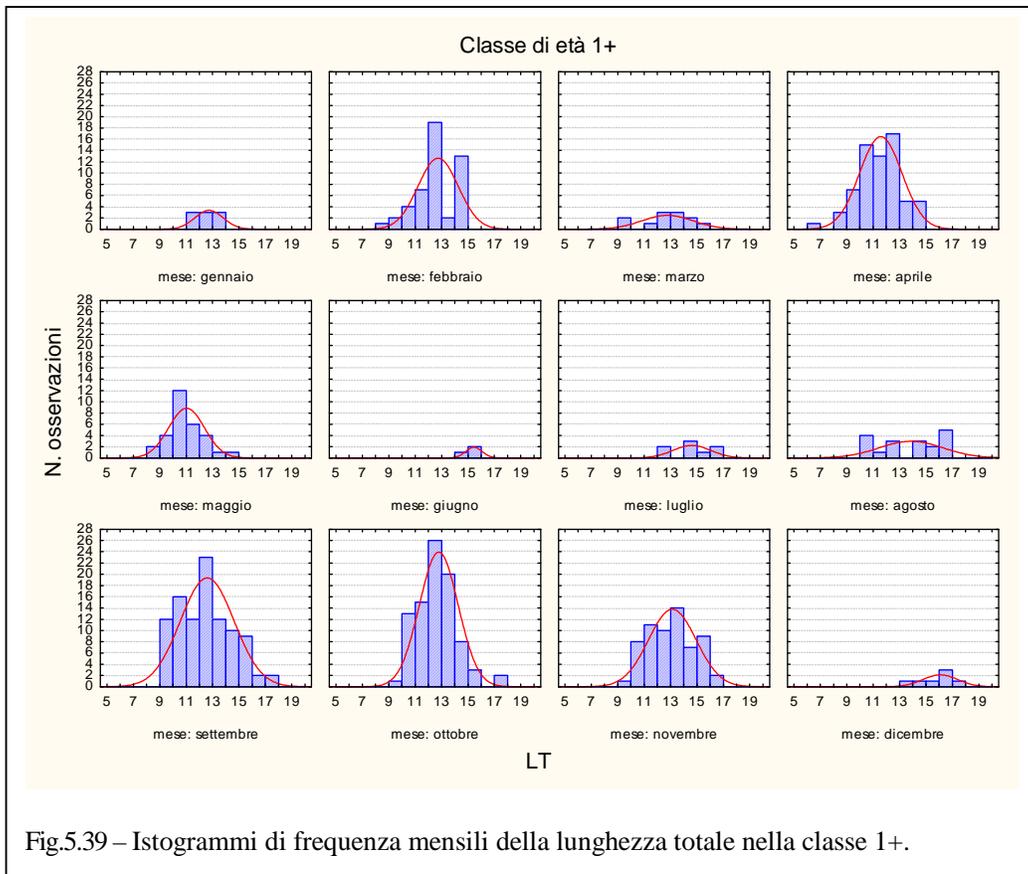


Fig.5.39 – Istogrammi di frequenza mensili della lunghezza totale nella classe 1+.

lunghezze per la scomparsa degli esemplari più piccoli. L'andamento mensile della lunghezza media degli esemplari 1+ è fortemente variabile in tutto il corso dell'anno, ma è caratterizzato ancora una volta dalla presenza di un notevole incremento invernale di taglia nel periodo invernale, difficilmente giustificabile da un reale accrescimento degli individui. A partire dalla classe 2+, invece, l'accrescimento mensile appare più regolare ed avviene nel corso dell'anno con le modalità già descritte precedentemente (paragrafo 5.10).

Tali risultati sembrano confermare appieno quanto emerso dall'analisi dell'accrescimento retrocalcolato, che ha evidenziato la presenza del fenomeno di Lee inverso negli esemplari di 1 e 2 anni. A questo punto l'ipotesi più probabile è che nella popolazione del carassio dorato del lago Trasimeno esistano fenomeni di mortalità densità dipendenti, che penalizzano gli esemplari di più ridotte dimensioni e che agiscono soprattutto durante il periodo invernale. L'inverno è infatti un periodo particolarmente critico per molte specie ittiche, nelle quali, a causa delle basse temperature e della riduzione delle disponibilità di cibo, si può assistere ad un incremento della mortalità che si realizza in modo particolare negli esemplari più piccoli e malnutriti per l'esistenza di competizione intra e interspecifica (Buijse e Houthuijzen, 1992; Ludsin e DeVries, 1997; Lorenzoni *et al.*, 2002).

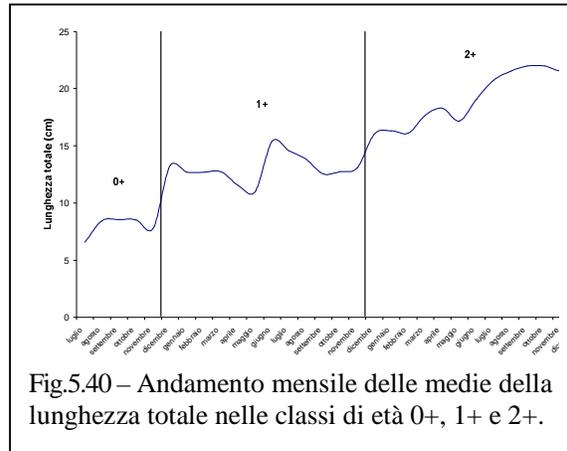


Fig.5.40 – Andamento mensile delle medie della lunghezza totale nelle classi di età 0+, 1+ e 2+.

6. RISULTATI: FATTORE DI CONDIZIONE

6.1 Fattore di condizione (K)

La tabella 6.1 riporta la statistica descrittiva per il campione complessivo del fattore di condizione (K); il valore

N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
1982	3,25	1,08	6,25	3,26	0,42

Tabella 6.1 - Statistica descrittiva del fattore di condizione nel campione complessivo.

medio è pari a 3,25 e risulta essere piuttosto elevato, probabilmente per le caratteristiche morfologiche della specie che tende a svilupparsi più in altezza che in lunghezza. L'intervallo di variazione è molto ampio: K, infatti oscilla fra un valore minimo di 1,08, ed un massimo di 6,25; la deviazione standard non è molto elevata (0,42) e ciò indica che la maggior parte dei valori è concentrata attorno alla media.

La tabella 6.2 riporta la statistica descrittiva di K nel campione compless-

Stagione	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
Inverno	403	3,20	1,15	4,96	3,19	0,37
Primavera	536	3,19	1,08	4,59	3,22	0,39
Estate	525	3,23	1,42	6,25	3,25	0,42
Autunno	518	3,38	1,18	5,80	3,42	0,44

Tabella 6.2 - Statistica descrittiva del fattore di condizione nel campione complessivo disaggregato per stagione di campionamento.

sivo disaggregato per stagione di campionamento: il valore medio più elevato è di 3,38 e viene raggiunto in autunno; il valore medio più basso è di 3,19 e viene raggiunto in primavera (Fig.6.1). Durante la stagione estiva la maggiore disponibilità di cibo e le condizioni climatiche favorevoli permettono un rapido accrescimento e l'accumulo di riserve di grasso: si giustifica così l'alto valore di K durante la stagione autunnale; in inverno le condizioni climatiche sfavorevoli, la mancanza di cibo e soprattutto il metabolismo rallentato, non permettono la crescita e questo giustifica il basso valore di K in primavera. In quest'ultima stagione, inoltre, la condizione appare influenzata anche dalla riproduzione e dalla conseguente riduzione del peso degli esemplari dovuta allo svuotamento delle gonadi. All'analisi della varianza le differenze tra i valori medi di K calcolati nelle quattro stagioni di campionamento sono risultate altamente significative ($F=22,9$; $P=0,000$).

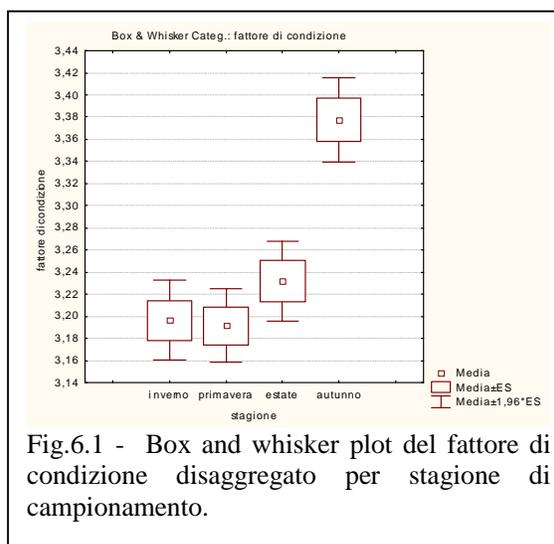


Fig.6.1 - Box and whisker plot del fattore di condizione disaggregato per stagione di campionamento.

La tabella 6.3 riporta i valori di K per il campione complessivo disaggregato per classe di età: il valore medio più alto, pari a 3,38, è raggiunto dalla classe 0+, in cui si osserva la più ampia variabilità dei dati (deviazione standard di 0,91)

Classe di età	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
0+	69	3,38	1,20	6,25	3,36	0,91
1+	399	3,09	1,14	5,13	3,10	0,46
2+	465	3,29	1,42	4,30	3,31	0,36
3+	450	3,31	1,39	4,96	3,30	0,34
4+	302	3,30	1,26	4,51	3,29	0,40
5+	272	3,25	1,08	4,59	3,24	0,33
6+	24	3,15	2,59	3,48	3,17	0,22
8+	1	3,10	3,10	3,10	3,10	0,00

Tabella 6.3 - Statistica descrittiva del fattore di condizione nel campione complessivo disaggregato per classe di età.

ed un intervallo di variazione che oscilla fra un minimo di 1,20 ed un massimo di 6,25. Il valore medio più basso è raggiunto dalla classe 1+ con K=3,09.

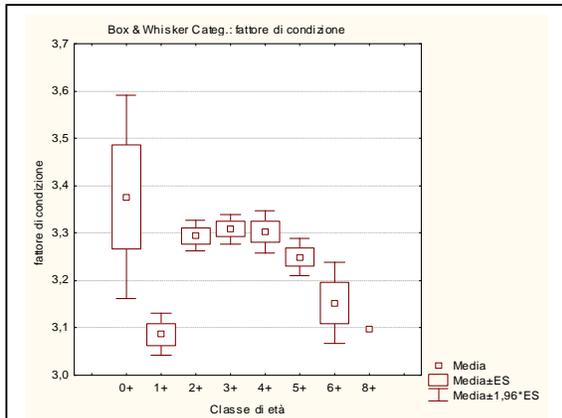


Fig.6.2 - Box and whisker plot del fattore di condizione disaggregato per classe di età.

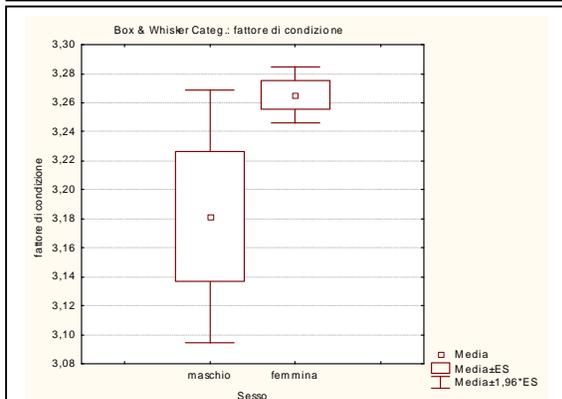


Fig.6.3 - Box and whisker plot del fattore di condizione disaggregato per sesso.

Sesso	N°valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
maschio	98	3,18	2,19	3,99	3,19	0,44
femmina	1549	3,27	1,08	5,13	3,28	0,39

Tabella 6.4 - Statistiche descrittive del fattore di condizione nel campione disaggregato per sesso.

In figura 6.2 è riportato il grafico box and whisker che descrive l'andamento dei valori medi di K nelle diverse classi di età: si osserva che nelle classi centrali (2+, 3+, 4+) la condizione si mantiene abbastanza costante e sempre elevata (rispettivamente K=3,29, K=3,31, K=3,30), per poi scendere repentinamente nelle classi successive (5+, 6+, 8+), dove il fattore di condizione presenta valori medi rispettivamente pari a 3,25, 3,15 e 3,10. Le differenze tra i valori medi di K delle varie classi di età sono state confrontate mediante analisi della varianza e dal confronto le differenze sono risultate altamente significative (F=13,11; P=0,000).

Il fattore di condizione è stato anche analizzato per il campione disaggregato per sesso ed i risultati della statistica descrittiva sono riportati nella tabella 6.4: dal confronto risulta che le femmine (K=3,27) sono in condizioni migliori

rispetto ai maschi (K=3,18) (Fig. 6.3). I maschi presentano, inoltre, valori molto più variabili rispetto alle femmine: l'intervallo in cui K

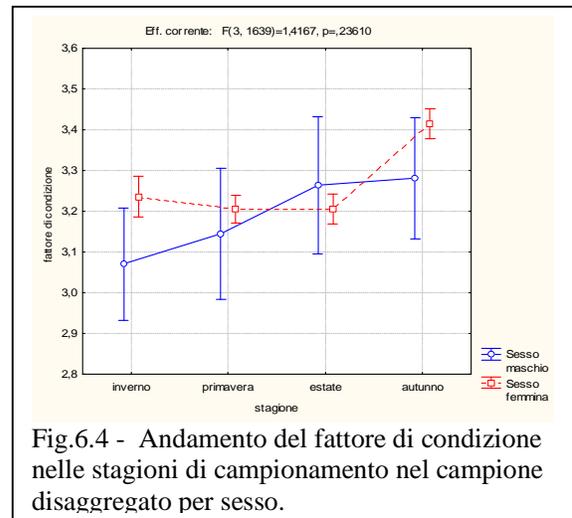
è compreso per le femmine va da 3,24 a 3,28, mentre quello dei maschi oscilla tra 3,09 e 3,27. Al t-test le differenze fra i valori medi calcolati nei due sessi sono risultate statisticamente significative ($t=2,04$; $P=0,041$).

La tabella 6.5 riporta la statistica descrittiva di K per il campione disaggregato per sesso e per stagione di campionamento.

fattore di condizione	inverno		primavera		estate		autunno	
	femmina	maschio	femmina	maschio	femmina	maschio	femmina	maschio
N° validi	224	30	479	22	433	20	413	26
Valore medio	3,23	3,07	3,20	3,14	3,21	3,26	3,42	3,28
Valore minimo	1,15	2,32	1,08	2,47	1,42	2,19	1,18	2,20
Valore massimo	4,96	3,82	4,59	3,99	4,24	3,93	5,13	3,99
Mediana	3,20	3,08	3,23	3,12	3,24	3,27	3,44	3,39
Deviazione standard	0,41	0,38	0,39	0,36	0,35	0,44	0,39	0,55

Tabella 6.5 - Statistiche descrittive del fattore di condizione nel campione disaggregato per sesso e per stagione di campionamento.

Sia nelle femmine che nei maschi il più alto valore di K è raggiunto in autunno: $K=3,42$ per le femmine, $K=3,28$ nei maschi. Il valore più basso è raggiunto in primavera dalle femmine ($K=3,20$) e in inverno dai maschi ($K=3,07$). Il grafico in figura 6.4 confronta l'andamento stagionale di K nei due sessi: si osserva che nei maschi il valore medio di K aumenta rapidamente dall'inverno all'estate, mentre in autunno gli incrementi rispetto alla stagione precedente sono più contenuti. Nelle femmine, al contrario, nel passaggio inverno – primavera K diminuisce, per poi aumentare nelle stagioni successive, prima in modo contenuto (estate) poi molto rapidamente (autunno). Il confronto fra i valori medi di K è stato effettuato mediante analisi della varianza, che ha evidenziato la presenza di differenze altamente significative tra le stagioni di campionamento ($F=5,10$; $P=0,002$); le differenze non appaiono, al contrario, significative nel confronto tra i sessi e stagione di campionamento ($F=1,42$; $P=0,236$).



6.2 Fattore di condizione somatico (Ks)

Il fattore di condizione somatico (K_s) viene calcolato non tenendo conto, nel valore del peso totale, del contributo delle gonadi. Questo risulta particolarmente utile per conoscere l'effettivo stato di benessere della popolazione indipendentemente dal ciclo riproduttivo della specie. La tabella 6.6 riporta i dati relativi alla statistica descrittiva del campione complessivo e del campione disaggregato per sesso. Il valore medio di K_s è per il campione complessivo pari a 3,08, con una

deviazione standard pari a 0,39. Il fattore di condizione somatico ha nelle femmine un valore medio di 3,07, con

Fattore di condizione somatico	N° Valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
femmine	911	3,07	0,83	4,41	3,07	0,38
maschi	83	3,11	2,15	3,91	3,12	0,42
complessivo	1000	3,08	0,83	4,41	3,07	0,39

Tabella 6.6 - Statistiche descrittive del fattore di condizione somatico nel campione complessivo e nel campione disaggregato per sesso.

deviazione standard pari a 0,38; nei maschi il valore di Ks è di 3,11, con deviazione standard pari a 0,42. Confrontando la condizione somatica con i rispettivi valori di K, la prima risulta notevolmente inferiore, con differenze che sono risultate altamente significative al t-test ($t=11,602$; $P=0,000$).

Di notevole importanza è il dato che emerge dal confronto tra i sessi. Il valore medio di K nelle femmine è più elevato rispetto ai maschi; per Ks avviene esattamente l'opposto: in questo caso sono i maschi a presentare la migliore condizione somatica rispetto alle femmine (Fig.6.5). Ciò evidenzia come il contributo delle gonadi sia fondamentale nel determinare l'andamento di K, dato il maggiore investimento riproduttivo negli ovari rispetto ai testicoli; escludendo il contributo delle gonadi alla

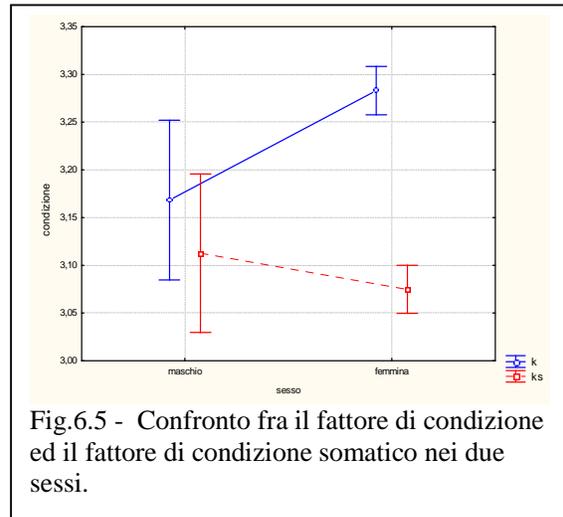


Fig.6.5 - Confronto fra il fattore di condizione ed il fattore di condizione somatico nei due sessi.

biomassa individuale le differenze fra i due sessi tendono ad annullarsi. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi di Ks nei due sessi non sono risultate significative ($F=0,73$; $P=0,391$).

La tabella 6.7 riporta la statistica descrittiva riferita a Ks del campione disaggregato per sesso e per stagione di campionamento. Il valore medio più elevato è raggiunto sia nelle femmine che nei maschi in autunno

	inverno		primavera		estate		autunno	
	femmina	maschio	femmina	maschio	femmina	maschio	femmina	maschio
N° validi	194	28	368	22	170	14	179	19
Valore medio	3,04	3,03	2,91	3,09	3,22	3,18	3,31	3,21
Valore minimo	1,15	2,31	0,83	2,44	1,78	2,16	1,72	2,15
Valore massimo	4,41	3,81	4,33	3,91	4,12	3,82	4,30	3,90
Mediana	3,04	3,05	2,88	3,04	3,22	3,24	3,31	3,38
Deviazione standard	0,33	0,37	0,37	0,36	0,30	0,47	0,37	0,53

Tabella 6.7 - Statistiche descrittive del fattore di condizione somatico nel campione disaggregato per sesso e per stagione di campionamento.

($K_s=3,31$ nelle femmine; $K_s=3,21$ nei maschi). Il valore medio più basso è raggiunto, nelle femmine, in primavera ($K_s = 2,91$) mentre nei maschi tale valore è raggiunto in inverno ($K_s = 3,03$). Dall'osservazione del grafico in figura 6.6 si nota che nei maschi il valore di Ks cresce più velocemente passando dall'inverno alla estate, mentre in autunno continua ad aumentare ma con velocità ridotta. Nelle femmine, invece, in primavera il Ks peggiora nettamente rispetto all'inverno,

con valori medi nettamente inferiori a quelli che caratterizzano i maschi nella stessa stagione; in estate, tuttavia, nelle femmine si assiste ad un netto recupero della condizione, che successivamente migliora anche in autunno. Per effetto di questi andamenti differenti la condizione somatica dei maschi e delle femmine è pressappoco identica in inverno; è nettamente migliore nei maschi rispetto alle femmine in primavera, ma successivamente sono le femmine a presentare i valori medi più elevati di Ks in estate, valori che aumentano in maniera ancora più pronunciata rispetto ai maschi in autunno. E' possibile evidenziare, dall'analisi di tale andamento, ancora una volta l'elevato dispendio energetico che l'investimento riproduttivo comporta soprattutto per il sesso femminile. Le differenze tra valori medi di Ks nelle quattro stagioni sono risultate altamente significative all'analisi della varianza (F=22260; P=0,000), mentre non sono significative nel confronto fra sesso e stagione di campionamento (F=2,310; P=0,075).

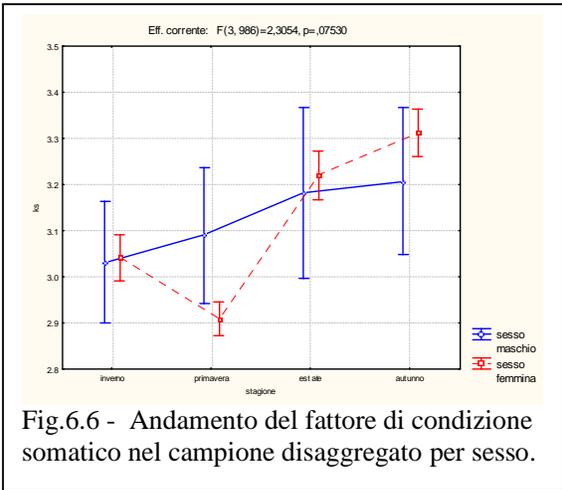


Fig.6.6 - Andamento del fattore di condizione somatico nel campione disaggregato per sesso.

La tabella 6.8 riporta la statistica descrittiva riferita al campione complessivo disaggregato per classe di età. Il valore medio più elevato per Ks è raggiunto dalla classe 2+ (Ks=3,21), mentre il valore medio più basso è raggiunto dalla classe 6+ (Ks=2,88).

classe di età	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
0+	8	3,13	2,26	4,15	3,18	0,55
1+	206	3,01	1,12	4,13	3,03	0,46
2+	203	3,21	2,25	4,15	3,20	0,34
3+	213	3,17	2,46	4,41	3,15	0,33
4+	185	3,04	0,83	4,33	3,03	0,42
5+	162	2,93	2,19	3,71	2,87	0,30
6+	20	2,88	2,41	3,17	2,86	0,20
Tutti	998	3,08	0,83	4,41	3,08	0,39

Tabella 6.8 - Statistica descrittiva del fattore di condizione somatico nel campione disaggregato per classe di età.

La condizione somatica della classe 0+ è molto variabile ed è compresa in un intervallo che varia da un minimo di 2,26 ed un massimo di 4,15. L'osservazione del grafico in figura 6.7, in cui sono rappresentati i box and whisker plot del campione complessivo disaggregato per classe di età, permette di trarre ulteriori considerazioni: le classi 0+ ed 1+ presentano una condizione somatica nettamente peggiore a quella che caratterizza la classe successiva, la 2+, in cui, invece, si osservano i

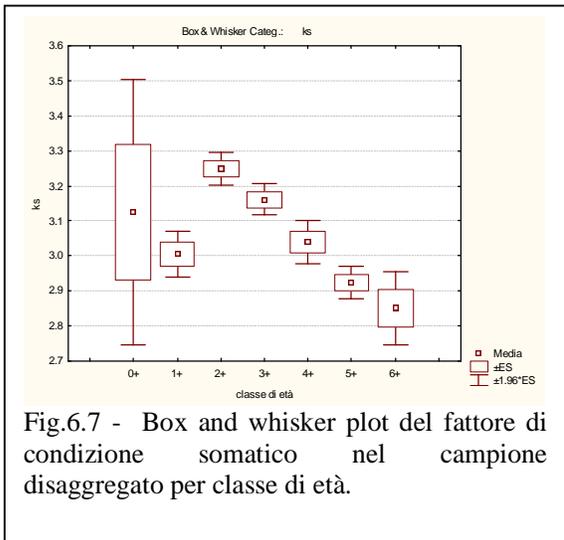


Fig.6.7 - Box and whisker plot del fattore di condizione somatico nel campione disaggregato per classe di età.

valori massimi di Ks raggiunti dalla popolazione. A partire da tale classe la condizione somatica diminuisce in modo rapido e progressivo con l'invecchiamento degli esemplari. All'analisi della varianza le differenze per le classi di età nei valori medi di Ks sono risultate altamente significative ($F=3,19$; $P=0,002$).

6.3 Andamento di K e Ks nel corso dell'anno

Si è rivelato particolarmente utile confrontare i valori di K e Ks nei vari mesi dell'anno nel campione di sesso femminile per trarre utili informazioni sull'andamento dello sviluppo ponderale degli ovari. Da tale confronto si osserva che il valore di Ks risulta sempre minore di K, indicando che l'investimento riproduttivo in questa specie è comunque importante in ogni mese dell'anno, anche se è soprattutto nei mesi di

marzo, aprile, maggio, ovvero durante il periodo riproduttivo della specie, che le differenze tra i due parametri risultano particolarmente elevate (Tab.6.9).

Gli andamenti di K e Ks (Fig.6.8) risultano fortemente correlati durante tutti i mesi dell'anno, ad esclusione di quelli primaverili: dopo i valori minimi invernali,

raggiunti in febbraio, l'investimento riproduttivo nelle femmine diviene molto importante e a marzo la condizione inizia a migliorare, proprio grazie allo sviluppo delle gonadi; ad aprile e maggio K diminuisce di nuovo a causa della deposizione delle uova ed allo svuotamento delle gonadi. La condizione somatica presenta anch'essa valori invernali molto bassi, ma al contrario di quella complessiva continua a diminuire anche a primavera, per raggiungere il minimo in aprile, quando è massimo lo sforzo riproduttivo. Da giugno in poi i valori degli indici risultano assai prossimi fra loro e sia K che Ks raggiungono il valore massimo in ottobre. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi

mese	K				Ks			
	N°validi	medie	-95%	95%	N°validi	medie	-95%	95%
gennaio	46	3,21	3,11	3,32	3,09	0,05	3,00	3,19
febbraio	61	3,14	3,04	3,23	3,06	0,04	2,98	3,14
marzo	87	3,29	3,22	3,37	3,00	0,04	2,93	3,07
aprile	274	3,20	3,16	3,25	2,85	0,02	2,81	2,89
maggio	46	3,13	3,03	3,24	2,96	0,05	2,86	3,06
giugno	48	3,30	3,20	3,41	3,22	0,05	3,12	3,31
luglio	42	3,22	3,11	3,33	3,12	0,05	3,02	3,22
agosto	57	3,34	3,24	3,43	3,27	0,04	3,18	3,36
settembre	71	3,35	3,27	3,44	3,24	0,04	3,16	3,31
ottobre	68	3,61	3,53	3,70	3,44	0,04	3,36	3,52
novembre	74	3,35	3,27	3,44	3,19	0,04	3,12	3,27
dicembre	37	3,43	3,31	3,55	3,31	0,05	3,20	3,42

Tabella 6.9 - Statistica descrittiva del fattore di condizione e del fattore di condizione somatico nel campione femminile disaggregato per mese di campionamento.

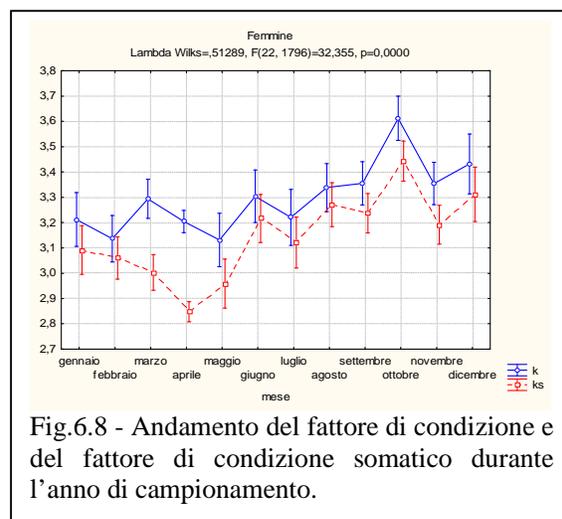


Fig.6.8 - Andamento del fattore di condizione e del fattore di condizione somatico durante l'anno di campionamento.

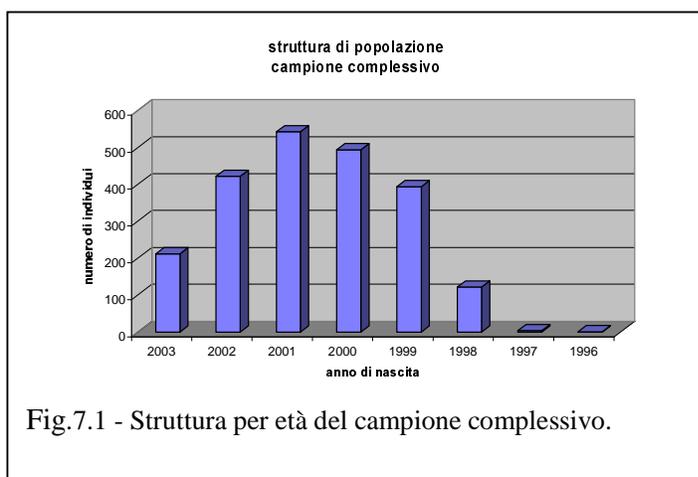
riproduttivo. Da giugno in poi i valori degli indici risultano assai prossimi fra loro e sia K che Ks raggiungono il valore massimo in ottobre. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi

mensili sono risultate altamente significative sia per K ($F=9,22$; $P=0,000$), che per Ks ($F= 26,62$; $P=0,000$). Al t- test la differenza fra i valori medi di K (3,28) e di Ks (3,07) è risultata anch'essa altamente significativa ($t= 11,60$; $P=0,000$).

7. RISULTATI: STRUTTURA DI POPOLAZIONE, MORTALITA', PRODUZIONE

7.1 Struttura per età

Il grafico in figura 7.1 illustra la struttura di popolazione del campione complessivo, analizzata calcolando il numero degli individui appartenenti a ciascuna delle generazioni presenti. Le generazioni di cui si compone la popolazione sono state individuate sulla base dell'anno di nascita dei singoli individui che le compongono. Le classi presenti sono 8 e gli individui più anziani presenti nel campione sono nati nel 1996. Dai risultati della tabella 7.1 si può notare che la classe



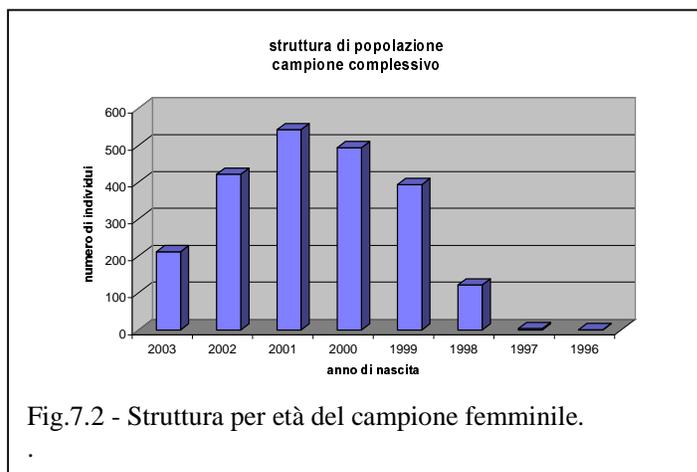
Anno	N° individui	%
2003	212	6,81
2002	422	13,56
2001	543	17,45
2000	494	15,88
1999	394	12,66
1998	122	3,92
1997	4	0,13
1996	1	0,03

Tabella 7.1 - Numero degli individui e percentuale relativa del campione complessivo disaggregato per generazione.

più rappresentata è costituita dai nati nell'anno 2001, che conta 543 individui (17,45% del campione complessivo). In genere si nota come nella popolazione di carassio del lago Trasimeno, le generazioni precedenti a quella del 2001 presentano una riduzione progressiva del numero di individui: abbondanti sono i nati nel 2000, con 494 individui (15,88%) ed i nati nel 1999 con 394 individui (12,66%). Al contrario le abbondanze si riducono rapidamente per le classi più vecchie a partire dalla generazione del 1998: questa presenta 122 individui (3,92%), mentre i nati nel 1997 sono 4 (0,13%) ed è solo uno l'individuo nato nel 1996 (0,03%). Le generazioni del 2002 e 2003 sono state molto probabilmente sottostimate a causa delle ridotte dimensioni degli individui al momento del campionamento e della selettività degli attrezzi di cattura; ciò sicuramente ha maggiormente penalizzato l'abbondanza della generazione dei nati del 2003, che comunque presenta nel campione analizzato 212 individui (6,81%), mentre la generazione del 2002 è composta da 422 individui (13,56%).

La struttura di popolazione nelle femmine è descritta dal grafico in figura 7.2 ed è composta da sette classi di età: il maggior numero di osservazioni è riferito ai nati dell'anno 2001 (Tab.7.2), con 529 individui (27,09%), ed a quelli dell'anno 2000, con 483 individui (24,73%); nel 2002 si contano 309 individui (15,82%). Dei nati nell'anno 1999 si contano 393 individui (20,12%), del

1998 sono presenti 116 individui (5,94%); la classe con minore numero di osservazioni è riferita all'anno 1997, in quanto è composta da due soli individui (0,10%). Si nota come le generazioni più

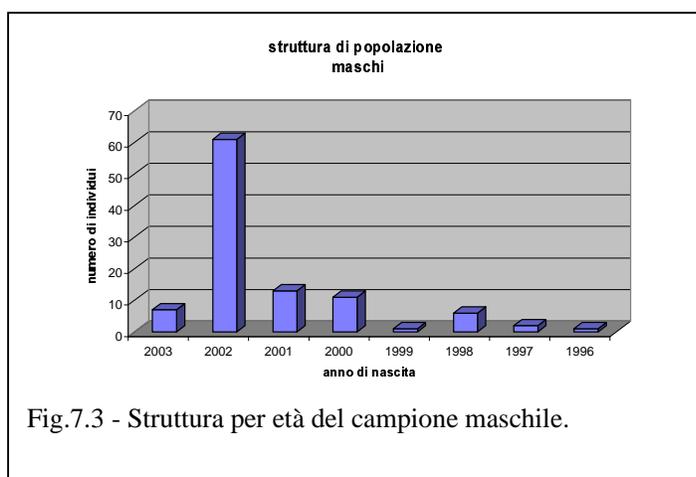


Anno	N° individui	%
2003	121	6,20
2002	309	15,82
2001	529	27,09
2000	483	24,73
1999	393	20,12
1998	116	5,94
1997	2	0,10
1996	0	0

Tabella 7.2 - Numero degli individui e percentuale relativa del campione femminile disaggregato per generazione.

anziane tendano a ridursi in maniera sempre più rapida, anche se i nati posteriormente al 1998 sono comunque numerosi; per le classi più giovani (nati del 2003 e del 2002) vale l'osservazione fatta per il campione complessivo: gli individui risultano probabilmente sottostimati a causa della selettività degli attrezzi di cattura.

Il grafico in figura 7.3 illustra la struttura di popolazione del campione maschile; le classi



Anno	N° individui	%
2003	7	6,86
2002	61	59,80
2001	13	12,75
2000	11	10,78
1999	1	0,98
1998	6	5,88
1997	2	1,96
1996	1	0,98

Tabella 7.3 - Numero degli individui e percentuale relativa del campione maschile disaggregato per generazione.

presenti sono otto e gli individui più anziani sono nati nel 1996. La classe più rappresentata è costituita dagli esemplari nati nel 2002 (Tab.7.3), con 61 individui (59,80% del campione maschile). Come osservato per il campione complessivo le classi precedenti al 2001 tendono a ridursi progressivamente: i nati nel 2001 sono 13 (12,75%), i nati nel 2000 sono 11 (10,78%), mentre i nati nel 1999 e nel 1996 sono rappresentati da un unico individuo (0,98%). Dei nati nel 1998 si contano 6 individui (5,88%), nel 1997 sono presenti 2 individui (0,98%). In riferimento agli

esemplari più giovani vale l'osservazione riferita al campione complessivo: il numero dei nati nel 2003 è stato sottostimato a causa della selettività degli attrezzi impiegati nel campionamento.

7.2 Mortalità

Gli indici di mortalità e sopravvivenza sono stati calcolati per il campione complessivo e per il campione disaggregato per sesso. Le regressioni fra l'età ed il logaritmo del numero degli individui utilizzate nel calcolo della mortalità e sopravvivenza sono le seguenti:

$Y = 11,514 + 1,346x$ ($R^2 = 0,847$) per il campione complessivo (Fig.7.4);

$Y = 11,065 + 1,258x$ ($R^2 = 0,710$) per le femmine (Fig.7.5);

$Y = 4,905 + 0,596x$ ($R^2 = 0,710$) per i maschi (Fig.7.6).

Nella tabella 7.4 sono riportate le stime del tasso istantaneo di mortalità (Z), del tasso annuo di mortalità (A) e della sopravvivenza (S) del campione complessivo e di quello disaggregato per sesso. Dall'alto valore di Z, pari a 1,35, si deduce che è il campione complessivo ad avere il più basso valore di sopravvivenza (S=26%) ed il più alto valore del tasso annuo di mortalità (A=74%). Il campione riferito alle femmine presenta valori che poco si discostano da quelli del campione complessivo, con Z=1,25, A=71,6% e S=28,40%. Per il campione maschile la

	Tasso istantaneo di mortalità (Z)	Tasso annuo di mortalità (A)	Sopravvivenza (S)
campione complessivo	1,346	0,740	0,260
maschi	0,596	0,551	0,449
femmine	1,258	0,716	0,284

Tabella 7.4 - Mortalità e sopravvivenza nel campione complessivo e disaggregato per sesso.

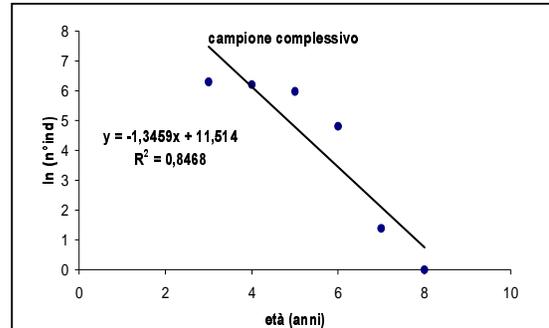


Fig.7.4 - Regressione fra l'età ed il logaritmo degli individui per il calcolo del tasso istantaneo di mortalità nel campione complessivo.

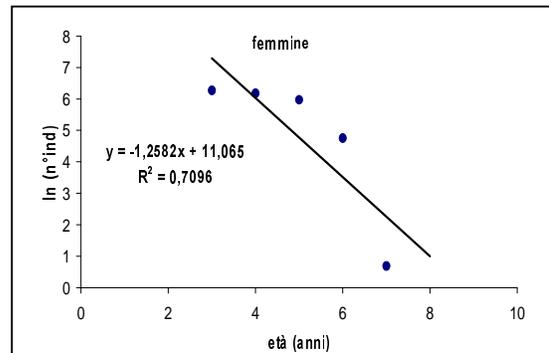


Fig.7.5 - Regressione fra l'età ed il logaritmo degli individui per il calcolo del tasso istantaneo di mortalità nel campione femminile.

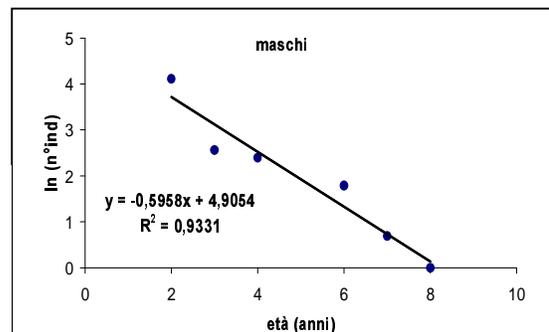


Fig.7.6 - Regressione fra l'età ed il logaritmo degli individui per il calcolo del tasso istantaneo di mortalità nel campione maschile.

mortalità risulta più bassa ($Z=0,59$; $A=55\%$; $S=44,97\%$) rispetto alle femmine; occorre precisare, tuttavia, che nel calcolo sono state escluse le classi di età più giovani (Figg.7.4-6), a causa della sottostima delle abbondanze dovuta alla selettività degli attrezzi di cattura; ciò molto probabilmente ha comportato anche una sottovalutazione dell'entità della mortalità.

La figura 7.7 e la tabella 7.5 riportano l'andamento con l'età della mortalità istantanea nel campione disaggregato per sesso. Nei maschi è possibile evidenziare come la mortalità sia inizialmente molto elevata: negli individui di due anni di età Z raggiunge il massimo valore riscontrato, pari a 1,546; successivamente la mortalità si riduce e rimane abbastanza costante negli esemplari delle classi di età centrali (3 anni= $0,167$; 4 anni= $0,303$; 5 anni= $0,303$), per poi

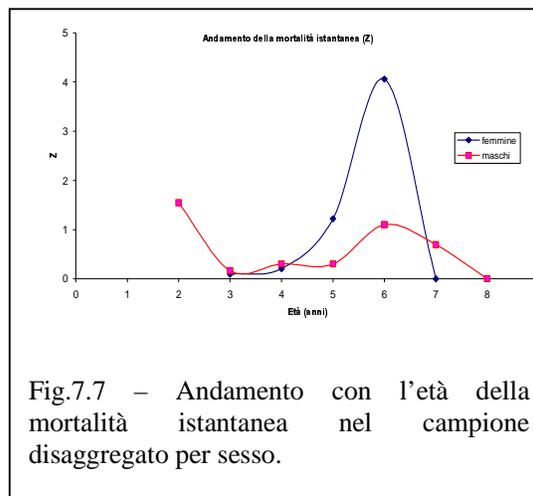


Fig.7.7 – Andamento con l'età della mortalità istantanea nel campione disaggregato per sesso.

aumentare in modo repentino quando ci si approssima alla massima longevità della specie (6 anni= $1,099$; 7 anni= $0,693$). Nelle femmine l'andamento è abbastanza simile, anche se non è stato possibile analizzare la mortalità degli esemplari più giovani: la mortalità è bassa anche in questo caso nelle classi di età centrali, mentre il massimo valore della mortalità istantanea si registra nel corso del 6° anno di vita ($Z=4,060$); a differenza dei maschi, nelle femmine Z subisce tuttavia un aumento già negli individui di 5 anni ($Z=1,220$).

Età (anni)	Z	
	Maschi	Femmine
2	1,546	N,D,
3	0,167	0,091
4	0,303	0,206
5	0,303	1,220
6	1,099	4,060
7	0,693	0,000
8	0,000	

Tabella 7.5 – Andamento della mortalità istantanea nel campione disaggregato per sesso e per età.

7.3 Produzione

La tabella 7.6 riporta i valori di G , Z e B utilizzati nel calcolo della produzione per il campione complessivo disaggregato per classe di età: i valori della biomassa (B) e della produzione (P) sono

Campione complessivo						
età	G	Z	B (g)	B (%)	P (g/a)	P (%)
1	0,94	1,35	152001,43	17,63	142954,31	26,57
2	1,26	1,35	117857,67	13,67	147969,48	27,50
3	0,73	0,09	157511,34	18,27	114571,60	21,30
4	0,47	0,23	239736,31	27,80	111943,26	20,81
5	0,11	1,17	166362,96	19,29	18800,66	3,49
6	0,08	3,42	27012,10	3,13	2115,07	0,39
7	-0,04	1,39	1765,19	0,20	-73,92	-0,01
totale			862247,01	100,00	537991,26	100,05

Tabella 7.6 – Valori di P , G , B e Z nel campione complessivo disaggregato per classe di età.

espressi, oltre che in g ed in g/anno, anche come percentuale relativa rispetto al campione complessivo. Dai dati si può osservare che la biomassa totale è pari a 862,25 kg, mentre la produzione è pari a 537,99 kg/anno. Disaggregando i dati per classe di età, si può osservare che la biomassa è massima per gli individui di 4 anni, in cui risulta di 239,74 kg (pari al 27,80% del totale), mentre il valore minimo di B è riferito agli esemplari di 7 anni, in cui risulta di 1,76 kg (pari allo 0,20% del totale); per quanto riguarda la produzione il valore massimo (147,97 kg/anno, pari al 27,50% del totale) viene raggiunto nel corso del 2° anno di vita. Nel grafico della figura 7.8 è illustrato l'andamento per il campione complessivo della biomassa media e della produzione nelle

varie classi di età: si può osservare come la biomassa risulti abbastanza elevata nei primi anni di vita; il massimo di B si raggiunge a 4 anni, successivamente i valori si riducono notevolmente per approssimarsi già a 6 anni quasi allo zero. La produzione presenta un andamento progressivamente decrescente con il tempo: il massimo viene raggiunto nel corso del 2° anno, ma i valori risultano elevati per tutte le classi di età più giovani, fino al 4° anno di vita; negli anni successivi la produzione si riduce in modo molto pronunciato. Il rapporto di turnover è dato dal rapporto P/B e rappresenta la quota della biomassa presente che viene sostituita in un anno, mentre il reciproco (B/P) costituisce il tempo di turn-over, cioè il tempo necessario a completare il ricambio (Marconato, 1990); per il campione complessivo il turn-over è pari a 0,627 e varia fra le classi di età in un intervallo che oscilla da un minimo di 0,08 ad un

massimo di 1,25; il tempo di turn-over dell'intera popolazione è pari a 1,60 anni. Ciò significa che ogni anno viene prodotta dal carassio dorato una quantità di biomassa pari al 62,7% di quella originariamente presente e che occorre poco più di 1 anno e mezzo per rinnovarla tutta. Disaggregando il turn over in funzione dell'età (Fig.7.9) è anche possibile osservare che la massima velocità di sostituzione della biomassa viene raggiunta a 2 anni, mentre i valori decrescono sia negli esemplari più vecchi che in quelli di 1 anno.

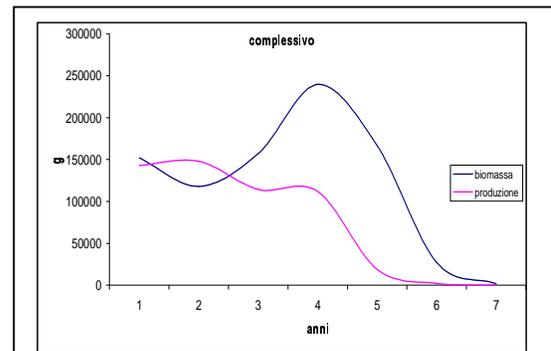


Fig.7.8 – Andamento della biomassa e della produzione in funzione dell'età nel campione complessivo.

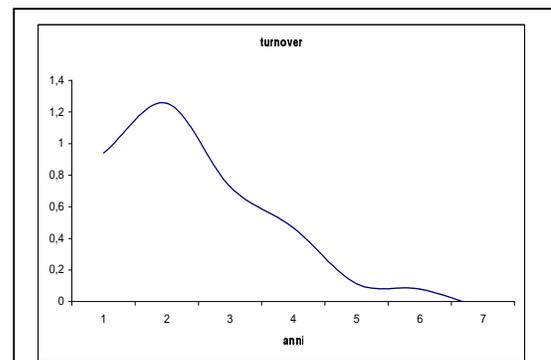


Fig.7.9 – Andamento del turn over in funzione dell'età nel campione complessivo.

Il calcolo della produzione è stato realizzato anche sul campione disaggregato per sesso: nella femmine (Tab.7.7) la biomassa totale è pari a 1115,51 kg, mentre la produzione è pari a 770,15 kg/anno.

Disaggregando i dati per classe di età, si può osservare che la biomassa è massima per gli individui di 4 anni, dove risulta di 270,28 kg (pari al 24,23% del totale),

Femmine						
età	G	Z	B (g)	B (%)	P (g/a)	P (%)
1	1,69	1,26	231138,14	20,72	391495,17	50,83
2	0,62	1,26	210815,08	18,90	130827,53	16,99
3	0,62	0,09	198168,56	17,76	122019,46	15,84
4	0,32	0,21	270285,30	24,23	87546,69	11,37
5	0,2	1,22	179562,89	16,10	35863,78	4,66
6	0,9	4,06	25541,04	2,29	2403,05	0,31
7						
totale			1115511,00	100,00	770155,68	100,00

Tabella 7.7 – Valori di P, G, B e Z nel campione femminile disaggregato per classe di età.

mentre il valore minimo di B è riferito agli esemplari di 6 anni, dove risulta di 25,54 kg (pari al 2,29% del totale); per quanto riguarda la produzione il valore massimo (391,49 kg/anno, pari al 50,83% del totale) viene raggiunto nel corso del 1° anno di vita.

Nel grafico della figura 7.10 è illustrato per le femmine l'andamento nelle varie classi di età della biomassa media e della produzione: si può osservare come la biomassa risulti abbastanza elevata nei primi anni di vita; il picco massimo di B si raggiunge a 4 anni, successivamente i valori si riducono notevolmente per approssimarsi già a 6 anni quasi allo zero. La produzione presenta un andamento progressivamente decrescente con il tempo e al 1° anno si osserva il picco massimo di P, che appare molto pronunciato; fino al 3° anno la produzione rimane su livelli abbastanza elevati, poi si riduce in modo più evidente. Per il campione femminile il turn-over è pari a 0,690 e varia fra le classi di età in un intervallo che oscilla da un minimo di 0,09 ad un massimo di 1,69; il tempo di turn-over dell'intera popolazione è pari a 1,45 anni.

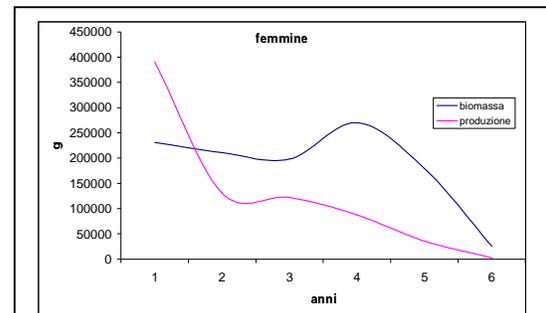


Fig.7.10 – Andamento della biomassa e della produzione in funzione dell'età nel campione femminile.

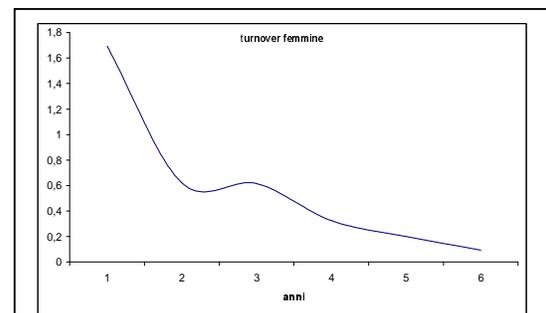


Fig.7.11 – Andamento del turn over in funzione dell'età nel campione femminile..

Ciò significa che ogni anno le femmine producono una quantità di biomassa pari al 69,00% di quella originariamente presente e che occorre poco meno di 1 anno e mezzo per rinnovarla tutta, con valori che sono molto simili a quelli calcolati per il campione complessivo. Disaggregando il turn over in funzione dell'età (Fig.7.11) è anche possibile osservare che la massima velocità di sostituzione della biomassa viene raggiunta ad 1 anno, quando il ricambio è veramente molto rapido; successivamente i valori decrescono progressivamente negli esemplari più vecchi.

Nei maschi (Tab.7.8) la biomassa totale (12,35 kg) e la produzione (6,23 kg/anno) sono molto inferiori a quella delle femmine.

Maschi						
età	G	Z	B (g)	B (%)	P (g/a)	P (%)
1	0,29	0,60	2733,35	22,12	793,32	12,74
2	1,36	1,55	2127,23	17,22	2890,64	46,43
3	0,53	0,17	2331,60	18,87	1232,89	19,80
4	0,32	2,40	1172,33	9,49	377,12	6,06
5	0,34	-1,79	1219,19	9,87	418,80	6,73
6	0,08	1,10	1848,83	14,96	140,85	2,26
7	0,40	0,69	922,07	7,46	372,13	5,98
totale			12354,59	100,00	6225,74	100,00

Disaggregando i dati del campione maschile

Tabella 7.8 – Valori di P, G, B e Z nel campione maschile disaggregato per classe di età.

per classe di età, si può osservare che la biomassa raggiunge il massimo negli individui di 1 anno (2,73 kg, pari al 22,12% del totale), mentre il valore minimo di B è riferito agli esemplari di 7 anni (0,92 kg, pari allo 2,29% del totale); per quanto riguarda la produzione il valore massimo (2,89 kg/anno, pari al 46,43% del totale) viene raggiunto nel corso del 2° anno di vita. Nel grafico della figura 7.12 è illustrato per i maschi l'andamento nelle varie classi di età della biomassa media e della produzione: si può osservare come la biomassa nei maschi presenti il proprio valore massimo negli esemplari di 1 anno; negli esemplari più vecchi l'andamento di B si caratterizza per una generale tendenza alla riduzione e per la presenza di alcuni massimi relativi a 3 e a 6 anni. La produzione è in massima parte concentrata nel 2° anno di età, mentre presenta valori molto inferiori sia per le classi più giovani, che in quelle più anziane. Per il campione

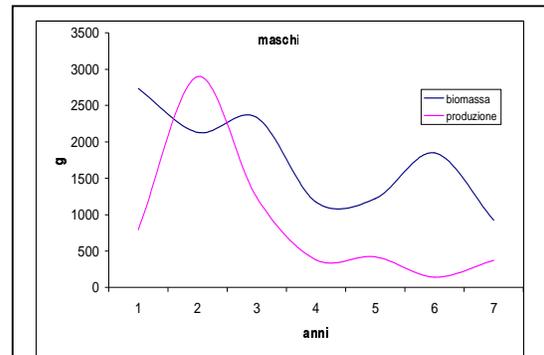


Fig.7.12 – Andamento della biomassa e della produzione in funzione dell'età nel campione maschile..

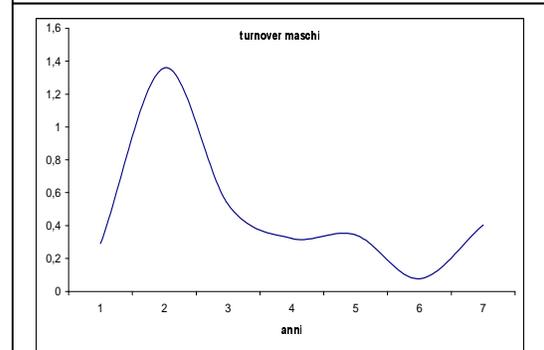


Fig.7.13 – Andamento del turn over in funzione dell'età nel campione maschile.

maschile il turn-over è pari a 0,540 e varia fra le classi di età in un intervallo che oscilla da un minimo di 0,08 ad un massimo di 1,36; il tempo di turn-over dell'intera popolazione è pari a 1,98 anni. Ciò significa che ogni anno i maschi producono una quantità di biomassa pari al 54,00% di quella originariamente presente e che occorrono poco meno di 2 anni per rinnovarla tutta. Disaggregando il turn over in funzione dell'età (Fig.7.13) è anche possibile osservare che la massima velocità di sostituzione della biomassa viene raggiunta a 2 anni; il ricambio è molto più lento sia negli esemplari di 1 anno, che in quelli più vecchi.

7.4 Rapporto tra i sessi

I risultati dell'analisi sono riportati in tabella 7.9, dove il rapporto tra i sessi è stato analizzato per il campione complessivo e per quello disaggregato per generazione; il calcolo non è stato effettuato per i giovani dell'anno (nati nel 2003), per i quali il numero di esemplari indeterminati è risultato predominante sugli altri. Analizzando i dati si osserva che nel complesso il numero delle femmine catturate è molto maggiore rispetto al numero dei maschi: queste risultano essere il 97,4% del campione complessivo, mentre i maschi costituiscono solo per il 2,6% del totale.

Il rapporto fra i sessi risulta notevolmente squilibrato se relazionato all'anno di nascita:

	anno di nascita	sesso		Sex ratio
		maschi	femmine	
N° individui	2002	61	309	5:1
%		16,49%	83,51%	
N° individui	2001	13	529	41:1
%		2,40%	97,60%	
N° individui	2000	11	483	44:1
%		2,23%	97,77%	
N° individui	1999	1	393	393:1
%		0,25%	99,75%	
N° individui	1998	6	116,00	20:1
%		4,92%	95,08%	
N° individui	1997	2	2	1:1
%		50,00%	5,00%	
N° individui	1996	1	0	0 :1
%		100,00%	0,00%	
N° individui	Totale	102	1953	19:1
%		2,60%	97,4%	

Tabella 7.9 – Rapporto fra i sessi.

il rapporto tra i sessi appare sbilanciato a favore delle femmine già nelle classi di età più giovani (nati nel 2002 = 5:1) e tende a divenire ancora più squilibrato nelle generazioni successive, fino a raggiungere il massimo scostamento dal rapporto 1:1 nei nati nel 1999 (393:1). Con l'ulteriore progredire dell'età la sex ratio si avvicina di più all'equilibrio ed effettivamente lo raggiunge nei nati nel 1997; nella generazione successiva (nati del 1996) diviene addirittura a favore dei maschi. Questa situazione si accorda con quanto riportato in letteratura: in molte popolazioni europee sono state osservate analoghe deviazioni nel rapporto tra i sessi, mentre in Asia, luogo di origine della specie, la sex ratio non si discosta molto da un rapporto 1:1 (Muus e Dahlstrom, 1967; Abramenko

et al., 1997). In Europa molte popolazioni, infatti, sono costituite esclusivamente da soggetti di sesso femminile che si riproducono per ginogenesi, che è una forma particolare di partenogenesi in cui l'attivazione della divisione mitotica dell'uovo avviene ad opera di spermatozoi di specie eterologhe (Muus e Dahlstrom, 1967; Sani *et al.*, 1999) che non partecipano al corredo cromosomico dell'embrione. Nel lago Trasimeno esiste, quindi, una duplice possibilità di riproduzione: la ginogenesi è sicuramente la forma più comune, ma la presenza dei maschi testimonia anche la presenza della fecondazione anfigonica. In molte popolazioni bisessuali di carassio che, analogamente al lago Trasimeno, sono composte sia da femmine ginogenetiche che gonocoriche, la percentuale dei maschi nelle classi giovanili è di circa il 20% (Abramenko *et al.*, 1997; Xie *et al.*, 2001), un valore molto simile a quello da noi registrato.

Nell'andamento, in funzione dell'età, del rapporto fra i sessi, è forse possibile vedere il risultato dell'azione di due tendenze opposte che agiscono sulla popolazione. Il rapporto parte, già nei nati nell'anno, fortemente squilibrato, probabilmente come conseguenza delle particolari modalità riproduttive che caratterizzano la popolazione del lago Trasimeno. Nelle classi più giovani i maschi subiscono l'effetto di una mortalità maggiore rispetto alle femmine probabilmente a causa delle loro ridotte dimensioni e per la presenza di una forte competizione intraspecifica e/o per effetto della predazione. Questo rende il rapporto progressivamente squilibrato a favore delle femmine fino a giungere alle classi di età centrali, quando gli esemplari raggiungono una taglia più elevata e i fattori di mortalità che insistono sulla popolazione divengono di tipo completamente diverso. Nelle classi più anziane la mortalità, infatti, penalizza soprattutto le femmine, a causa degli elevati costi che comporta in questo sesso l'investimento riproduttivo; ciò tende a rendere più equilibrato il rapporto fra i sessi nelle classi di età più anziane.

8. RISULTATI: BIOLOGIA RIPRODUTTIVA

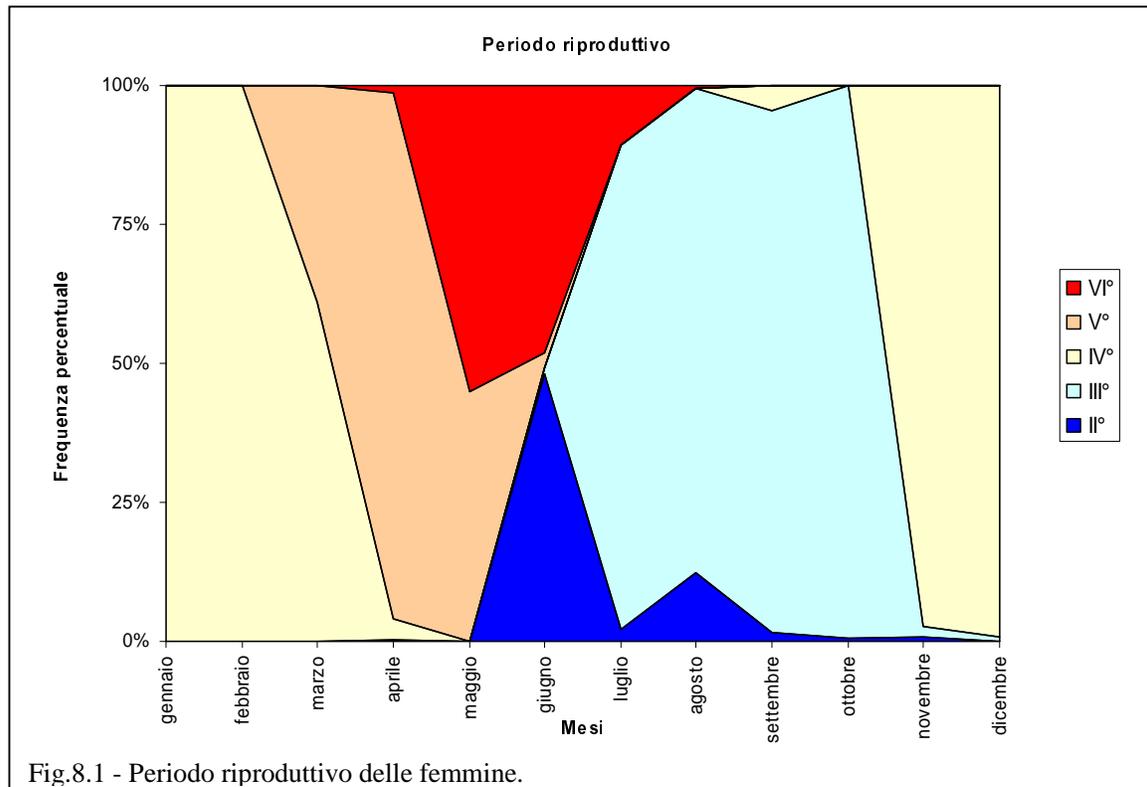
8.1 Periodo riproduttivo

Sono state considerate mature le gonadi, sia maschili che femminili, che hanno raggiunto il IV stadio; al V stadio gli individui si stanno già riproducendo, mentre al VI stadio la riproduzione è già avvenuta. La tabella 8.1, riferita alle sole femmine, riporta le osservazioni sul numero degli individui con gonadi ai diversi stadi di maturazione durante tutto l'anno di campionamento.

Stadio delle gonadi	II		III		IV		V		VI	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
gennaio					46	100%				
febbraio					35	100%				
marzo					53	60,92%	34	39,08%		
aprile			1	0,31%	12	3,69%	308	94,77%	4	1,23%
maggio							22	44,90%	27	55,10%
giugno	54	48,21%	1	0,89%			3	2,68%	54	48,21%
luglio	2	2,17%	80	86,96%					10	10,87%
agosto	17	9,60%	146	82,49%	13	7,34%			1	0,56%
settembre	3	1,50%	188	94,00%	7	3,50%	2	1,00%		
ottobre	1	0,61%	162	99,39%						
novembre	1	0,93%	2	1,87%	104	97,20%				
dicembre			1	0,92%	108	99,08%				

Tabella 8.1 – Periodo riproduttivo del campione femminile.

Nei primi mesi dell'anno (gennaio, febbraio) il 100% della popolazione femminile presenta gonadi al IV stadio, quindi è quasi pronta per la riproduzione; in marzo si contano le prime femmine



che cominciano a riprodursi (V stadio=39,08%), mentre tutte le altre (60,92%) hanno gonadi al IV stadio (Tab.8.1 e Fig.8.1). In aprile la riproduzione è al culmine: oltre il 94% delle femmine è in riproduzione e presenta gonadi al V stadio di maturazione, mentre percentuali più basse devono ancora iniziare a deporre le uova (IV stadio=3,69%) o hanno già ultimato la deposizione, presentando gonadi già completamente svuotate (VI stadio=1,23%). La riproduzione prosegue a maggio, quando interessa il 44,90% delle femmine (V stadio), mentre tutte le altre si sono già riprodotte (55,10% al VI stadio); a giugno la riproduzione può dirsi praticamente conclusa e solo il 2,68% delle femmine continua a deporre le uova. A partire da luglio inizia la ripresa dello sviluppo delle gonadi: mentre in questo mese nessuna femmina presenta più gonadi mature (IV stadio) o in riproduzione (V stadio) e solo una piccola percentuale presenta gonadi appena svuotate (VI stadio=10,87%), la percentuale di individui i cui ovari riprendono lo sviluppo diviene consistente (III stadio=86,96%). Il IV stadio inizia a rappresentare, infine, la maggioranza delle femmine a partire da novembre (97,20%), per poi aumentare progressivamente in dicembre (IV stadio=99,08%).

8.2 Maturità sessuale

Dai dati ottenuti dall'analisi dello stadio di maturazione delle gonadi è anche possibile stabilire l'età alla quale il carassio dorato raggiunge la maturità sessuale. La tabella 8.2 riporta il numero di individui di sesso femminile in grado di riprodursi alle varie classi di età.

La maturità sessuale, nelle femmine, viene raggiunta dopo il secondo inverno di vita (classe 2+) e cioè a due anni di età, quando oltre l'85,00% delle femmine osservate è in grado di riprodursi, presentando gonadi mature. Ad un anno, di età, comunque, una piccola percentuale di femmine è già in grado di deporre le uova (7,55%), mentre dal terzo inverno in poi si riproduce il 100% della popolazione femminile.

FEMMINE		1+	2+	3+	4+	5+	6+
non in riproduzione	N° individui	98	10	0	0	0	0
	%	92,45%	14,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
in riproduzione	N° individui	8	61	177	198	194	13
	%	7,55%	85,20%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabella 8.2 – Maturità sessuale nel campione femminile.

Nei maschi, come riferito nella tabella 8.3, la situazione è abbastanza simile a quella delle femmine ed il grosso della popolazione inizia a riprodursi a due anni (75% del campione); solo a partire dal terzo inverno in poi, tuttavia, si riproduce l'intera popolazione di sesso maschile. A differenza delle femmine ad un anno di età nessun maschio raggiunge la maturità sessuale.

MASCHI		1+	2+	3+	4+	5+	6+
non in riproduzione	N° individui	6	7	0	0	0	0
	%	100,00%	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
in riproduzione	N° individui	0	21	3	2	1	3
	%	0,00%	75,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabella 8.3 – Maturità sessuale nel campione maschile.

8.3 Indice gonado-somatico (GSI)

La tabella 8.4 mostra la statistica descrittiva dell'indice gonado-somatico (GSI) nei due sessi e per il campione complessivo. Il valore medio del GSI risulta molto maggiore nelle femmine rispetto ai maschi: nelle femmine è pari a 6,25 ed oscilla tra un minimo di 0,18 ed un massimo di 46,51, mentre nei maschi ha valore di 1,69 con intervallo di variazione compreso tra 0,19 e 11,19.

Sesso	N° Valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
maschio	83	1,69	0,19	11,19	1,00	2,02	0,22
femmina	911	6,25	0,18	46,51	4,17	5,61	0,19
tutti	994	5,87	0,18	46,51	3,86	5,55	0,18

Tabella 8.4 – Statistica descrittiva dell'indice gonado-somatico nel campione complessivo e nel campione disaggregato per sesso.

Le differenze tra i due sessi risultano altamente significative al t- test ($t = 7,36$; $P = 0,000$). In figura 8.2 è riportato il grafico box and whisker che evidenzia la profonda differenza che esiste tra i sessi nei valori del GSI. L'investimento riproduttivo nelle femmine è molto elevato e nel suo picco massimo si avvicina al 50% dell'intera massa corporea. Il GSI è stato calcolato per il campione suddiviso per sesso e per stadio di sviluppo delle gonadi. Nelle femmine (Tab.8.5) il valore medio più elevato è raggiunto al V stadio

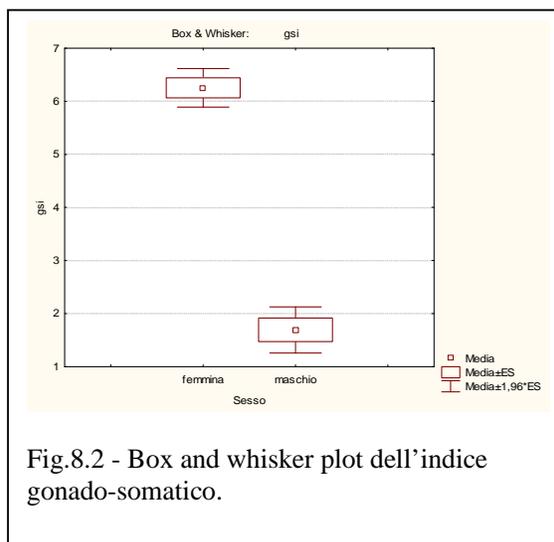


Fig.8.2 - Box and whisker plot dell'indice gonado-somatico.

(GSI=13,45) mentre quello più basso è raggiunto al I stadio (GSI=1,27).

Stadio delle gonadi	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
I	126	1,27	0,18	10,00	0,63	1,77	0,16
II	28	1,28	0,29	2,60	1,12	0,62	0,12
III	168	3,19	0,37	21,43	2,79	2,53	0,20
IV	227	5,65	0,53	18,95	4,91	3,64	0,24
V	214	13,45	1,57	34,11	13,88	4,13	0,28
VI	47	3,93	0,58	13,48	3,65	2,48	0,36

Tabella 8.5 – Statistica descrittiva dell'indice gonado-somatico nel campione femminile disaggregato per classe di età.

Dalla tabella 8.6, riferita al campione di sesso maschile, si nota che il valore medio più elevato è raggiunto al V stadio (GSI=4,64) mentre quello più basso è raggiunto al VI stadio (GSI = 0,75). L'andamento del GSI nei due sessi è descritto in figura 8.3. Nelle femmine il GSI assume valori crescenti dal II fino al V stadio, dove raggiunge il massimo assoluto, nettamente superiore rispetto a tutti gli altri stadi di sviluppo degli ovari. Al V stadio le femmine hanno un investimento riproduttivo che supera, come valore medio, il 13% della propria massa corporea. Nei maschi GSI aumenta lentamente dal I al III stadio, per poi diminuire in corrispondenza del IV stadio e risalire velocemente in corrispondenza del V stadio.

Stadio delle gonadi	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
I	15	0,83	0,24	2,78	0,55	0,77	0,20
II	1	2,08	2,08	2,08	2,08	0,00	
III	21	2,65	0,97	8,11	2,22	1,65	0,36
IV	32	0,84	0,19	2,56	0,53	0,69	0,12
V	3	4,64	1,36	10,48	2,06	5,07	2,93
VI	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,00	

Tabella 8.6 – Statistica descrittiva dell'indice gonado-somatico nel campione maschile disaggregato per classe di età.

All'analisi della varianza fattoriale le differenze nei valori medi del GSI sono risultate altamente significative, sia nel confronto fra lo stadio di sviluppo delle gonadi ($F=13,29$; $P=0,000$), che nel confronto fra i sessi e fra i singoli stadi di sviluppo delle gonadi ($F=8,25$; $P=0,000$). Ciò significa che fra maschi e femmine le differenze nell'investimento riproduttivo sono significative anche quando vengono confrontati separatamente gli individui a differenti stadi di maturazione delle gonadi.

Le variazioni dell'indice gonado-somatico durante l'anno di campionamento, sono state osservate solo per le femmine (Fig.8.4), perché il campione maschile risultava troppo scarso. Da febbraio ad aprile, mese in cui si raggiunge il valore massimo del GSI, il peso delle gonadi aumenta velocemente, per poi calare successivamente nel periodo compreso fra aprile e giugno: in questo periodo le femmine sono in piena fase riproduttiva e le gonadi iniziano a svuotarsi. A luglio si assiste ad un lieve incremento del GSI; è possibile che in questo mese si abbia un secondo evento riproduttivo, meno importante di quello primaverile. Il carassio dorato, infatti, non depone tutte le uova

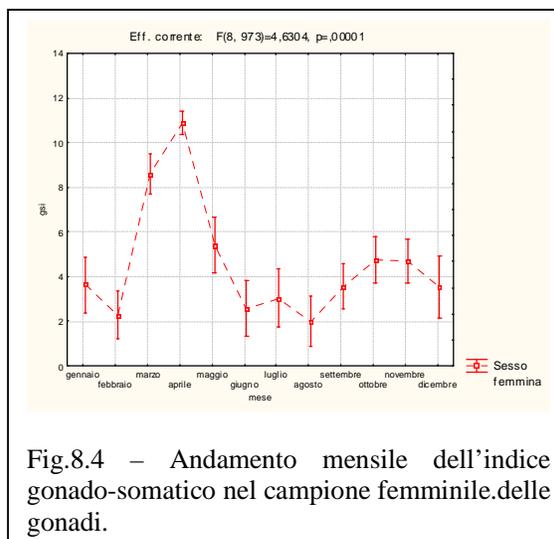


Fig.8.4 – Andamento mensile dell'indice gonado-somatico nel campione femminile delle gonadi.

simultaneamente, ma la sua riproduzione avviene in più riprese, interessando un arco temporale assai esteso. Il valore minimo dell'indice si registra in agosto, quando tutti gli individui si sono riprodotti, e le gonadi entrano in stato di quiescenza (II stadio). Il valore di GSI tende poi a salire nei mesi autunnali: come si è osservato precedentemente gli individui adulti raggiungono durante questa stagione il IV stadio, per poi mantenerlo per un periodo relativamente lungo fino alla primavera successiva. Durante i mesi invernali, quando il metabolismo del pesce è rallentato e la disponibilità di cibo minore, il valore di GSI tende a diminuire per poi aumentare velocemente a partire da febbraio.

La relazione esistente fra l'indice gonadosomatico e la lunghezza totale (in cm) è stata calcolata separatamente nei due sessi: nelle femmine si sono trattati prima i dati complessivi, poi i dati relativi agli esemplari con gonadi agli stadi IV e V.

Per il campione complessivo delle femmine la relazione risulta:

$$GSI = 0,023 * LT^{1,6138} \quad (R^2 = 0,290) \quad (\text{Fig.8.5}).$$

L'analisi evidenzia che all'aumentare delle dimensioni dei pesci c'è una tendenza ad un incremento nel valore del GSI, ma la varianza giustificata dal modello è molto bassa e la variabilità del GSI è molto elevata a tutte le taglie. Si giunge alle stesse conclusioni anche prendendo in considerazione esclusivamente le gonadi delle femmine prossime alla maturità; la relazione fra l'indice gonado-somatico e la lunghezza totale (in cm) per le femmine con gonadi al IV e V stadio di maturazione risulta infatti:

$$GSI = 0,0927 * LT^{1,3288} \quad (R^2 = 0,222) \quad (\text{Fig.8.6}).$$

La relazione è stata calcolata anche nei maschi, dove risulta pari a:

$$GSI = 0,1076 * LT^{0,8493} \quad (R^2 = 0,087) \quad (\text{Fig.8.7}).$$

In questo caso il valore di b è più basso dei due casi precedenti e la variabilità giustificata dal

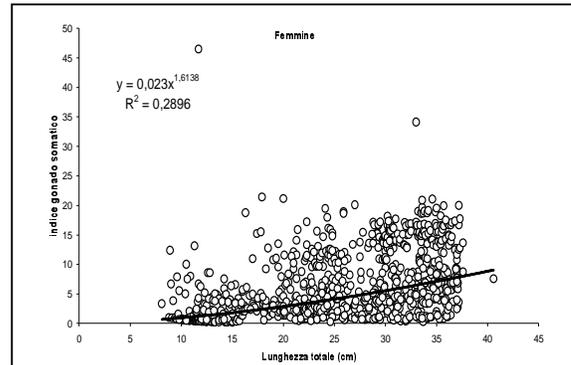


Fig.8.5 – Regressione GSI – LT nel campione femminile.

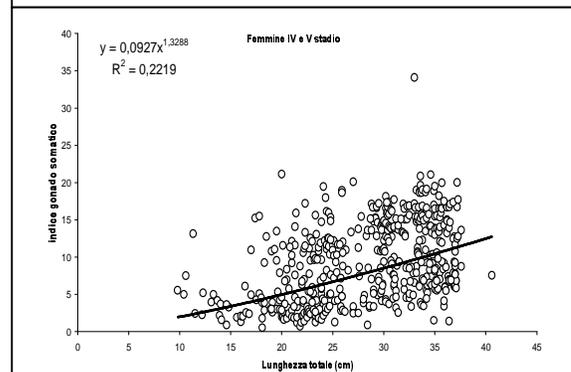


Fig.8.6 – Regressione GSI – LT nel campione femminile con gonadi mature.

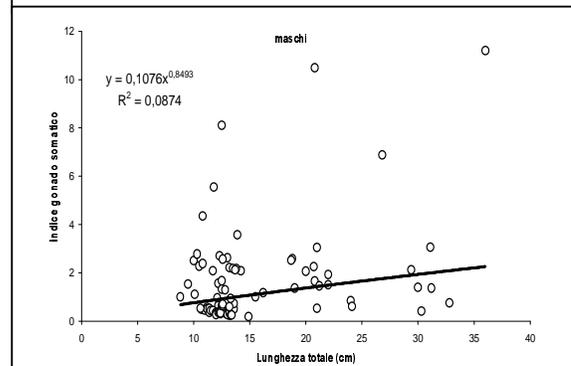


Fig.8.7 – Regressione GSI – LT nel campione maschile.

modello appare estremamente scarsa: nei maschi è comunque inferiore, rispetto alle femmine, il dispendio energetico per la riproduzione e poco influisce la taglia nel valore raggiunto dal GSI.

Per chiarire la relazione che lega il GSI alle dimensioni dei carassi si può osservare l'andamento del valore medio raggiunto dell'indice nelle varie classi di età.

Nel campione femminile (Fig.8.8) il valore dell'indice gonado-somatico è prossimo al 5% nei giovani dell'anno (0+), tende a diminuire nella classe 1+ ed aumentare di nuovo in modo progressivo nelle età successive; tale incremento è molto rapido fino alla classe 4+, poi tende a rallentare nelle classi di età più anziane. Appare quindi evidente come nelle femmine l'investimento riproduttivo tenda ad aumentare costantemente in funzione dell'età. Nei maschi l'andamento del GSI (Fig.8.9) in relazione all'età è oltremodo incostante, ma è molto probabile che ciò sia condizionato dal ridotto numero di esemplari che costituisce il campione. Anche nei maschi si può evidenziare una tendenza all'aumento del GSI in funzione dell'età, anche se le classi 2+, 4+ e 6+ mostrano valori nettamente inferiori rispetto alle altre.

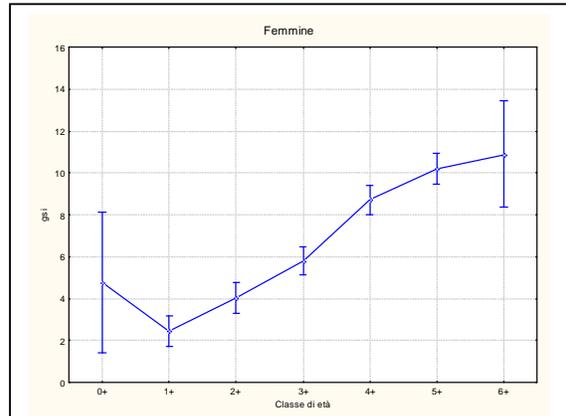


Fig.8.8 – Andamento dell'indice gonado-somatico in funzione dell'età nel campione femminile.

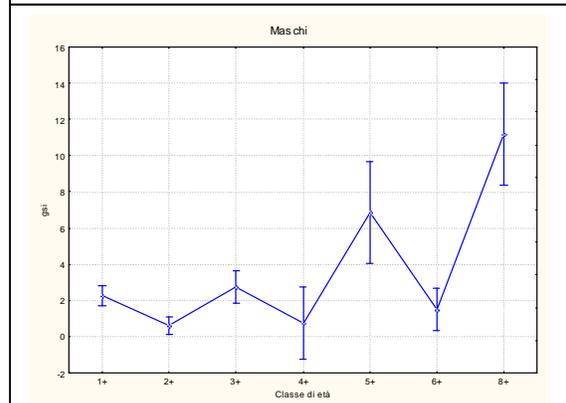


Fig.8.9 – Andamento dell'indice gonado-somatico in funzione dell'età nel campione maschile.

8.4 Fecondità assoluta

La tabella 8.7 mostra la statistica descrittiva del numero delle uova prodotte dalle femmine con gonadi mature (V stadio); una particolarità della specie è quella di avere uova a diversi stadi di sviluppo che vengono, quindi, deposte in più riprese. Si sono contate per il calcolo della fecondità, solo le uova che all'interno di ogni campione avevano già raggiunto la maturità, ben riconoscibili per il colore giallo: il loro valore medio è pari al $46.252,88 \pm 3.921$, con minimo pari a 286 e massimo pari a 219.104; il dato che viene generalmente riportato in letteratura è compreso tra 160.000 e 380.000 uova (Muus e Dahlstrom, 1967) e ciò concorda abbastanza bene con le nostre osservazioni.

N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
92	46252,88	286,29	219104,29	35851,44	37612,77	3921,40

Tabella 8.7 – Statistica descrittiva del numero delle uova presente negli ovari delle femmine mature.

L'analisi della fecondità assoluta è stata effettuata disaggregando il campione complessivo per classi di lunghezza, ad intervalli di 5 cm, per verificare il numero delle uova prodotte da femmine di taglie diverse; come si può notare dalla tabella 8.8 e dal grafico in figura 8.10, il numero delle uova tende ad aumentare con la lunghezza del pesce; un pesce di lunghezza pari a 12,5 cm produce un numero medio di uova pari a $1.002,20 \pm 375$, mentre un pesce di lunghezza pari a 22,5 cm presenta un numero medio di uova pari a $24.536,05 \pm 2.290$, ovvero 24,5 volte il valore precedente. Le differenze, nel numero medio di uova prodotte nelle classi di lunghezza sono risultate altamente significative all'analisi della varianza ($F = 28,043$; $P = 0,000$).

La relazione esistente tra la lunghezza totale (in cm) ed il numero di uova prodotte è di tipo moltiplicativo e risulta pari a:

$$\text{numero delle uova} = 0,0198 * LT^{4,339}$$

$$(R^2 = 0,743) \text{ (Fig.8.11).}$$

L'alto valore di R^2 testimonia l'esistenza di una stretta corrispondenza tra le due grandezze e quindi conferma la validità del modello; si nota comunque l'esistenza di una certa variabilità per quanto riguarda il numero delle uova prodotte anche tra femmine della stessa taglia.

La relazione che lega il peso, espresso in grammi, con il numero delle uova è:

$$\text{numero di uova} = 128,1 * PT - 7094,3$$

$$(R^2 = 0,704) \text{ (Fig.8.12).}$$

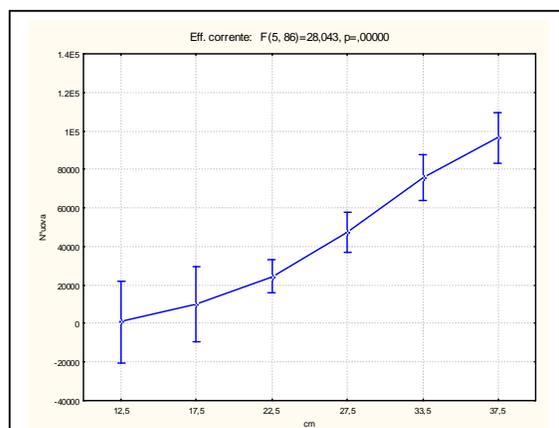


Fig.8.10 – Andamento della fecondità in funzione della taglia delle femmine.

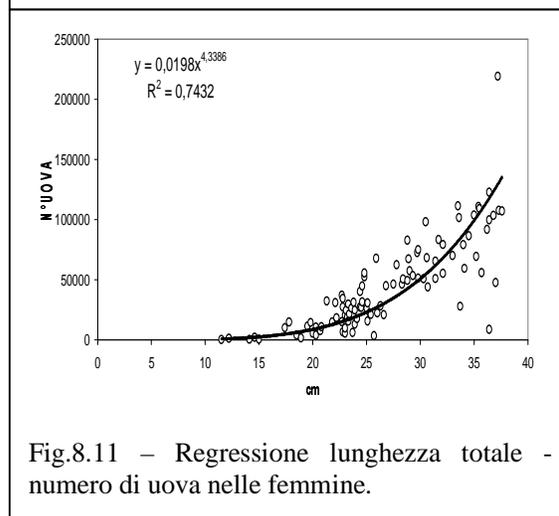


Fig.8.11 – Regressione lunghezza totale - numero di uova nelle femmine.

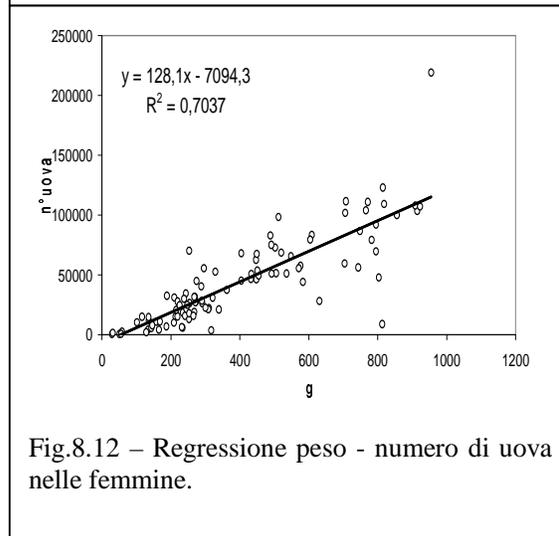


Fig.8.12 – Regressione peso - numero di uova nelle femmine.

Anche in questo caso l'alto valore di R^2 testimonia l'esistenza di una stretta corrispondenza tra le due grandezze e la validità del modello.

Il campione sul quale è stata condotta l'analisi relativa alla fecondità assoluta è stato poi disaggregato per classe di età: si contano 6 classi di età a partire dalla classe 1+. Dall'osservazione del grafico in figura 8.13 e dei dati in tabella 8.9 si nota che il numero medio delle uova cresce con l'età: un esemplare appartenente alla classe 1+ ha negli ovari 1.002 ± 376 uova, mentre un esemplare appartenente alla classe 3+ ha un numero di uova pari a 27.440 ± 2.309 , ovvero quasi 27 volte il primo

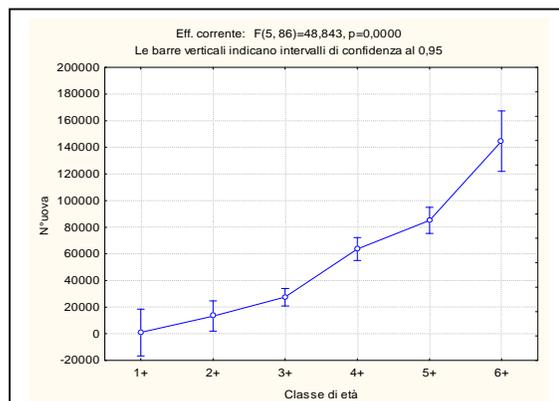


Fig.8.13 – Andamento del numero medio di uova nelle varie classi di età.

valore. Il numero di uova aumenta in maniera quasi lineare se espresso in funzione dell'età e gli incrementi nella fecondità sono maggiori nel passaggio tra la classe 3+ e 4+ e nel passaggio fra la classe 5+ e 6+. Le differenze nei valori medi delle uova presenti nelle gonadi degli esemplari di diverse classi di età sono risultate altamente significative all'analisi della varianza ($F=48,843$; $P=0,000$).

8.5 Fecondità relativa

La tabella 8.10 mostra la statistica descrittiva della fecondità relativa espressa come numero di uova prodotte dalle femmine mature in rapporto al loro peso espresso in grammi.

N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
92	103,19	8,03	276,73	103,04	47,97	5,00

Tabella 8.10 – Statistica descrittiva della fecondità relativa.

La variabilità del numero delle uova per grammo è molto alta: il valore medio è pari a $103,19 \pm 5,00$ uova/g e l'intervallo di variazione è compreso tra un minimo pari a 8,03 ed un massimo pari a 276,73.

Tale variabilità appare confermata e spiegata dalla successiva analisi in cui la fecondità relativa è stata disaggregata per classi di lunghezza totale (ad intervalli di 5 cm).

LT	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
12,5	5	22,83	8,03	46,11	10,89	18,29	8,18
17,5	6	78,95	14,20	128,24	92,78	43,68	17,83
22,5	32	97,72	24,26	187,79	100,08	42,91	7,59
27,5	20	110,54	59,34	169,60	105,30	34,38	7,69
33,5	16	131,09	75,51	276,73	125,42	48,70	12,17
37,5	13	113,09	10,67	229,43	116,11	51,50	14,28
Tutti	92	103,19	8,03	276,73	103,04	47,97	5,00

Tabella 8.11 – Statistica descrittiva della fecondità relativa disaggregata per classe di lunghezza.

Come si può notare dai dati della tabella 8.11 e dal grafico in figura 8.14, con l'aumentare della lunghezza aumenta la fecondità relativa. L'aumento avviene con continuità sino alla classe 33,5; poi c'è una leggera inversione di tendenza: la classe 37,5 ha infatti un numero di uova per grammo minore rispetto alla classe precedente. Dal grafico si nota, inoltre, che tra la classe di lunghezza 12,5 cm e la successiva di 17,5 cm l'aumento di uova per grammo si presenta molto rapido, per poi rallentare nelle classi di lunghezza successive. Le differenze nei valori medi di fecondità relativa tra le varie classi di lunghezza sono risultate altamente significative all'analisi della varianza ($F = 5,6211$; $P = 0,0001$).

La relazione che lega le classi di lunghezza alla fecondità relativa è lineare ed uguale a:

$$\text{uova/g} = 3,5063 * \text{LT} + 6,2742$$

$$(R^2 = 0,197) \text{ (Fig.8.15).}$$

Il basso valore di R^2 fa intuire che la variabilità spiegata dal modello è tuttavia molto bassa. La stessa osservazione si può fare per la relazione tra peso totale e uova/g che risulta:

$$\text{uova /g} = 0,0727 * \text{PT} + 70,594$$

$$(R^2 = 0,132) \text{ (Fig.8.16).}$$

Il campione, sul quale è stata condotta l'analisi relativa alla fecondità relativa, è stato disaggregato per classe di età: si contano 6 classi di età a partire dalla classe 1+ (Tab.8.12). Con l'aumentare dell'età incrementa il numero di uova per grammo (Fig.8.17): ciò avviene in maniera molto rapida nel passaggio dalla classe

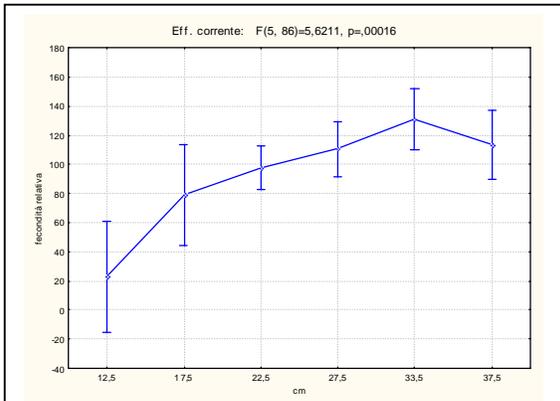


Fig.8.14 – Andamento della fecondità relativa nelle varie classi di lunghezza totale.

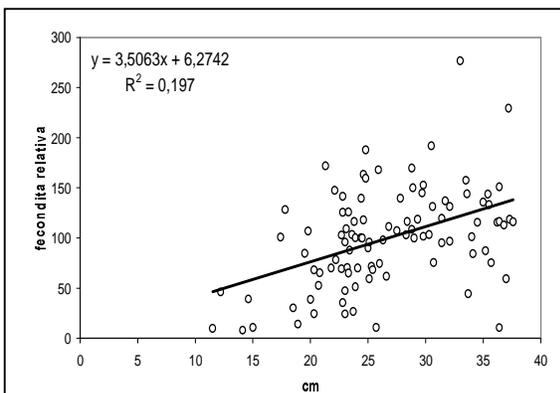


Fig.8.15 – Relazione fecondità relativa – lunghezza totale.

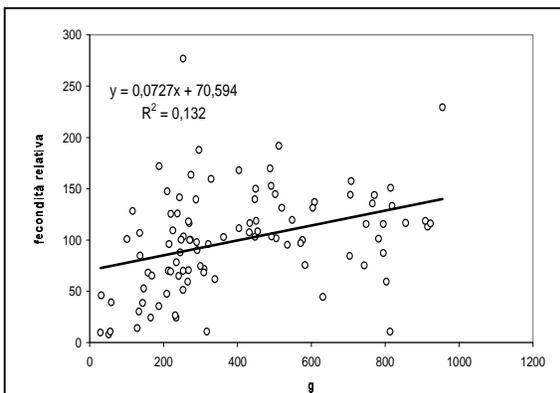


Fig.8.16 – Relazione fecondità relativa – peso.

1+ ($22,83 \pm 8,18$ n°uova/g) alla classe 2+ ($84,03 \pm 14,15$ n°uova/g). Successivamente l'aumento assume un andamento meno intenso fino alla classe di età 4+ ($131,63 \pm 9,44$ n°uova/g); la classe 5+ si caratterizza per una diminuzione rispetto alle età precedenti ($109,04 \pm 9,66$ n°uova/g), ma poi l'andamento riprende a salire nella classe 6+ ($154,68 \pm 37,38$ n°uova/g). Le differenze nei valori medi della fecondità relativa tra le varie classi di età, all'analisi della varianza, sono risultate altamente significative ($F=7,4852$; $P=0,000$).

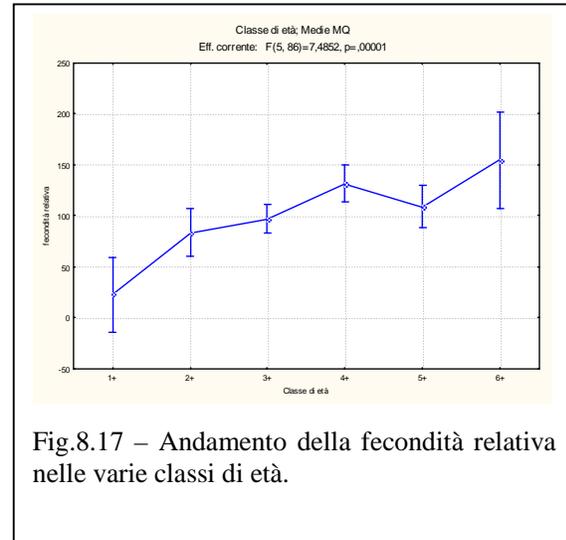


Fig.8.17 – Andamento della fecondità relativa nelle varie classi di età.

età	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
1+	5	22,83	8,03	46,11	10,89	18,29	8,18
2+	12	84,03	14,20	171,91	77,38	49,02	14,15
3+	35	97,08	24,26	187,79	98,00	38,31	6,48
4+	21	131,63	75,51	276,73	119,45	43,27	9,44
5+	16	109,04	10,67	157,47	115,66	38,64	9,66
6+	3	154,68	116,11	229,43	118,51	64,74	37,38
Tutti	92	103,19	8,03	276,73	103,04	47,97	5,00

Tabella 8.12 – Statistica descrittiva della fecondità relativa disaggregata per classe di età.

8.6 Diametro delle uova

La tabella 8.13 riporta la statistica descrittiva del diametro delle uova, espresso in mm; sono state osservate e misurate 921 uova il cui diametro medio è pari a $1,27 \pm 0,01$ mm, con deviazione standard pari a 0,12 mm.

N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
921	1,27	0,74	1,71	1,27	0,12	0,01

Tabella 8.13 – Statistica descrittiva del diametro delle uova.

La variabilità del campione è discretamente elevata come indicano i valori del minimo e del massimo, pari rispettivamente a 0,74 e 1,71 mm. Secondo letteratura il valore medio del diametro delle uova del carassio dorato, è pari a 1,4-1,7 mm (Bruno *et al.* 1992), quindi le nostre misure risultano leggermente inferiori.

Il campione delle uova è stato disaggregato per classe di lunghezza totale per verificare se esistono differenze nel diametro delle uova con il variare della taglia del pesce.

La tabella 8.14 riporta la statistica descrittiva riferita alle diverse classi di lunghezza; i valori medi dei diametri misurati tendono ad aumentare se osservati in funzione della lunghezza totale (Fig.8.18): per la classe di lunghezza di 17,5 cm il valore medio del diametro è di $1,14 \pm 0,04$ mm, con valori di minimo e massimo uguali a 1,04 e 1,27 mm.

LT	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
12,5	1	0,85	0,85	0,85	0,85	0,00	
17,5	5	1,14	1,04	1,27	1,15	0,09	0,04
22,5	31	1,25	1,07	1,40	1,25	0,08	0,01
27,5	20	1,27	1,13	1,38	1,26	0,06	0,01
33,5	16	1,33	1,25	1,40	1,33	0,05	0,01
37,5	13	1,33	1,23	1,48	1,31	0,07	0,02
Tutti	86	1,27	0,85	1,48	1,27	0,09	0,01

Tabella 8.14 – Statistica descrittiva del diametro medio delle uova nel campione disaggregato per classe di lunghezza.

Per la classe di lunghezza 22,5 cm il valore medio è di $1,25 \pm 0,01$ mm con valori di minimo e massimo di 1,07 e 1,40 mm. Per tutte le classi successive il diametro medio delle uova è sempre maggiore; unica eccezione si ha per la classe di lunghezza di 37,5 cm in cui il diametro delle uova, come per i valori medi di fecondità assoluta e fecondità relativa, tende a diminuire rispetto alle altre classi di lunghezza. Questo andamento è rappresentato nel grafico in figura 8.18, dove si nota che l'incremento del valore del diametro medio delle uova diviene meno pronunciato all'aumentare della taglia del pesce, per poi addirittura diminuire nell'ultima classe, quella che raggruppa gli individui di taglia maggiore;

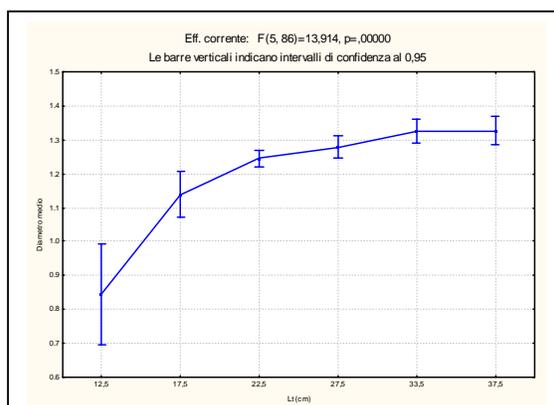


Fig.8.18 – Andamento del diametro medio delle uova nelle varie classi di lunghezza totale.

l'incremento della dimensione delle uova è molto pronunciato nel passaggio tra la classe di lunghezza di 12,5 cm e la successiva di 17,5 cm. Le differenze nei valori medi del diametro delle uova tra la varie classi di lunghezza sono risultate altamente significative all'analisi della varianza ($F=13,91$; $P=0,000$).

Per verificare se esistono differenze nel diametro delle uova con l'invecchiamento degli esemplari il campione è stato disaggregato anche per classe di età. Il campione è diviso in sei classi di età a partire dalla classe 1+ (Tab.8.15); il valore medio più elevato del diametro delle uova è raggiunto dalla classe 5+ in cui risulta pari a $1,33 \pm 0,02$ mm, mentre il valore medio più basso è raggiunto dalla classe 1+ con un diametro medio pari a 0,85 mm. Osservando i valori medi e gli

intervalli di minimo e massimo si assiste ad un aumento della misura delle uova con l'età, tranne per la classe 6+ in cui si registra una leggera diminuzione rispetto alla classe precedente.

età	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard	Errore standard
1+	1	0,85	0,85	0,85	0,85	0,00	
2+	11	1,16	1,04	1,34	1,16	0,09	0,03
3+	34	1,26	1,13	1,40	1,27	0,07	0,01
4+	21	1,30	1,21	1,40	1,30	0,05	0,01
5+	16	1,33	1,23	1,48	1,33	0,07	0,02
6+	3	1,31	1,27	1,35	1,30	0,04	0,02
Tutti	86	1,27	0,84	1,48	1,27	0,09	0,01

Tabella 8.15 – Statistica descrittiva del diametro medio delle uova nel campione disaggregato per classe di età.

Dal grafico in figura 8.19 si può osservare come l'andamento tra il diametro medio e la classe di età ricalchi fedelmente quello già discusso nell'analisi precedente, in cui si metteva in relazione il diametro delle uova con la lunghezza totale. Le differenze nei valori medi delle dimensioni delle uova tra le varie classi di età sono risultate all'analisi della varianza altamente significative ($F=15,048$; $P=0,000$).

La regressione fra la lunghezza totale, espressa in cm, ed il diametro medio delle uova, espresso in mm, è rappresentata in figura 8.20. L'equazione è pari a:

$$\text{diametro} = 0,0097 * LT + 1,002, (R^2 = 0,3108).$$

La relazione fra le due grandezze è di tipo lineare, anche se la variabilità giustificata dal modello non appare molto elevata.

8.7 Taglia alla riproduzione

E' stato effettuato un confronto per verificare se femmine di taglia diversa si riproducano in periodo differenti dell'anno. La tabella 8.16 riporta la statistica descrittiva della lunghezza totale, del peso e dell'età delle femmine in riproduzione (con gonadi al V stadio) nei mesi di marzo, aprile, maggio e giugno, periodo in cui avviene la riproduzione.

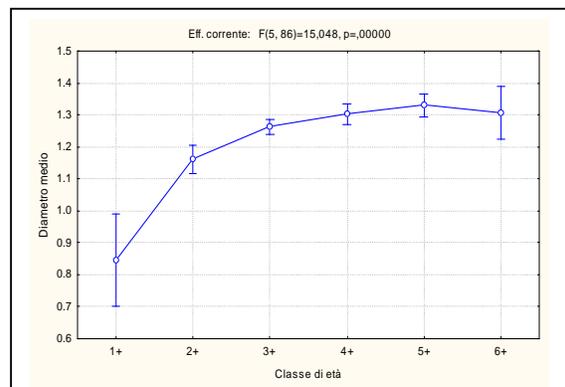


Fig.8.19 – Andamento del diametro medio delle uova nelle varie classi di età.

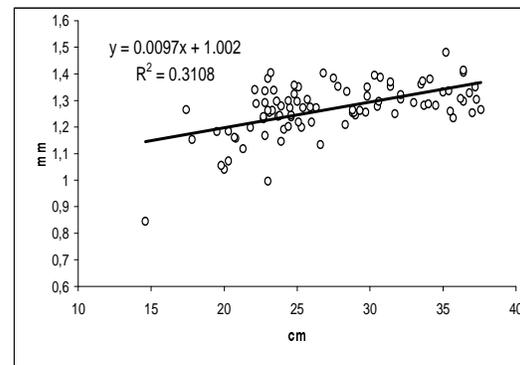


Fig.8.20 – Regressione fra il diametro medio delle uova e la lunghezza totale.

Lunghezza totale (cm)						
mese	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
marzo	34	30,29	19,80	37,60	30,65	5,51
aprile	308	30,28	0,00	37,30	31,15	5,33
maggio	22	30,83	23,30	37,00	31,40	4,14
giugno	3	33,17	31,20	35,40	32,90	2,11
Peso (g)						
	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
marzo	34	313,15	0,00	922,60	231,25	341,37
aprile	308	396,41	0,00	971,00	449,00	305,23
maggio	22	492,55	224,00	795,00	485,50	188,02
giugno	3	669,33	521,00	774,00	713,00	132,03
Età (anni)						
	N° valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
marzo	34	3,95	1,83	5,83	3,83	1,09
aprile	307	3,98	0,92	5,92	3,92	0,96
maggio	22	3,95	3,00	5,00	4,00	0,79
giugno	3	4,41	4,08	5,08	4,08	0,58

Tabella 8.16 – Statistica descrittiva della lunghezza totale, del peso e dell'età delle femmine in riproduzione disaggregata per mese di campionamento.

Dall'analisi dei dati è possibile verificare una tendenza all'aumento dei valori medi con l'avanzare della stagione riproduttiva, che è più marcata soprattutto nell'andamento del peso medio (Fig.8.22), ma che in una certa misura minore è presente anche per la lunghezza totale (Fig.8.21) e per l'età (Fig.8.23). Il confronto fra i valori mensili effettuato mediante analisi della varianza non ha, tuttavia, evidenziato l'esistenza di differenze statisticamente significative per i parametri analizzati (LT: $F=0,36$; $P=0,780$; Peso: $F=2,42$; $P=0,066$; Età: $F=0,22$; $P=0,883$); ciò induce ad escludere che femmine di taglia diversa tendano a riprodursi in momenti differenti.

8.8 Contributo riproduttivo

Il contributo riproduttivo di ciascuna classe di età è stato determinato sulla base dei dati derivanti dall'analisi della struttura di popolazione e della biologia riproduttiva. In tal modo si è

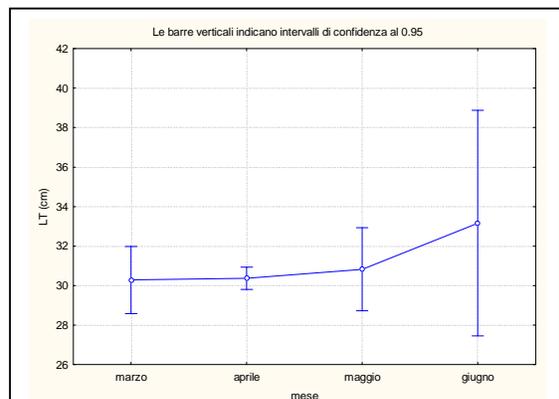


Fig.8.21 – Andamento mensile dei valori medi della lunghezza totale nelle femmine in riproduzione.

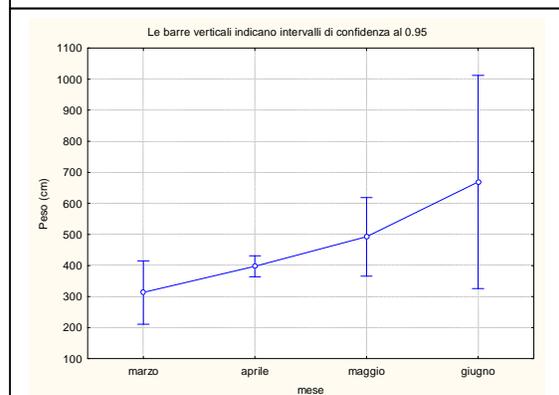


Fig.8.22 – Andamento mensile dei valori medi del peso nelle femmine in riproduzione.

cercato di stimare il numero assoluto di uova prodotte ogni anno dal campione esaminato e quindi calcolare il contributo relativo di ciascuna classe di età rispetto alle uova complessivamente prodotte dalla popolazione di carassio dorato presente nel lago Trasimeno. I risultati dell'analisi, riportati nella tabella 8.17 e nella figura 8.24, mostrano come il numero di uova prodotte annualmente dal campione esaminato sia pari a 117 milioni. Il contributo a tale valore della classe 1+ è praticamente irrilevante (0,42%), infatti, pur essendo le femmine di un anno di età molto abbondanti, la loro fertilità è molto bassa (1002 uova per femmina) e un numero molto esiguo raggiunge la maturità sessuale (7,55%). A partire dal secondo inverno (classe 2+), comunque, viene generata già una percentuale considerevole di uova, pari al 17,97% del totale, anche se le femmine che annualmente danno il maggiore contributo alla riproduzione della popolazione appartengono alle classi 4+ e 5+, con valori che rispettivamente risultano pari al 26,24% e al 28,60% del totale. Le classi di età più giovani risultano, rispetto a queste, penalizzate soprattutto a causa della loro minore fertilità, mentre al contrario le femmine più vecchie sono condizionate negativamente dalla loro ridotta abbondanza nella popolazione.

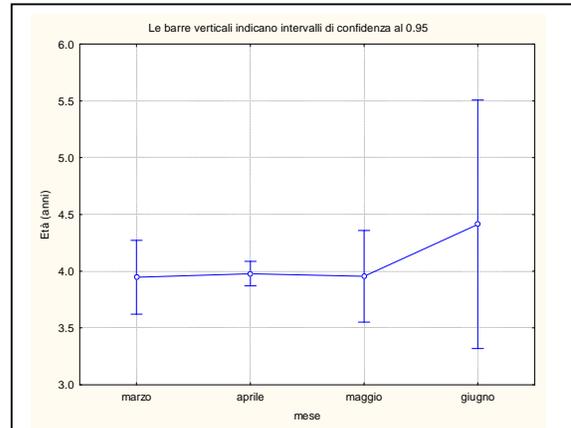


Fig.8.23 – Andamento mensile dei valori medi dell'età nelle femmine in riproduzione.

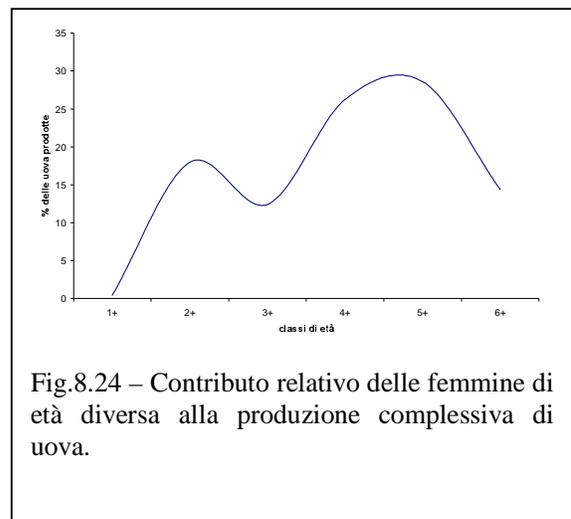


Fig.8.24 – Contributo relativo delle femmine di età diversa alla produzione complessiva di uova.

Classe di età	N° femmine totali	% femmine in riproduzione	N° femmine in riproduzione	N° uova medio	N° uova prodotte	Contributo %
1+	6.551	7,55	495	1.002,2	495.696,3	0,423772
2+	1.861	85,2	1.586	13.256,68	21.026.127	17,97528
3+	529	100	529	27.439,8	14.515.652	12,40946
4+	483	100	483	63.560,54	30.699.739	26,24527
5+	393	100	393	85.127,59	33.455.144	28,60087
6+	116	100	116	144.656,1	16.780.113	14,34535
totale	9.933		3.602	335.043	117 10⁶	100,00

Tabella 8.17 – Parametri per il calcolo del contributo relativo alla produzione di uova.

BIOLOGIA E ACCRESCIMENTO DEL CARASSIO DORATO: CONCLUSIONI

Il campione dei carassi esaminati è composto da 3111 individui e risulta molto numeroso e ben distribuito: infatti l'età degli esemplari analizzati è compresa in un intervallo che oscilla tra 0,17 e 7,92 anni. Poco rappresentata è la classe degli 0+, molto probabilmente a causa della selettività degli attrezzi di cattura, e poco abbondanti sono anche i carassi aventi più di sei inverni (6+ ed 8+), ma ciò è conforme alla longevità della specie (Bruno, 1987; Muus e Dahlstrom, 1967).

La relazione tra la lunghezza totale e la lunghezza standard del campione complessivo è descritta dall'equazione: $LT=0,0822+1,2155LS$; l'analisi della covarianza non ha evidenziato l'esistenza di differenze significative nelle relazioni calcolate nei due sessi. Tale relazione calcolata per la popolazione del lago Trasimeno è molto simile a quelle indicate in letteratura (pari a $LT=1,22LS$ e $LT=1,25LS$) (Froese e Pauly, 1998).

Per il campione complessivo la relazione fra la lunghezza totale ed il peso è descritta dall'equazione: $PT=0,0147LT^{3,062}$; l'analisi della covarianza non ha evidenziato la presenza di differenze significative nei due sessi. I valori dei coefficienti di regressione ($b=3,05$ nelle femmine, $b=3,10$ nei maschi) evidenziano come la specie sia caratterizzata nel lago Trasimeno da un accrescimento di tipo allometrico, con individui che a parità di lunghezza raggiungono pesi più elevati rispetto ad altre popolazioni indagate: per una popolazione di carassio dorato dello Iowa (USA) b è infatti uguale a 2,73, mentre è pari a 2,90 per una popolazione dell'Alabama (USA) e pari a 2,975 per una popolazione della Cina (Froese e Pauly, 1998).

Da quanto si evince dalla letteratura è nota l'esistenza per il carassio dorato di dimorfismo sessuale nell'accrescimento, con le femmine che possono raggiungere taglie più elevate rispetto ai maschi (Kuznetsov, 2004). Tale dato appare pienamente confermato dall'analisi dell'accrescimento teorico della popolazione del lago Trasimeno, sia per quanto riguarda l'accrescimento in lunghezza che quello in peso. La massima lunghezza teorica (L_{∞}) è infatti pari a 61,98 cm nelle femmine e a 101,14 cm nei maschi; ciò testimonia come i maschi possano raggiungere taglie massime più elevate rispetto alle femmine. I primi, tuttavia, crescono molto più lentamente delle seconde, come testimoniato dai valori del tasso di accrescimento (k) (Von Bertalanffy, 1938) che sono pari a $0,057 a^{-1}$ nei maschi e $0,156 a^{-1}$ nelle femmine. A parità di età le femmine risultano, quindi, più lunghe dei maschi: le prime infatti raggiungono la dimensione di 20 cm a 2-3 anni di vita, mentre i secondi lo fanno circa un anno più tardi. Dal confronto fra i sessi dei valori di ϕ , parametro che connette i parametri L_{∞} e k e permette di giudicare complessivamente la qualità di un accrescimento, si deduce che l'accrescimento delle femmine ($\phi=2,778$) è leggermente migliore di quello riferito ai maschi ($\phi=2,770$). Alle medesime conclusioni si giunge analizzando l'accrescimento teorico in peso: i

maschi crescono più lentamente delle femmine anche dal punto di vista ponderale. Nel fiume Amur, in Russia, L_{∞} risulta pari a 28,9 cm (senza distinzione di sesso), valore molto inferiore a quello calcolato nella popolazione del lago Trasimeno; per la popolazione russa l'accrescimento risulta più rapido ($k=0,28 \text{ a}^{-1}$), ma qualitativamente peggiore ($\phi=2,38$) di quello del lago Trasimeno (Froese e Pauly, 1998). Kuznetsov (2004) riporta i dati relativi a numerose popolazioni europee ed asiatiche di carassio dorato rispetto alle quali l'accrescimento registrato nel lago Trasimeno risulta generalmente più rapido.

Nel lago Trasimeno le differenze nell'accrescimento nei due sessi sono confermate dall'analisi dell'accrescimento invernale, rispetto al quale si evidenzia come a tutte le età le taglie siano sempre maggiori nelle femmine rispetto ai maschi: le differenze fra i due sessi sono poco pronunciate nelle classi più giovani, ma divengono più evidenti a partire dalla classe 2+. L'analisi della varianza ha rilevato, inoltre, che le differenze fra i due sessi sono altamente significative sia per la lunghezza, che per il peso.

L'accrescimento stagionale evidenzia come il massimo incremento in lunghezza ed in peso si realizzi soprattutto nel periodo tra la primavera e l'estate, anche se la crescita avviene in modo continuo senza subire interruzioni neanche nel periodo invernale. L'aumento di taglia avviene lentamente nei primi mesi dell'anno, fino a maggio-giugno quando la specie si riproduce; successivamente la crescita è più rapida fino ad agosto, per poi subire un nuovo rallentamento fino a dicembre.

L'analisi della struttura di popolazione ha permesso di stimarne la mortalità: dal confronto tra i due sessi emerge che le femmine hanno un tasso annuo di mortalità molto elevato ($A=71,6\%$) e maggiore rispetto ai maschi ($A=55,1\%$). In alcuni stagni finlandesi, popolati quasi esclusivamente da carassi, si è calcolata una mortalità naturale pari all'86% in due anni (Piironen e Holopainen, 1988). In condizioni sperimentali è stato anche osservato che la presenza di predatori (lucio e persico reale) influenza profondamente la mortalità nel carassio comune: negli stagni dove erano presenti i predatori risultava quasi doppia (55%) rispetto a quelli dove erano assenti (24%) (Holopainen *et al.*, 1991). La predazione è una delle maggiori cause di mortalità per molte popolazioni ittiche ed il carassio appare particolarmente sensibile a tale interazione (Bronmark *et al.*, 1995). Gli effetti diretti della predazione possono includere la riduzione della densità e, se la predazione è taglia-dipendente, anche l'alterazione della struttura di popolazione (Holopainen *et al.*, 1991; Tonn *et al.*, 1991). Molti predatori sono fortemente selettivi in funzione della taglia e la vulnerabilità dei carassi alla predazione da parte dei persici reali diminuisce sensibilmente al di sopra della taglia di 8 cm; molto probabilmente i persici reali non riescono a mangiare i carassi oltre una certa dimensione, in quanto limitati dalla morfologia degli stessi, sia nella cattura che

nell'ingestione (Holopainen *et al.*, 1991; Tonn *et al.*, 1991). In presenza di un accrescimento molto rapido, quale quello che caratterizza la popolazione di carassio dorato del lago Trasimeno, la possibilità dei predatori di incidere sulla densità complessiva della popolazione viene quindi fortemente limitata.

La condizione che caratterizza la popolazione di carassio dorato del lago Trasimeno appare molto buona: il valore medio del fattore di condizione di Fulton (K) è infatti elevato e pari a 3,25; ciò è probabilmente dovuto alle caratteristiche morfologiche della specie che tende ad essere abbastanza tozza e poco longilinea. Analizzando la condizione del carassio dorato nelle diverse stagioni di campionamento si evidenzia come l'autunno rappresenti la stagione più favorevole, mentre in primavera la popolazione presenta la condizione peggiore. Durante la stagione estiva la maggiore disponibilità di cibo e le condizioni climatiche favorevoli permettono un rapido accrescimento e l'accumulo delle riserve di grasso: si giustifica così l'alto valore di K durante la stagione autunnale. In inverno le condizioni climatiche avverse, la mancanza di cibo e soprattutto il metabolismo rallentato riducono la crescita del carassio dorato, giustificando in tal modo il basso valore di K in primavera. In quest'ultima stagione, inoltre, la condizione appare condizionata anche dalla riproduzione e dalla conseguente riduzione del peso degli esemplari dovuta allo svuotamento delle gonadi. Analizzando le variazioni del fattore di condizione nelle diverse classi di età si osserva che gli esemplari nati nell'anno (0+) si caratterizzano per i valori più elevati, tuttavia per tale classe si registra anche la più ampia variabilità dei dati. Ciò è probabilmente dovuto alle caratteristiche riproduttive della specie che depone le uova in più riprese ed in un arco temporale molto esteso: per gli stadi giovanili nascere in modo precoce o tardivo ne condiziona fortemente l'accrescimento e quindi anche lo stato di nutrizione. Nella popolazione del lago Trasimeno la peggiore condizione caratterizza gli esemplari di un inverno (1+), mentre le classi di età centrali (2+, 3+, 4+) presentano valori medi di K che sono abbastanza uniformi e sempre elevati; nelle classi di età più vecchie (5+ e successive) lo stato di nutrizione peggiora progressivamente. Tale andamento rappresenta, ancora una volta, una conseguenza delle caratteristiche riproduttive della specie, che dimostra di possedere un potenziale riproduttivo molto elevato, e testimonia la possibilità dell'esistenza di una forte competizione intraspecifica fra gli esemplari delle classi di età più giovani. Appare probabile che l'elevato potenziale biotico della specie causi una produzione di nuovi nati talmente abbondante da comprometterne le possibilità di accrescimento, impedendo nelle classi di età più giovani il raggiungimento di una condizione soddisfacente. La presenza di intensi fenomeni competitivi intraspecifici è pienamente confermata, oltre che dall'andamento del fattore di condizione, anche dalle maggiori difficoltà nell'accrescimento registrate nella classe di età 1+ e dal fenomeno di Lee inverso che caratterizza le classi di età 0+ ed 1+. Per le classi di età più giovani le analisi indicano

l'esistenza di fenomeni di mortalità densità dipendenti, che penalizzano gli esemplari di più ridotte dimensioni e che agiscono soprattutto durante il periodo invernale. L'inverno è infatti un periodo particolarmente critico per molte specie ittiche, nelle quali, a causa delle basse temperature e della riduzione delle disponibilità di cibo, si può assistere ad un incremento della mortalità che si realizza in modo particolare negli esemplari più piccoli e malnutriti per l'esistenza di competizione intra e interspecifica (Buijse e Houthuijzen, 1992; Ludsin e DeVries, 1997; Lorenzoni *et al.*, 2002). Anche la presenza di predatori selettivi in funzione della taglia può concorrere a tale fenomeno (Piironen e Holopainen, 1988; Bronmark *et al.*, 1995): è stato dimostrato che la predazione operata dai persici reali altera la struttura di popolazione e la distribuzione di frequenza delle lunghezze in popolazioni sperimentali di carassio comune (Holopainen *et al.*, 1991; Tonn *et al.*, 1991). La preda può, tuttavia, rispondere etologicamente alla presenza dei predatori con cambiamenti nell'uso dell'habitat, nell'attività temporale di foraggiamento e nella composizione della dieta stessa, ma spesso ciò comporta comunque un'alterazione nei tassi di accrescimento e riproduzione (Bronmark *et al.*, 1995).

In entrambi i sessi la condizione migliore viene raggiunta in autunno, mentre è in primavera ed in inverno che le femmine e i maschi presentano rispettivamente i loro valori minimi di K. Il fattore di condizione somatico (K_s) viene calcolato non tenendo conto, nel valore del peso totale, del contributo delle gonadi; questo parametro risulta particolarmente utile per conoscere l'effettivo stato di benessere della popolazione indipendentemente dal suo ciclo riproduttivo. Ciò chiarisce i motivi delle differenze emerse fra i sessi nell'andamento stagionale del fattore di condizione, appena discusso. Mentre il valore medio di K nelle femmine è più elevato rispetto ai maschi, il contrario avviene per K_s : sono i maschi a presentare la migliore condizione somatica rispetto alle femmine. Tale fatto evidenzia come il contributo delle gonadi sia fondamentale nel determinare l'andamento di K nelle femmine, dato il maggiore investimento riproduttivo negli ovari rispetto ai testicoli. Analizzando l'andamento della condizione somatica nelle stagioni di campionamento si nota che nei maschi il valore di K_s cresce rapidamente dall'inverno all'estate, mentre in autunno continua ad aumentare ma con velocità ridotta. Nelle femmine, invece, in primavera il K_s peggiora nettamente rispetto all'inverno, con valori medi decisamente inferiori a quelli che caratterizzano i maschi nella stessa stagione; in estate, tuttavia, nelle femmine si assiste ad un netto recupero della condizione, che successivamente migliora anche in autunno. E' possibile evidenziare, dall'analisi di tale andamento, ancora una volta l'elevato dispendio energetico che l'investimento riproduttivo comporta soprattutto per il sesso femminile. Si è rivelato particolarmente utile confrontare i valori di K e K_s nei vari mesi dell'anno nel campione di sesso femminile; da tale confronto si osserva che il valore di K_s risulta sempre minore di K, indicando che l'investimento riproduttivo in questa

specie è comunque importante in ogni mese dell'anno; le differenze tra i due parametri, tuttavia, sono maggiori soprattutto nei mesi di marzo, aprile, maggio, ovvero durante il periodo riproduttivo della specie.

Per quanto riguarda il rapporto fra i sessi il numero delle femmine nel campione indagato è molto maggiore rispetto al numero dei maschi: le prime risultano essere il 97,4% del campione complessivo, mentre i secondi costituiscono solo per il 2,6% del totale. Il rapporto fra i sessi risulta notevolmente squilibrato soprattutto se disaggregato per età: nelle classi più giovani la sex ratio è nettamente a favore delle femmine (nati nel 2003=17:1; nati nel 2002=5:1), tende in un primo momento a divenire ancora più squilibrata con l'invecchiamento degli esemplari, ma successivamente con l'ulteriore progredire dell'età il rapporto si avvicina di più all'equilibrio. Questa situazione si accorda con quanto osservato in letteratura: in molte popolazioni europee sono state osservate analoghe deviazioni nel rapporto tra i sessi, mentre in Asia, luogo di origine della specie, tale rapporto non si discosta di molto da 1:1 (Muus e Dahlstrom, 1967; Abramenko *et al.*, 1997; Kuznetsov, 2004). In Europa molte popolazioni, infatti, sono costituite esclusivamente da soggetti di sesso femminile, che si riproducono per ginogenesi grazie all'attivazione della divisione mitotica dell'uovo ad opera di spermatozoi di specie eterologhe (Muus e Dahlstrom, 1967; Sani *et al.*, 1999); nel lago Trasimeno è probabile la presenza sia di femmine ginogenetiche che gonocoriche. Nell'andamento, in funzione dell'età, del rapporto fra i sessi è forse possibile vedere il risultato dell'azione di due tendenze opposte che agiscono sulla popolazione. Il rapporto parte, già nei nati nell'anno, fortemente squilibrato, probabilmente come conseguenza delle particolari modalità riproduttive che caratterizzano la popolazione del Lago Trasimeno: le femmine ginogenetiche rappresentano sicuramente la maggioranza e dalle loro uova nascono individui esclusivamente di sesso femminile, mentre soltanto dalle uova gonocoriche fecondate dai maschi di carassio è possibile aspettarsi un rapporto fra i sessi di 1:1. In molte popolazioni bisessuali di carassio composte sia da femmine ginogenetiche che gonocoriche, la percentuale dei maschi nelle classi giovanili è di circa il 20% (Abramenko *et al.*, 1997; Xie *et al.*, 2001), un valore molto simile a quello da noi registrato. Nel lago Trasimeno i maschi subiscono, tuttavia, l'effetto di una mortalità maggiore rispetto alle femmine nei primi anni del loro sviluppo, probabilmente per la presenza della competizione intraspecifica e/o per effetto della predazione, che penalizza gli esemplari di più ridotte dimensioni (Piironen e Holopainen, 1988; Holopainen *et al.*, 1991; Tonn *et al.*, 1991; Bronmark *et al.*, 1995). Questo rende il rapporto sempre più squilibrato a favore delle femmine fino alle classi di età centrali, quando gli esemplari raggiungono una taglia più elevata e i fattori di mortalità che insistono sulla popolazione divengono di tipo completamente diverso. Negli esemplari più vecchi la mortalità, infatti, penalizza soprattutto le femmine, a causa degli elevati costi che

comporta in questo sesso l'investimento riproduttivo; ciò tende a rendere più equilibrato il rapporto fra i sessi nelle classi di età più anziane.

Cuellar (1977) nota che le popolazioni partenogenetiche di origine ibrida sono di regola avvantaggiate nelle comunità naturali non soggette a forti cambiamenti ambientali, in quanto il rapporto fra i sessi e la capacità di riprodursi in assenza dei maschi garantisce aumenti più rapidi delle abbondanze rispetto alle popolazioni bisessuali. In condizioni ambientali stabili un vantaggio per le forme partenogenetiche di origine ibrida è anche spiegato dal maggiore tasso di eterozigosi, che garantisce loro una notevole plasticità ecologica. Tuttavia nel caso di situazioni caratterizzate da una notevole instabilità ambientale la densità delle popolazioni ginogenetiche può crollare drasticamente in quanto l'assenza della ricombinazione genetica le rende competitivamente inferiori alle popolazioni bisessuali: la ricombinazione dei genomi delle specie parentali è, infatti, impossibile nelle popolazioni ginogenetiche e quindi è inibita anche la possibilità della comparsa di nuove combinazioni geniche che rendano gli individui più adatti alle mutate condizioni ambientali (Abramenko *et al.*, 1997). Sebbene l'origine ibrida delle forme ginogenetiche del carassio dorato non sia provata (Muratami *et al.*, 2001), i cambiamenti nelle proporzioni delle forme ginogenetiche e bisessuali sotto l'influenza dei cambiamenti ambientali sono simili a quelli noti per altri organismi di origine ibrida: quando le due forme coesistono in condizioni ambientali stabili la forma ginogenetica prevale, mentre il contrario avviene in condizioni instabili (Abramenko *et al.*, 1997; Kuznetsov, 2004). In condizioni ambientali stabili le forme unisessuali sono avvantaggiate anche perché le femmine ginogenetiche sono caratterizzate da un accrescimento molto più rapido rispetto alle popolazioni bisessuali (Abramenko *et al.*, 1997). Molti cambiamenti ambientali indotti dalle attività dell'uomo, rendendo più instabili gli ecosistemi acquatici, stanno favorendo l'incremento delle forme bisessuali e la loro diffusione anche in località dove erano precedentemente assenti (Abramenko *et al.*, 1997; Kuznetsov, 2004).

L'analisi della biologia riproduttiva della popolazione di carassio del lago Trasimeno ha permesso di appurare che la maturità sessuale, nelle femmine, viene raggiunta dopo il secondo inverno di vita (classe 2+), quando oltre 85% delle femmine osservate presenta gonadi mature; al primo anno di età, comunque, una piccola percentuale di femmine è già in grado di riprodursi (7,55%), mentre dal terzo inverno in poi tutta la popolazione femminile partecipa alla deposizione delle uova. Nei maschi la situazione è abbastanza simile: la maggior parte di essi inizia a riprodursi a due anni (75% del campione), anche se solo a partire dal terzo inverno in poi si riproduce l'intera popolazione di sesso maschile; a differenza delle femmine, tuttavia, nessun maschio raggiunge la maturità sessuale ad un anno di età. Nel lago Massaciuccoli, in Toscana, l'età di prima riproduzione della specie è stata valutata al primo e secondo anno di vita (Sani *et al.*, 1999).

Il valore medio del GSI è molto maggiore nelle femmine rispetto ai maschi, con differenze tra i due sessi che risultano altamente significative. L'investimento riproduttivo nelle femmine è molto elevato e nel suo picco massimo si avvicina al 50% dell'intera massa corporea. L'analisi dell'indice gonado-somatico e dello stato di maturazione delle gonadi hanno permesso di appurare che il periodo riproduttivo della popolazione si estende in un ampio arco temporale, che va dalla fine di marzo a giugno; è possibile che a luglio si verifichi un secondo evento riproduttivo, meno importante di quello primaverile. Ciò conferma che il carassio dorato non depone tutte le uova simultaneamente, ma la sua riproduzione avviene in più riprese (Muus e Dahlstrom, 1967; Gandolfi *et al.*, 1991). La temperatura dell'acqua alla quale la riproduzione ha avuto inizio è stata di circa 13°C ed è risultata inferiore (20 °C) a quanto riportato da Gandolfi *et al.* (1997), ma conforme a quanto citato da Kuznetsov (2004) per il bacino del Volga (12-14 °C). Osservazioni simili a quelle registrate nel lago Trasimeno sono state effettuate nel lago Massaciuccoli (Sani *et al.*, 1999), in cui il periodo riproduttivo va da maggio a giugno, anche se occasionalmente alcuni individui si riproducono nel mese di marzo. Anche l'andamento del GSI durante i dodici mesi dell'anno della popolazione di Massaciuccoli è molto simile a quello del lago Trasimeno: il valore dell'indice comincia ad aumentare da febbraio in poi, a maggio raggiunge il suo valore massimo, a giugno diminuisce per poi aumentare di nuovo a luglio (secondo evento riproduttivo); il valore minimo del GSI viene registrato in agosto; da questo momento in poi il volume degli ovari comincia a salire progressivamente (Sani *et al.*, 1999).

Nel lago Trasimeno l'investimento riproduttivo non è costante per tutte le taglie, ma nel campione femminile è basso nella classe 1+, per poi aumentare progressivamente nelle età successive; tale incremento è molto rapido fino alla classe 4+, mentre poi tende a stabilizzarsi nelle classi di età più anziane; ciò contrariamente a quanto osservato nel lago Massaciuccoli, dove l'età non influenza la fertilità (Sani *et al.*, 1999). La fecondità assoluta della popolazione del lago Trasimeno fa registrare un valore medio pari a 46.252,88 uova ed oscilla fra un minimo di 286 ed un massimo di 219.104 uova; il dato che viene generalmente riportato in letteratura è compreso tra 160.000 e 380.000 uova (Muus e Dahlstrom, 1967) e ciò concorda abbastanza bene con le nostre osservazioni. Nel lago Massaciuccoli la fecondità assoluta delle femmine di carassio dorato registra un valore medio pari a 23.612 uova (oscilla tra 63.211 e 79.804) nettamente inferiore a quanto riportato nel lago Trasimeno; a Massaciuccoli si ha, invece, conferma del fatto che il numero delle uova è influenzato sia dalla lunghezza che dal peso delle femmine (Sani *et al.*, 1999).

Nel lago Trasimeno l'equazione che mette in relazione la lunghezza totale delle femmine con il numero di uova prodotte è pari a: numero delle uova = $0,0198 * LT^{4,339}$. La fecondità relativa è pari a 103,18 uova/g, ma presenta una variabilità molto elevata, con un intervallo di variazione

compreso tra un minimo di 8,03 ed un massimo di 276,73 uova/g. Tale variabilità appare spiegata dal fatto che nella popolazione del lago Trasimeno, ancora una volta, l'investimento riproduttivo del carassio dorato appare dipendente dalla taglia e dall'età delle femmine: con l'aumentare dell'età aumenta il numero di uova prodotte per grammo di peso delle femmine.

Il diametro medio delle uova esaminate è pari a 1,37 mm; rispetto a quanto riportato in letteratura (1,4-1,7 mm) (Bruno *et al.* 1992) i valori registrati per la popolazione del lago Trasimeno risultano leggermente inferiori; nel lago Massaciuccoli il valore del diametro medio è ancora inferiore di quello analizzato per il lago Trasimeno e pari a 1,17 mm ed è compreso in un intervallo che oscilla tra 1,06 e 1,37 mm. Anche la qualità delle uova nella popolazione del Trasimeno varia in funzione dell'età delle femmine che le depongono: il diametro medio delle uova aumenta progressivamente nelle femmine più vecchie; al contrario nel lago Massaciuccoli il valore del diametro delle uova sembra variare solo leggermente con l'età (Sani *et al.*, 1999).

Le informazioni acquisite nel corso dell'indagine appaiono di fondamentale interesse per comprendere le caratteristiche di una popolazione che si è rivelata in grado di acclimatarsi con successo e di colonizzare in breve tempo l'intero lago Trasimeno. Le caratteristiche che determinano l'alto potere invasivo del carassio dorato risiedono prima di tutto nella sua grande capacità di adattamento e nella possibilità di tollerare anche condizioni ambientali estreme, come sono quelle che attualmente caratterizzano il lago.

Fattore non secondario nel determinare il successo del carassio dorato è la sua rapida capacità di accrescimento, che permette a tale specie di raggiungere taglie tali da sfuggire molto presto alla predazione da parte delle specie ittiofaghe presenti nel lago. La predazione sul carassio dorato, così come per il con specifico carassio comune, è infatti fortemente taglia dipendente (Piironen e Holopainen, 1988; Bronmark *et al.*, 1995) ed insiste prevalentemente sugli esemplari di più piccole dimensioni (Holopainen *et al.*, 1991; Tonn *et al.*, 1991).

Altre proprietà importanti del carassio dorato risiedono in alcuni tratti della sua biologia riproduttiva, quali la capacità di riprodursi anche in assenza di individui di sesso maschile, l'elevato tasso di fecondità, la possibilità di riprodursi più volte nel corso dell'anno e il precoce raggiungimento della maturità sessuale.

In tale contesto le informazioni raccolte sulle caratteristiche di tale specie possono risultare di fondamentale importanza nella formulazione delle ipotesi gestionali utili al contenimento delle sue abbondanze e quindi alla mitigazione degli impatti che il carassio dorato produce sulla comunità ittica del lago Trasimeno. L'esistenza di una mortalità naturale molto intensa causata dalla competizione intraspecifica, che risulta concentrarsi soprattutto sulle classi di età più giovani, consiglia di indirizzare tali azioni di contenimento soprattutto sugli adulti in età riproduttiva. Un

prelievo sulle classi 0+ e 1+, infatti, per risultare efficace ai fini del contenimento della popolazione dovrebbe essere veramente molto intenso, poiché altrimenti sarebbe facilmente vanificato dalla presenza di fenomeni di compensazione densità-dipendenti. Migliori probabilmente appaiono le prospettive qualora il prelievo fosse indirizzato, almeno in un primo momento, sugli esemplari adulti ed in questo contesto le analisi condotte sulla biologia riproduttiva, ed in particolare quelle inerenti il raggiungimento della maturità sessuale ed il contributo riproduttivo, appaiono di particolare utilità.



Campionamento ittico nel lago Trasimeno

Parte 3

Caratterizzazione ambientale e biologia della pesca

9. RISULTATI: CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

Nel corso dei campionamenti sono stati rilevati alcuni parametri utili alla caratterizzazione ambientale dei settori indagati. In ogni stazione sono stati determinati i seguenti parametri: profondità media dell'acqua, profondità di estinzione del disco di Secchi (trasparenza), temperatura dell'acqua, conducibilità elettrica specifica, pH, ossigeno disciolto, percentuale di saturazione dell'ossigeno. Le determinazioni sono state condotte su campioni prelevati, per ogni stazione, nello strato intermedio dell'acqua. L'elaborazione è consistita in una descrizione statistica generale, inoltre i dati sono stati rappresentati in modo da evidenziarne l'andamento mensile. Per verificare l'esistenza di eventuali differenze fra i valori medi delle 6 stazioni di campionamento, i dati sono stati sottoposti ad analisi della varianza (Anova).

La vegetazione presente nei transetti indagati durante il campionamento è stata determinata sulla base di 3 diverse categorie (presenza di vegetazione sommersa, presenza di canneto, assenza di vegetazione), mentre il tipo di fondo è stato individuato sulla base della prevalenza di un substrato di tipo limoso o sabbioso. Per la vegetazione ed il substrato, essendo parametri di tipo discreto, è stata effettuata un'analisi descrittiva del campione complessivo mediante tabelle e istogrammi di frequenza; lo stesso tipo di analisi è stata condotta anche disaggregando il campione per stazione di campionamento.

9.1 Profondità media dell'acqua

La profondità dell'acqua dei transetti indagati (Tab.9.1) è compresa fra un minimo di 0,30 m ed un massimo di 1,60 m, con un valore medio di 0,77 m. La statistica descrittiva del campione disaggregato per mese di campionamento è riportata nella tabella 9.2, mentre la figura 9.1 illustra l'andamento mensile dei

N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
97	0,77	0,75	0,30	1,60	0,28

Tabella 9.1 - Statistica descrittiva del campione complessivo della profondità media dell'acqua.

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	4	0,65	0,58	0,50	0,95	0,20
febbraio	5	1,04	1,13	0,47	1,38	0,35
marzo	12	0,57	0,50	0,35	0,90	0,19
aprile	23	0,67	0,52	0,35	1,60	0,32
maggio	6	0,76	0,80	0,50	0,90	0,14
giugno	6	0,95	0,99	0,52	1,25	0,28
luglio	7	0,83	0,85	0,30	1,50	0,40
agosto	6	0,83	0,82	0,70	1,05	0,13
settembre	10	0,88	0,85	0,65	1,10	0,15
ottobre	6	0,81	0,73	0,70	1,05	0,15
novembre	6	0,87	0,95	0,60	1,10	0,22
dicembre	6	0,82	0,65	0,45	1,40	0,37

Tabella 9.2 - Statistica descrittiva del campione mensile della profondità media dell'acqua.

valori medi: si evidenzia come la profondità media dell'acqua risulti nei primi mesi dell'anno abbastanza variabile, con il valore medio più elevato in assoluto che viene raggiunto a febbraio (1,04 m), mentre il valore medio più basso è stato rilevato nel mese di marzo (0,57 m); da marzo a giugno la profondità presenta valori progressivamente crescenti, mentre tale parametro si mantiene più costante (circa 80 cm) da luglio a dicembre. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi mensili sono risultate statisticamente significative ($F=1,98$; $P=0,040$). Tali risultati sembrano indicare che durante il periodo riproduttivo del carassio dorato le catture potevano essere effettuate in acque più basse rispetto agli altri mesi dell'anno.

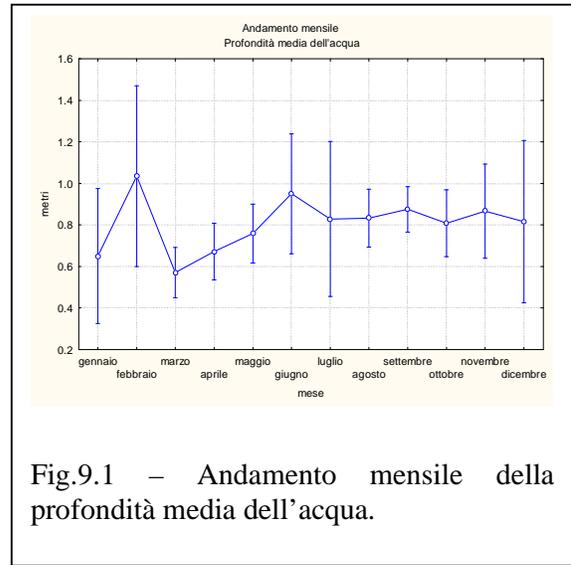


Fig.9.1 – Andamento mensile della profondità media dell'acqua.

Per quanto riguarda il confronto fra le stazioni di campionamento (Tab.9.3 e Fig.9.2) risulta che due

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
La Valle	17	0,71	0,70	0,40	1,10	0,22
Panicarola	16	0,60	0,51	0,30	0,95	0,22
Castiglione	17	0,84	0,85	0,45	1,25	0,22
Polvese	16	0,81	0,90	0,45	1,25	0,28
Passignano	16	0,80	0,70	0,35	1,50	0,37
Tuoro	15	0,87	0,80	0,60	1,60	0,30

Tabella 9.3 - Statistica descrittiva della profondità media dell'acqua disaggregata per stazione di campionamento.

stazioni, La Valle e Panicarola, presentano valori medi di profondità nettamente inferiori alle altre: il valore medio in assoluto più basso, pari a 0,60 m, è infatti specifico della stazione di Panicarola, mentre il valore medio più elevato (0,87 m) è stato rilevato a Tuoro. All'analisi della varianza, tuttavia, le differenze fra le singole stazioni di campionamento non sono risultate statisticamente significative ($F=2,17$; $P=0,065$).

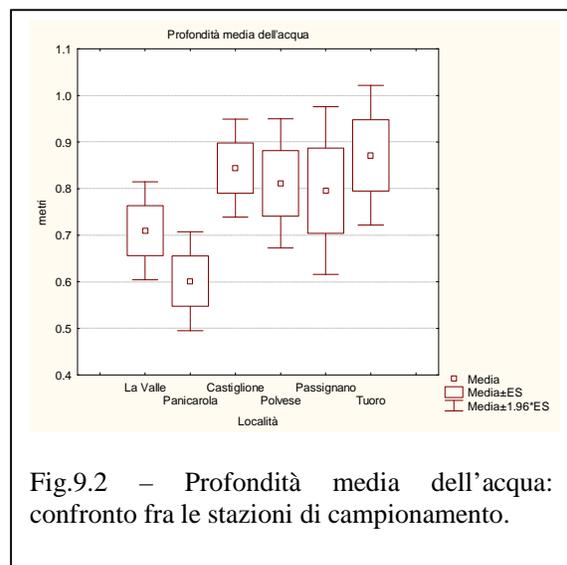


Fig.9.2 – Profondità media dell'acqua: confronto fra le stazioni di campionamento.

9.2 Trasparenza al disco Secchi

La trasparenza (Tab.9.4) è compresa fra un minimo di 10,00 cm ed un massimo di 150,00 cm, con un valore medio di 73,78 cm. La statistica descrittiva del campione disaggregato per mese di campionamento è riportata nella tabella 9.5, mentre la figura 9.3

N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
93	73,78	80,00	10,00	150,00	34,08

Tabella 9.4 - Statistica descrittiva del campione complessivo della trasparenza.

illustra l'andamento mensile dei valori medi. Dai risultati si evidenzia come la trasparenza risulti più elevata nei primi mesi dell'anno, il valore medio più alto in assoluto è raggiunto, infatti, a febbraio (120,60

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione e Standard
gennaio	4	65,75	66,00	30,00	101,00	40,71
febbraio	5	120,60	101,00	101,00	150,00	26,84
marzo	12	87,75	101,00	20,00	101,00	26,17
aprile	23	77,30	80,00	20,00	130,00	31,23
maggio	6	72,83	60,00	27,00	150,00	45,61
giugno	6	84,67	100,50	40,00	101,00	26,14
luglio	7	72,71	101,00	25,00	101,00	35,63
agosto	6	60,17	47,50	25,00	101,00	32,34
settembre	10	60,20	50,00	40,00	101,00	24,41
ottobre	6	63,83	75,50	10,00	101,00	42,79
novembre	3	36,67	30,00	30,00	50,00	11,55
dicembre	5	51,00	40,00	25,00	100,00	30,50

cm), mentre progressivamente diminuisce fino al mese di novembre, quando si registra il valore medio più basso (pari a 36,67 cm). All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi mensili sono risultate altamente significative ($F=2,23$; $P=0,020$).

Per quanto riguarda il confronto fra le stazioni di campionamento (Tab.9.6 e Fig.9.4) risulta che a Panicarola l'acqua è nettamente più torbida rispetto alle altre località, con un valore medio di trasparenza pari a 53,56 cm; la massima profondità media di estinzione del disco Secchi è stata, al contrario, rilevata a Castiglione del Lago,

Stazione di campionamento	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
La Valle	16	89,50	100,00	40,00	101,00	19,61
Panicarola	16	53,56	50,00	20,00	101,00	24,40
Castiglione	16	90,44	101,00	30,00	150,00	35,16
Polvese	16	73,50	87,50	25,00	101,00	29,52
Passignano	16	61,00	53,00	20,00	101,00	30,32
Tuoro	13	74,92	50,00	10,00	150,00	49,31

Tabella 9.6 - Statistica descrittiva della trasparenza disaggregata per stazione di campionamento.

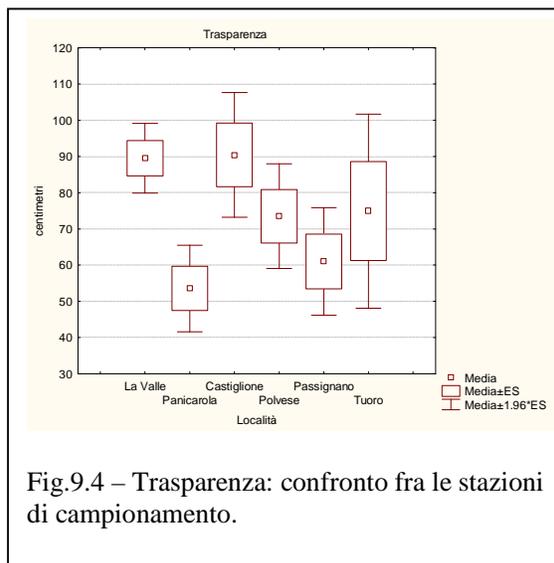


Fig.9.4 – Trasparenza: confronto fra le stazioni di campionamento.

dove è risultata pari a 90,44 cm. All'analisi della varianza le differenze fra le singole stazioni di campionamento sono risultate altamente significative ($F=3,42$; $P=0,007$).

9.3 Temperatura dell'acqua

La temperatura dell'acqua (Tab.9.7) oscilla fra un minimo di 3,40 °C ed un massimo di 29,90 °C, con un valore medio di 16,46

N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
97	16,46	15,30	3,40	29,90	7,68

Tabella 9.7 - Statistica descrittiva del campione complessivo della temperatura dell'acqua.

La statistica descrittiva del campione disaggregato per mese di campionamento è riportata nella tabella 9.8, mentre la figura 9.5 illustra l'andamento mensile dei valori medi: si

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	4	6,10	6,15	5,80	6,30	0,22
febbraio	5	7,76	7,50	7,40	9,00	0,69
marzo	12	10,81	11,75	7,60	15,50	2,67
aprile	23	15,44	17,00	10,00	20,90	4,20
maggio	6	23,97	23,90	22,70	25,00	0,85
giugno	6	27,75	28,65	21,60	29,90	3,11
luglio	7	28,24	28,20	27,50	29,20	0,53
agosto	6	27,25	27,25	26,30	28,30	0,77
settembre	10	19,32	19,30	18,30	20,30	0,81
ottobre	6	14,65	14,60	14,30	15,30	0,38
novembre	6	11,93	12,10	11,20	12,50	0,57
dicembre	6	4,12	3,80	3,40	5,10	0,74

Tabella 9.8 - Statistica descrittiva del campione mensile della temperatura dell'acqua.

evidenzia come chiaramente questo parametro risulti più elevato nella stagione estiva, con luglio che rappresenta il mese in cui l'acqua risulta più calda (28,24 °C), mentre a dicembre si registra il valore medio di temperatura più basso (4,12 °C); da sottolineare che in assoluto è stato osservato un valore massimo di temperatura pari a quasi 30 °C (29,9 °C). All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi mensili sono risultate altamente significative ($F=73,97$; $P=0,000$).

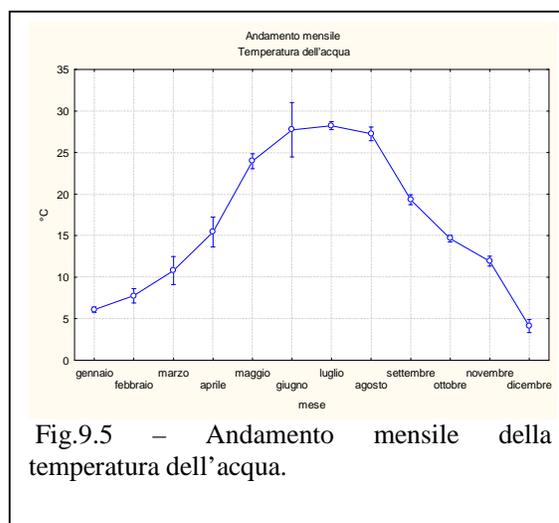


Fig.9.5 - Andamento mensile della temperatura dell'acqua.

Per quanto riguarda il confronto fra le stazioni di campionamento (Tab.9.9 e Fig.9.6)

Stazione di campionamento	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
La Valle	17	16,49	15,30	3,80	29,90	7,97
Panigarola	16	17,66	18,30	3,40	28,30	8,04
Castiglione	17	15,76	14,80	3,60	28,20	7,83
Polvese	16	15,81	13,85	5,10	29,10	8,08
Passignano	16	16,38	16,25	5,00	28,50	7,26
Tuoro	15	16,74	17,80	3,80	29,70	7,95

Tabella 9.9 - Statistica descrittiva della temperatura disaggregata per stazione di campionamento.

risulta che a Panicarola l'acqua risulta leggermente più calda rispetto alle altre località, con un valore medio di temperatura pari a 17,66° C; minori sono le differenze fra le altre stazioni di campionamento, con il valore medio più basso rilevato a Castiglione del Lago, dove è risultato pari a 15,76 °C. All'analisi della varianza le differenze fra le singole stazioni di campionamento non sono risultate statisticamente significative (F=0,13; P=0,986).

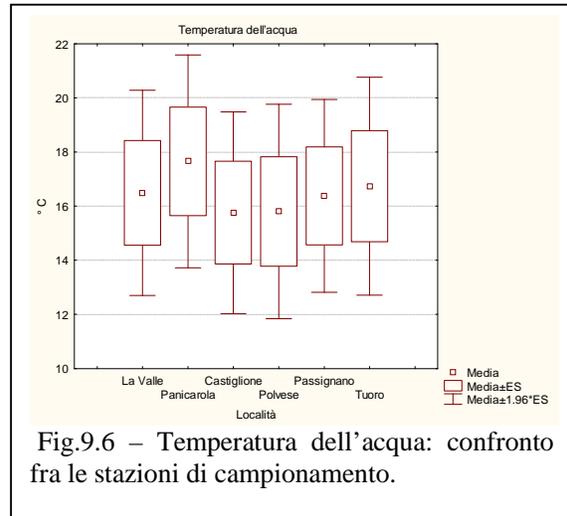


Fig.9.6 – Temperatura dell'acqua: confronto fra le stazioni di campionamento.

9.4 Conducibilità elettrica specifica

La conducibilità (Tab.9.10) è oscillata fra un minimo di 1062 µS/sec ed un massimo di 1970 µS/sec, con un valore medio di 1564 µS/sec: il lago Trasimeno si conferma, quindi, come un ambiente in cui la concentrazione delle specie ioniche risulta

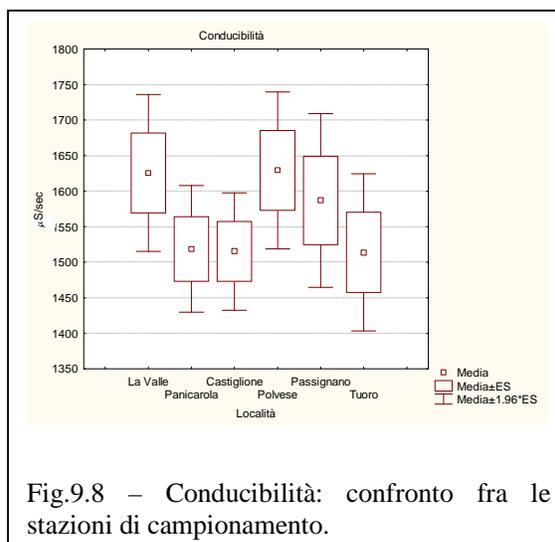
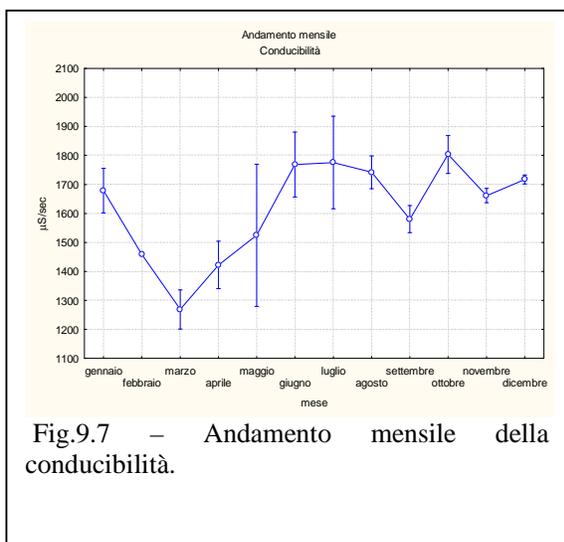
N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
95	1564,65	1632,00	1062,00	1970,00	212,28

Tabella 9.10 - Statistica descrittiva del campione complessivo della conducibilità.

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	4	1679,00	1696,50	1608,00	1715,00	48,27
febbraio	5	1459,40	1461,00	1455,00	1463,00	4,10
marzo	12	1268,92	1292,00	1062,00	1460,00	106,34
aprile	21	1422,33	1321,00	1278,00	1770,00	178,77
maggio	6	1524,67	1513,00	1310,00	1780,00	233,47
giugno	6	1768,33	1770,00	1640,00	1950,00	106,66
luglio	7	1775,57	1653,00	1632,00	1970,00	172,97
agosto	6	1742,00	1744,50	1683,00	1791,00	53,96
settembre	10	1580,40	1560,00	1560,00	1764,00	64,51
ottobre	6	1803,33	1786,00	1764,00	1928,00	62,25
novembre	6	1661,17	1660,00	1635,00	1689,00	23,52
dicembre	6	1717,17	1718,00	1696,00	1735,00	14,88

Tabella 9.11 - Statistica descrittiva del campione mensile della conducibilità.

particolarmente elevata. La statistica descrittiva del campione disaggregato per mese di campionamento è riportata nella tabella 9.11, mentre la figura 9.7 illustra l'andamento mensile dei valori medi: il massimo valore medio di conducibilità si registra ad ottobre, quando è pari a 1803 µS/sec, mentre il valore più basso caratterizza il mese di marzo, con 1268,92 µS/sec. In tale andamento mensile è abbastanza evidente l'influenza della distribuzione stagionale delle precipitazioni, che diluiscono la concentrazione dei sali nell'acqua del lago e quindi tendono a ridurre la conducibilità, e dell'evapotraspirazione, che al contrario esalta tale parametro. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi mensili sono risultate altamente significative (F=16,04; P=0,000).



Per quanto riguarda il confronto fra le stazioni di campionamento (Tab.9.12 e Fig.9.8) risulta abbastanza evidente l'esistenza di due gruppi di località con conducibilità leggermente diversa: La Valle (1625,59 µS/sec), l'isola Polvese (1629,27 µS/sec) e Passignano (1586,00 µS/sec) si caratterizzano per raggiungere i valori medi più elevati, mentre Panicarola (1518,00 µS/sec), Castiglione del Lago (1515,24 µS/sec) e Tuoro (1513,87 µS/sec) presentano i valori più bassi di conducibilità. All'analisi della varianza le differenze fra le singole stazioni di campionamento non sono risultate, tuttavia, statisticamente significative (F=1,10; P=0,665).

Stazione di campionamento	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
La Valle	17	1625,59	1638,00	1305,00	1970,00	231,89
Panicarola	16	1518,69	1584,00	1278,00	1792,00	181,83
Castiglione	17	1515,24	1560,00	1295,00	1764,00	173,72
Polvese	15	1629,27	1701,00	1280,00	1970,00	217,87
Passignano	15	1586,80	1689,00	1070,00	1940,00	241,35
Tuoro	15	1513,87	1560,00	1062,00	1791,00	218,67

Tabella 9.12 - Statistica descrittiva della conducibilità disaggregata per stazione di campionamento

9.5 pH

Il pH (Tab.9.13) varia fra un minimo di 7,90 ed un massimo di 9,95, con un valore medio di 8,58: il lago Trasimeno si conferma, quindi,

N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
92	8,58	8,50	7,90	9,95	0,33

Tabella 9.13 - Statistica descrittiva del campione complessivo del pH.

come un ambiente in cui tale parametro risulta in serie alcalina con valori che talvolta possono essere particolarmente elevati (Gianotti *et al.*, 1982; Moretti, 1982).

La statistica descrittiva del campione disaggregato per mese di campionamento è riportata nella tabella 9.14, mentre la figura 9.9 illustra l'andamento mensile dei valori medi: è abbastanza

evidente la presenza di un forte andamento stagionale, per cui tale parametro raggiunge i valori più elevati nel periodo estivo; il massimo valore medio di pH è stato,

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	4	8,59	8,55	8,49	8,78	0,13
febbraio	5	8,47	8,40	8,35	8,63	0,15
marzo	12	8,36	8,36	8,16	8,55	0,11
aprile	23	8,48	8,44	7,90	8,90	0,21
maggio	5	8,40	8,40	8,36	8,45	0,03
giugno	6	8,87	8,90	8,60	9,12	0,19
luglio	7	8,94	8,74	8,27	9,95	0,65
agosto	6	8,92	8,72	8,35	9,80	0,58
settembre	6	8,48	8,55	8,10	8,58	0,19
ottobre	6	8,54	8,48	8,15	9,20	0,38
novembre	6	8,53	8,49	8,34	8,78	0,15
dicembre	6	8,71	8,68	8,52	9,08	0,20

Tabella 9.14 - Statistica descrittiva del campione mensile del pH.

infatti, registrato a luglio (8,94 unità di pH), mentre il valore più basso caratterizza il mese di marzo (8,36 unità di pH).

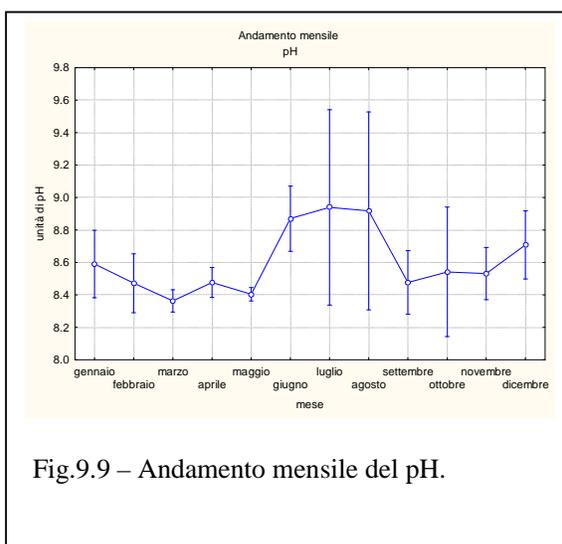


Fig.9.9 – Andamento mensile del pH.

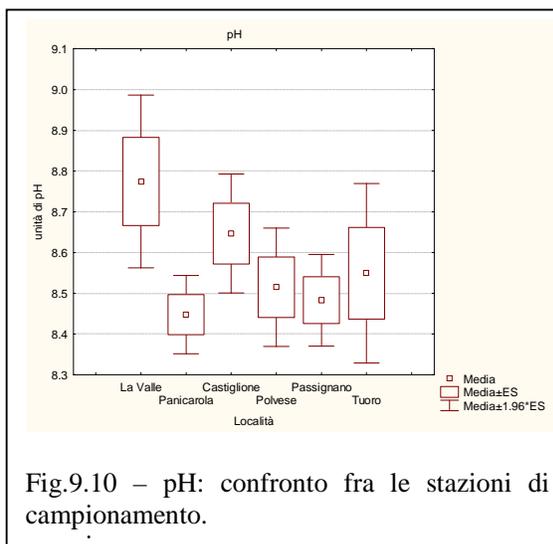


Fig.9.10 – pH: confronto fra le stazioni di campionamento.

Stazione di campionamento	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
La Valle	17	8,77	8,63	8,36	9,95	0,45
Panicarola	16	8,45	8,36	8,16	8,78	0,20
Castiglione	17	8,65	8,58	8,35	9,62	0,31
Polvese	15	8,51	8,49	8,10	9,12	0,29
Passignano	14	8,48	8,48	7,90	8,90	0,21
Tuoro	13	8,55	8,42	8,15	9,80	0,41

Tabella 9.15 - Statistica descrittiva del pH disaggregata per stazione di campionamento..

In generale, tale parametro appare nel lago Trasimeno fortemente correlato alla produttività primaria e quindi alla presenza dei vegetali (Moretti, 1982; Mearelli *et al.*, 1994): un'attività fotosintetica particolarmente elevata sottrae acido carbonico all'acqua ed il pH, quindi, tende di conseguenza ad aumentare. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi mensili sono risultate altamente significative ($F=3,49$; $P=0,001$).

Per quanto riguarda il confronto fra le stazioni di campionamento (Tab.9.15 e Fig.9.10) emergono differenze abbastanza evidenti: il valore medio meno elevato è stato registrato a Panicarola (8,45), mentre La Valle si caratterizza per il pH più alto (8,77). All'analisi della varianza le differenze fra le singole stazioni di campionamento non sono risultate, tuttavia, statisticamente significative ($F=2,30$; $P=0,052$).

9.6 Ossigeno disciolto

La concentrazione di ossigeno disciolto in acqua (Tab.9.16) appare fortemente variabile, infatti, è oscillata fra un minimo di 2,30 mg/l

N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
95	7,50	7,32	2,30	12,22	1,75

Tabella 9.16 - Statistica descrittiva del campione complessivo dell'ossigeno disciolto.

ed un massimo di 12,22 mg/l, con un valore medio di 7,50 mg/l. La statistica descrittiva del campione

disaggregato per mese

di campionamento è

riportata nella tabella

9.17, mentre la figura

9.11 illustra

l'andamento mensile

dei valori medi: si

evidenzia come la

concentrazione di

ossigeno si mantenga

abbastanza elevata fino a luglio, per poi presentare una brusca diminuzione nel mese di agosto,

quando viene registrato il valore medio più basso (4,95 mg/l); nei mesi successivi l'ossigeno

disciolto riprende progressivamente ad aumentare. All'analisi della varianza le differenze fra i

valori medi mensili sono risultate altamente significative ($F=4,38$; $P=0,000$).

Per quanto

riguarda il

confronto fra le

stazioni di campio-

namento (Tab.9.18

e Fig.9.12) risulta

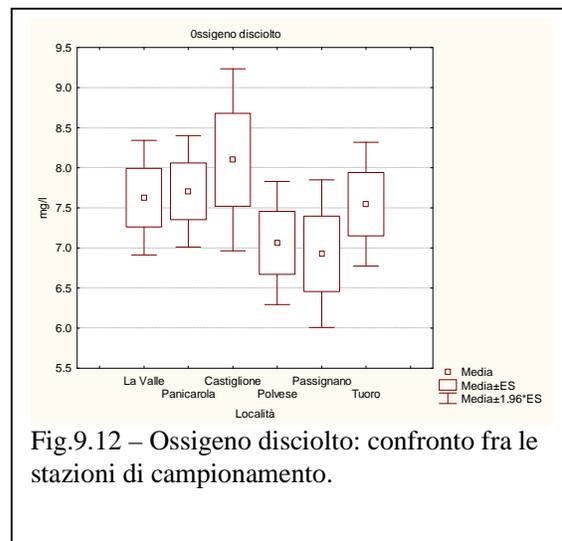
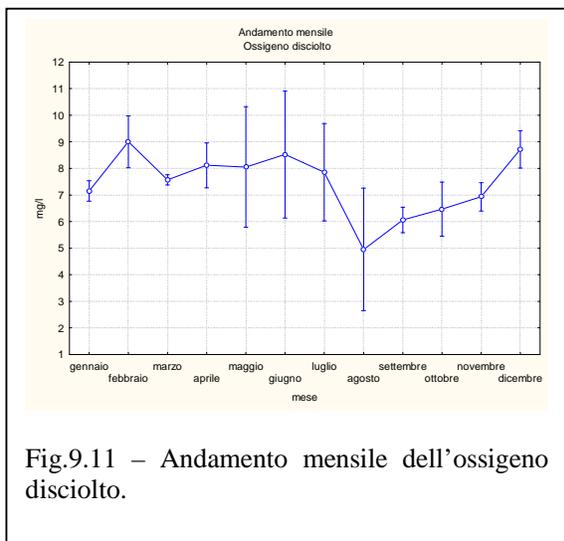
che a Castiglione

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	4	7,15	7,15	6,90	7,40	0,24
febbraio	5	9,00	8,70	8,00	9,80	0,78
marzo	12	7,57	7,55	7,10	8,11	0,30
aprile	21	8,12	7,70	2,90	12,22	1,86
maggio	6	8,05	8,22	5,40	10,70	2,16
giugno	6	8,53	8,55	5,90	11,00	2,28
luglio	7	7,86	8,50	4,30	9,62	1,98
agosto	6	4,95	5,00	2,30	8,22	2,19
settembre	10	6,06	6,00	5,12	7,10	0,67
ottobre	6	6,47	6,90	4,80	7,30	0,97
novembre	6	6,93	6,95	6,10	7,50	0,51
dicembre	6	8,72	8,45	8,20	9,90	0,67

Tabella 9.17 - Statistica descrittiva del campione mensile dell'ossigeno disciolto.

Stazione di campionamento	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
La Valle	15	7,63	7,50	5,12	9,90	1,41
Panicarola	16	7,71	7,35	5,40	10,36	1,42
Castiglione	17	8,10	7,62	2,30	12,22	2,39
Polvese	16	7,06	7,34	2,90	10,20	1,57
Passignano	16	6,93	7,10	2,90	11,00	1,88
Tuoro	15	7,54	7,20	4,80	9,95	1,53

Tabella 9.18 - Statistica descrittiva dell'ossigeno disciolto disaggregata per stazione di campionamento.



del Lago, con un valore medio di 8,10 mg/l, viene registrata la concentrazione più elevata, mentre il valore medio più basso è stato rilevato a Passignano, dove è risultato pari a 6,93 mg/l. All'analisi della varianza le differenze fra le singole stazioni di campionamento non sono risultate statisticamente significative ($F=1,00$; $P=0,419$).

9.6 Ossigeno percentuale del valore di saturazione

La percentuale dell'ossigeno disciolto in acqua rispetto al valore di saturazione (Tab.9.19) appare anch'essa fortemente variabile; infatti,

N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
95	78,34	71,00	13,00	150,00	23,67

Tabella 9.19 - Statistica descrittiva del campione complessivo dell'ossigeno percentuale.

tale parametro è oscillato fra un minimo del 13,00% ed un massimo del 150,00%. In media le acque del lago Trasimeno risultano sottosature, infatti, il valore medio osservato è pari al 78,34%. La statistica descrittiva del campione disaggregato per mese di campionamento è riportata nella tabella 9.20, mentre la figura 9.13 illustra l'andamento mensile dei valori medi: si evidenzia come la

percentuale di ossigeno presenti un andamento abbastanza sovrapponibile a quello del pH, sottolineando l'importanza dei fenomeni fotosintetici nel condizionare la presenza di tale gas nell'acqua.

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	4	60,25	60,00	59,00	62,00	1,50
febbraio	5	79,08	75,20	74,00	85,50	5,88
marzo	12	70,62	69,45	66,80	78,20	3,63
aprile	21	83,93	81,00	33,00	123,70	21,81
maggio	6	97,95	100,50	68,00	133,20	26,06
giugno	6	114,28	114,50	80,00	150,00	30,37
luglio	7	103,50	115,00	58,00	124,50	24,81
agosto	6	63,47	65,45	30,10	99,80	26,43
settembre	10	67,34	67,00	56,70	80,00	7,88
ottobre	6	55,50	64,50	13,00	73,00	22,92
novembre	6	67,00	67,00	59,00	72,00	4,90
dicembre	6	68,17	66,50	64,00	77,00	4,79

Tabella 9.20 - Statistica descrittiva del campione mensile dell'ossigeno percentuale.

Nei mesi di giugno e luglio si raggiungono i valori medi più elevati (rispettivamente 114,28% e 103,50%), mentre per tutto il rimanente periodo dell'anno le acque si mantengono costantemente

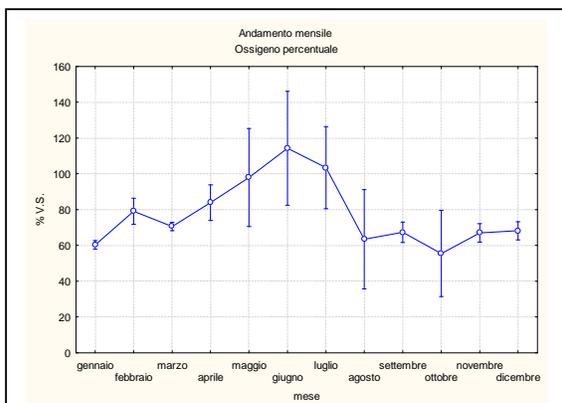


Fig.9.13 – Andamento mensile dell'ossigeno percentuale.

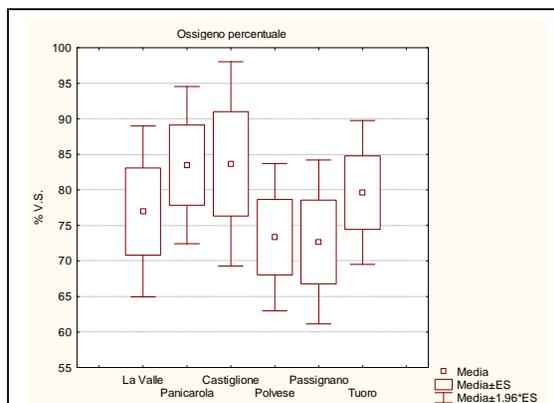


Fig.9.14 – Ossigeno percentuale: confronto fra le stazioni di campionamento.

sottosature, a conferma della rilevanza anche dei fenomeni di decomposizione e respirazione; ad ottobre si osserva la percentuale di ossigeno più bassa (55,50%) rispetto al valore di saturazione. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi mensili sono risultate altamente significative ($F=6,43$; $P=0,000$).

Per quanto riguarda il confronto fra le stazioni di campionamento (Tab.9.21 e Fig.9.14) è evidente una netta sovrapposizione con quanto già osservato a proposito della concentrazione di ossigeno disciolto: a Castiglione del Lago, con un valore medio dell'83,66%, viene registrato il valore più elevato, mentre a Passignano è stato rilevato quello più basso, pari al 72,67%; in tutte le località i valori medi osservati si mantengono costantemente al di sotto della soglia di saturazione. All'analisi della varianza le differenze fra le singole stazioni di campionamento non sono risultate statisticamente significative ($F=0,66$; $P=0,658$).

Stazione di campionamento	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
La Valle	15	76,96	77,00	13,00	115,00	23,75
Panicarola	16	83,47	72,50	59,00	124,50	22,58
Castiglione Polvese	17	83,66	70,00	30,10	138,20	30,25
Passignano	16	72,67	68,40	33,00	150,00	23,50
Tuoro	15	79,61	75,20	47,00	116,50	19,98

Tabella 9.21 - Statistica descrittiva dell'ossigeno percentuale disaggregata per stazione di campionamento.

9.7 Tipo di vegetazione

I dati di frequenza nel campione complessivo delle 3 diverse tipologie considerate (presenza di vegetazione sommersa, presenza di canneto, assenza di vegetazione) sono riportati nella tabella 9.22 e raffigurati negli istogrammi della figura 9.15. I risultati dell'analisi evidenziano come la presenza di vegetazione sommersa sia la tipologia più frequente, si rinviene infatti in 43 casi, pari al 44,33% del totale; la presenza di canneto è stata osservata in 31 transetti di campionamento (31,86%), mentre in 23 casi la vegetazione è risultata assente (23,71%).

I dati di frequenza delle 3 diverse tipologie considerate nel campione disaggregato per stazione di campionamento sono riportate nella tabella 9.23 e raffigurate negli istogrammi della figura 9.16. La presenza di vegetazione sommersa è risultata molto frequente in tutte le stazioni di campionamento considerate, con percentuali che variano da un massimo del 64,71% delle osservazioni

Tipo di vegetazione	Conteggi	Percentuali (%)	Percentuali cumulate
Vegetazione sommersa	43	44,33	44,33
Vegetazione assente	23	23,71	68,04
Canneto	31	31,96	100,00

Tabella 9.22 – Frequenza delle tipologie di vegetazione nel campione complessivo.

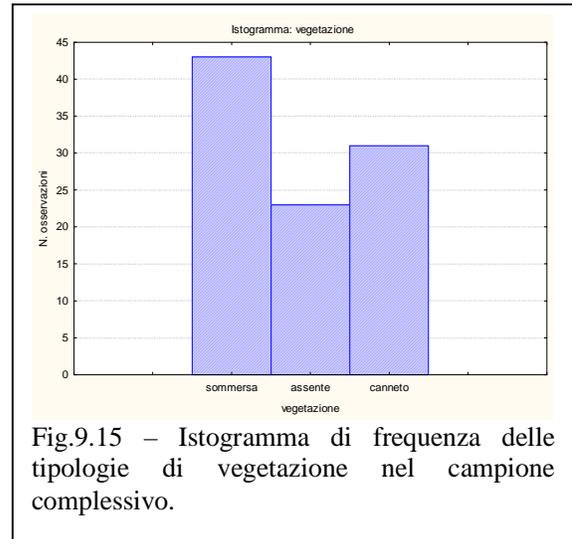


Fig.9.15 – Istogramma di frequenza delle tipologie di vegetazione nel campione complessivo.

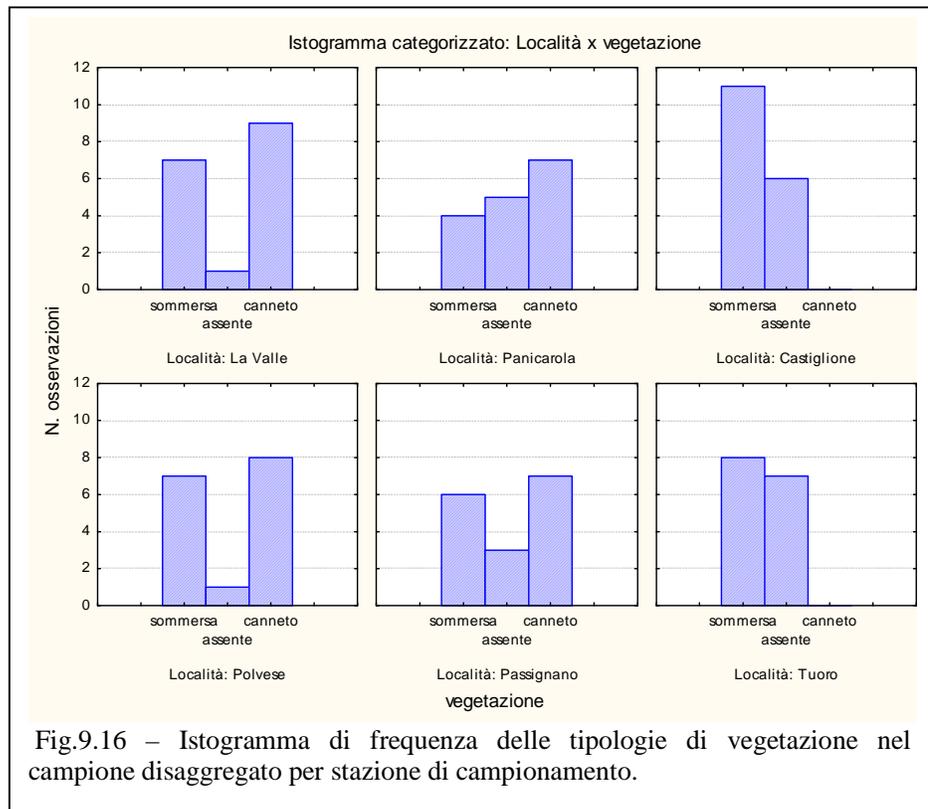


Fig.9.16 – Istogramma di frequenza delle tipologie di vegetazione nel campione disaggregato per stazione di campionamento.

(Castiglione del Lago) ad un minimo del 25% (Panicarola). Si può notare anche che in due località,

Vegetazione		La Valle	Panicarola	Castiglione	Polvese	Passignano	Tuoro
Vegetazione sommersa	N° osservazioni	7	4	11	7	6	8
	Percentuale	41,18%	25,00%	64,71%	43,75%	37,50%	53,33%
Vegetazione assente	N° osservazioni	1	5	6	1	3	7
	Percentuale	5,88%	31,25%	35,29%	6,25%	18,75%	46,67%
Canneto	N° osservazioni	9	7	0	8	7	0
	Percentuale	52,94%	43,75%	0,00%	50,00%	43,75%	0,00%

Tabella 9.23 - Frequenza delle tipologie di vegetazione nel campione disaggregato per stazione di campionamento.

Castiglione del Lago e Tuoro, il canneto risulta completamente assente, mentre la vegetazione sommersa prevale (64,71% a Castiglione, 53,33% a Tuoro) sull'assenza di vegetazione (35,29% a Castiglione, 46,67% a Tuoro). Nelle altre stazioni di campionamento è sempre stata rilevata la presenza di tutte le tipologie considerate; in 3 località (La Valle, isola Polvese e Passignano) la vegetazione è risultata assente in un numero molto limitato di casi (rispettivamente 5,88%, 6,25% e 18,75%). Nelle località in cui il canneto non è del tutto assente (La Valle, Panicarola, isola Polvese e Passignano), esso risulta la tipologia di vegetazione che prevale sempre sulle altre, con percentuali che variano da un minimo del 43,75% (Panicarola e Passignano) ad un massimo del 52,94% (La Valle).

9.8 Tipo di fondo

I dati di frequenza nel campione complessivo delle 2 diverse tipologie considerate (limo e sabbia) sono riportati nella tabella 9.24 e raffigurati negli istogrammi della figura 9.17. I risultati dell'analisi evidenziano come il limo sia molto più frequente della sabbia: il primo si rinviene infatti in 79 casi, pari al 81,44% del totale, mentre la seconda è stata osservata soltanto in 18 casi (18,56%).

I dati di frequenza delle 2 diverse tipologie considerate nel campione disaggregato per stazione di campionamento sono riportate nella tabella 9.25 e raffigurate negli istogrammi della figura 9.18. La sabbia prevale a Panicarola

	Conteggi	Percentuali (%)	Cumulati Percentuali
limo	79	81,44	81,44
sabbia	18	18,56	100,00

Tabella 9.24 – Frequenza delle tipologie di fondo nel campione complessivo.

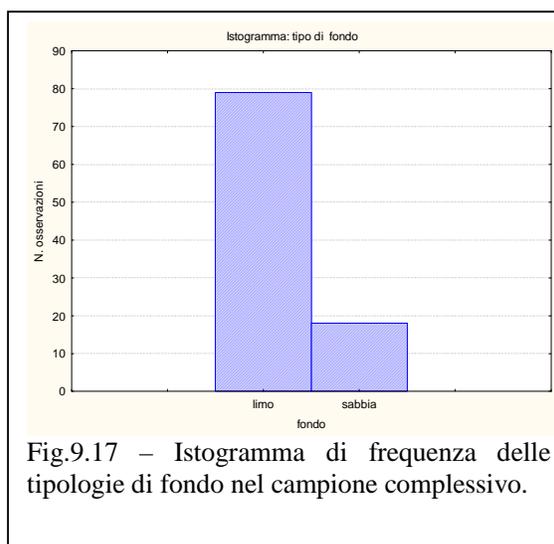


Fig.9.17 – Istogramma di frequenza delle tipologie di fondo nel campione complessivo.

(56,25%), mentre non è mai presente a Tuoro, in cui il fondo è quindi composto da limo nel 100% dei casi. In tutte le altre località i fondali sono prevalentemente limosi, con percentuali che variano da un minimo del 64,71% (Castiglione del Lago) ad un massimo del 94,12% (La Valle).

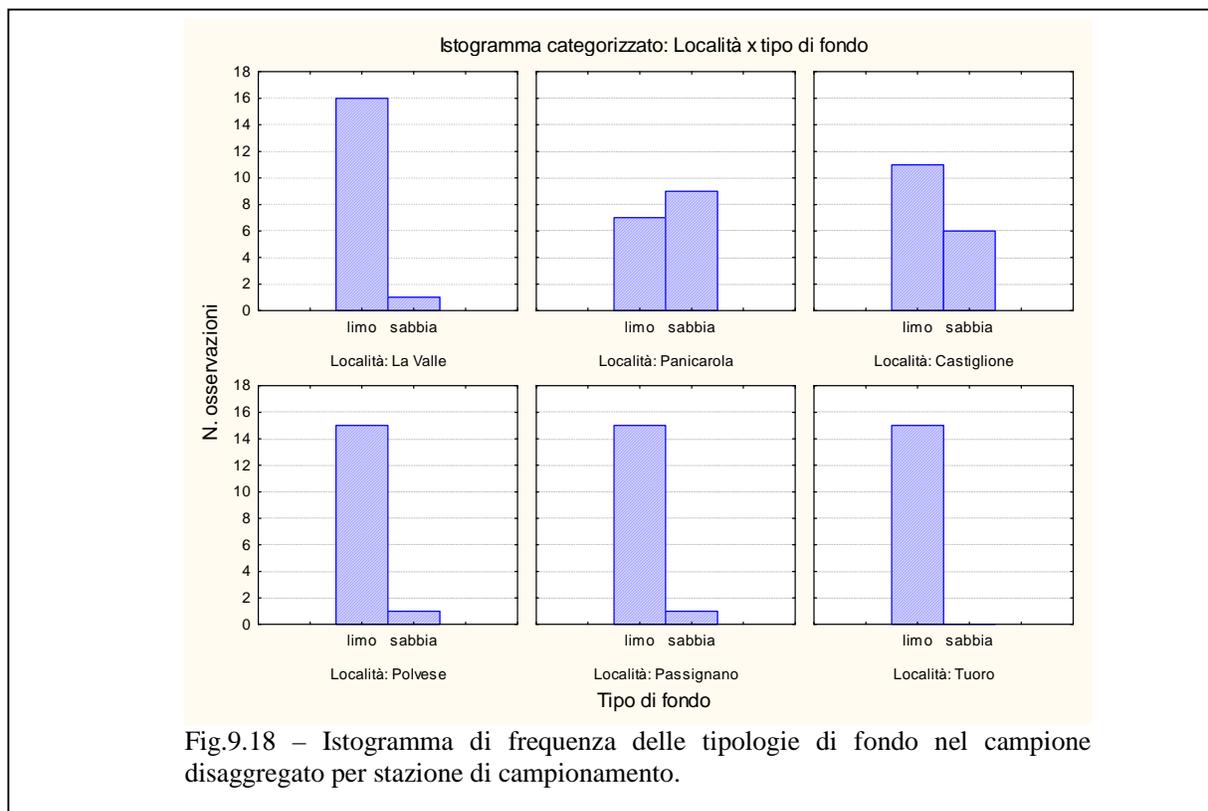


Fig.9.18 – Istogramma di frequenza delle tipologie di fondo nel campione disaggregato per stazione di campionamento.

Tipo fondo		La Valle	Panicarola	Castiglione	Polvese	Passignano	Tuoro
Limo	N° osservazioni	16	7	11	15	15	15
	Percentuale	94,12%	43,75%	64,71%	93,75%	93,75%	100,00%
Sabbia	N° osservazioni	1	9	6	1	1	0
	Percentuale	5,88%	56,25%	35,29%	6,25%	6,25%	0,00%

Tabella 9.25 - Frequenza delle tipologie di vegetazione nel campione disaggregato per stazione di campionamento.

10. RISULTATI: CATTURE CON L'ELETTROSTORDITORE

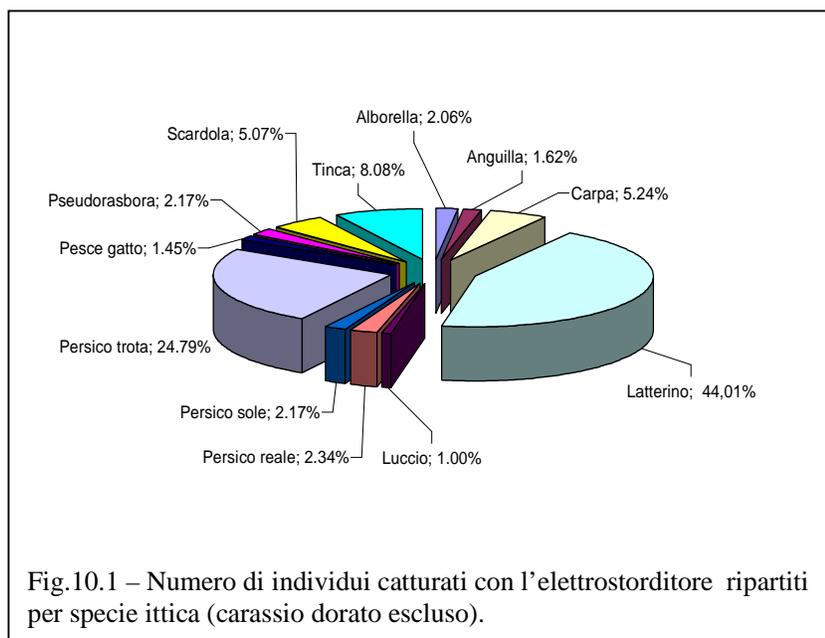
10.1 Descrizione del campione

Nel corso dei campionamenti condotti mediante elettrostorditore, oltre al carassio dorato, sono state catturate 12 specie il cui elenco è riportato nella tabella 10.1, unitamente al numero di individui ed alla biomassa campionati.

Complessivamente sono stati catturati, carassi esclusi, 1795 esemplari, per un peso complessivo di 347,451 kg; in termini numerici la specie maggiormente rappresentata è costituita dal latterino, con 790 individui (pari al 44,01% del totale), seguita dal persico trota, con 445 individui (25,79% del totale) (Fig.10.1). Per quanto riguarda la

Specie	Numero individui	Peso (g)	% numero	% peso
Alborella	37	342	2,06	0,10
Anguilla	29	5542	1,62	1,60
Carpa	94	218203	5,24	62,80
Latterino	790	1052	44,01	0,30
Luccio	18	5162	1,00	1,49
Persico reale	42	554	2,34	0,16
Persico sole	39	1256	2,17	0,36
Persico trota	445	51464	24,79	14,81
Pesce gatto	26	2296	1,45	0,66
Pseudorasbora	39	300	2,17	0,09
Scardola	91	13316	5,07	3,83
Tinca	145	47964	8,08	13,80
Totale	1795	347451	100,00	100,00

Tabella 10.1 – Catture effettuate con l'elettrostorditore ripartite per specie ittica (carassio dorato escluso).



biomassa, la specie più importante è la carpa, con 218,203 kg (pari al 62,80% del peso complessivo); seguono il persico trota con 51,46 kg (14,81%) e la tinca con 47,96 kg (13,80%) (Fig.10.2).

Per ciò che concerne il carassio dorato sono stati catturati complessivamente 1673 individui, per una biomassa totale di 582,40 kg; rispetto al campione complessivo costituito da tutte le specie, le catture del carassio dorato rappresentano il 48,24% degli individui ed il 62,63% della biomassa.

La statistica descrittiva del campione di carassio dorato catturato mediante elettrostorditore è

riportata nella tabella 10.2: la media della lunghezza totale degli individui catturati è pari a 23,77 cm, con valori che risultano compresi nell'intervallo 4,30-40,00 cm; il peso oscilla nell'intervallo da 1,00 a 1137,00 g, con un valore medio di 330,11 g; l'età varia da un minimo di 0,17 ad un massimo di 7,92 anni, con un valore medio di 2,86 anni.

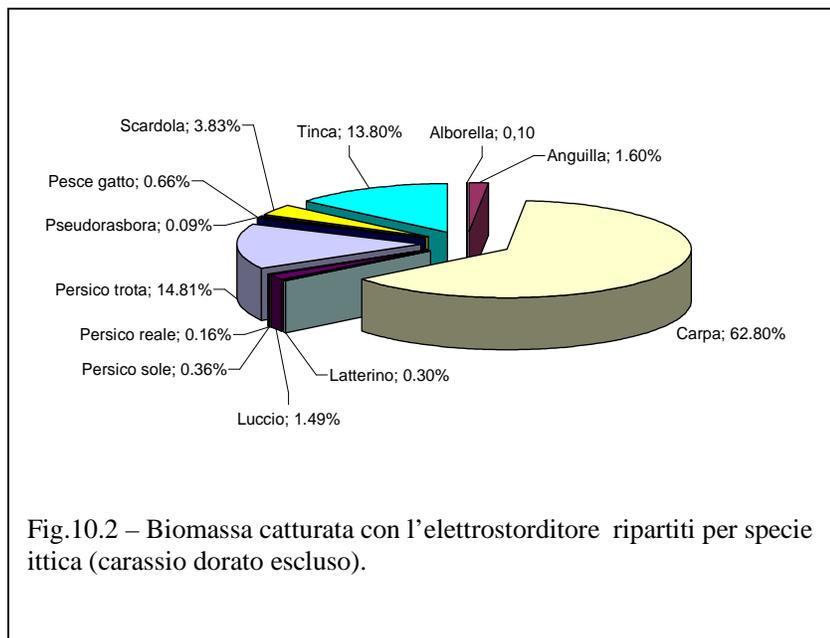


Fig.10.2 – Biomassa catturata con l'elettrostorditore ripartiti per specie ittica (carassio dorato escluso).

	N° Valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
LT (cm)	1642	23,77	4,30	40,60	25,30	9,35
Peso (g)	943	330,11	1,00	1137,00	276,00	278,45
Età (anni)	1176	2,86	0,17	7,92	2,92	1,49

Tabella 10.2 – Statistica descrittiva degli individui catturati con l'elettrostorditore.

10.2 Catture per unità di sforzo (CPUE) del carassio dorato

La statistica descrittiva delle catture di carassio dorato standardizzate per unità di sforzo pesca (CPUE) è riportata nella tabella 10.3. Il numero di transetti effettuati è stato di 97: la loro durata media è stata di 10,72 minuti, per una lunghezza di 387,93 metri. Le catture effettuate per ogni metro di transetto percorso sono risultate pari a 0,08 individui, per una biomassa di 25,34 g; per quanto riguarda la standardizzazione delle catture nei confronti del tempo, sono stati catturati mediamente 1,98 carassi al minuto, per una biomassa media di 606,50 g/min. Le catture, tuttavia, sono risultate nel complesso molto variabili: in alcuni casi, infatti, non è stato pescato alcun carassio (0 ind/m e 0/ind/min), mentre il valore massimo delle catture effettuate è risultato estremamente elevato e pari a 0,66 ind/m (corrispondente ad una biomassa di 391,19 g/m) e a 16,00 ind/min (per una biomassa di 6.267,43 g/min).

	N° Valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
durata (minuti)	97	10,72	4,00	43,00	9,00	6,17
lunghezza (m)	97	387,93	24,00	1515,00	373,00	233,31
individui/metro	97	0,08	0,00	0,66	0,02	0,13
grammi/metro	97	25,34	0,00	391,19	7,93	54,07
individui/minuto	97	1,98	0,00	16,00	0,87	2,98
grammi/minuto	97	606,50	0,00	6267,43	294,00	931,89

Tabella 10.3 – Statistica descrittiva delle catture per unità di sforzo effettuate con l'elettrostorditore.

10.3 Influenza dell'ambiente nelle catture del carassio dorato

Per verificare come le caratteristiche ambientali abbiano potuto influenzare l'andamento delle catture effettuate mediante elettrostorditore è stata utilizzata una tecnica statistica di analisi multivariata: l'analisi delle componenti principali. Per tale analisi è stata utilizzata una matrice composta da 11 variabili (CPUE N, CPUE B, lunghezza del transetto, durata del campionamento, profondità media dell'acqua, trasparenza al

disco Secchi, temperatura dell'acqua, conducibilità elettrica specifica, pH, ossigeno disciolto, percentuale di saturazione dell'ossigeno) e da 97 osservazioni (numero dei transetti). La tabella 10.4 riporta le coordinate fattoriali delle variabili, mentre il grafico della figura 10.3 illustra la proiezione delle variabili sul piano fattoriale costituito dalle

prime due componenti principali, che giustificano complessivamente il 44,99% della varianza totale (Tab.10.5). I risultati evidenziano come la prima componente principale, che giustifica il 26,65% della varianza, associa in modo diretto le CPUE N e le CPUE B con l'ossigeno disciolto e con l'ossigeno percentuale, mentre per gli stessi parametri la relazione è inversa con la lunghezza (in metri) e la durata (in minuti) dei tratti campionati. Tale risultato sembra indicare come le catture del carassio dorato (sia come individui

che come biomassa) aumentino all'aumentare della quantità di ossigeno presente in acqua (espresso sia come concentrazione che come percentuale del valore di saturazione): è evidente, quindi, un

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
CPUE N	0,604	0,500	0,447	0,243
CPUE B	0,689	0,358	0,351	0,369
Lunghezza	-0,622	0,044	-0,261	0,595
Durata	-0,511	0,052	-0,071	0,763
Profondità media	-0,046	0,228	0,137	-0,124
Temperatura acqua	0,215	0,791	-0,199	0,085
pH	0,045	0,360	-0,803	-0,112
Ossigeno disciolto	0,718	-0,452	-0,360	0,083
Ossigeno percentuale	0,798	0,008	-0,400	0,129
Conducibilità	-0,337	0,733	-0,256	-0,300
Trasparenza	0,358	-0,293	-0,375	0,213

Tabella 10.4 – Analisi delle componenti principali: coordinate fattoriali delle variabili.

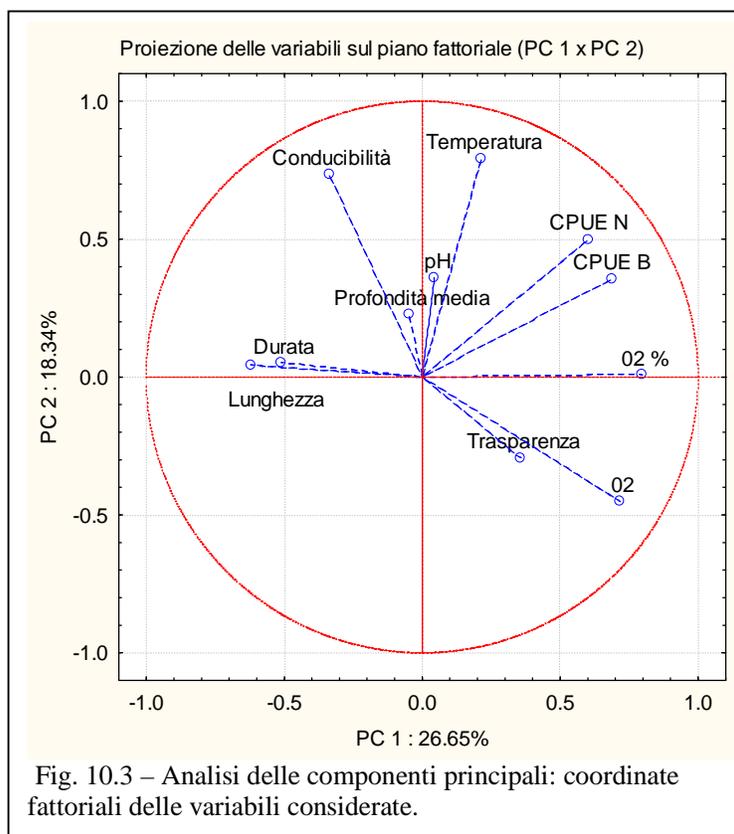


Fig. 10.3 – Analisi delle componenti principali: coordinate fattoriali delle variabili considerate.

legame che associa indirettamente l'abbondanza del carassio dorato alla presenza di vegetazione acquatica.

La relazione inversa tra catture e durata e lunghezza dei transetti effettuati è essenzialmente dovuta alla necessità di aumentare lo sforzo pesca applicato durante i campionamenti, quando risultava più difficile trovare e catturare il pesce. La seconda componente

principale, che giustifica il 18,34% della varianza complessiva, associa in modo diretto le CPUE N con la temperatura dell'acqua e la conducibilità. Tale situazione è spiegata dall'andamento fortemente stagionale sia della temperatura che della conducibilità, che presentano i loro valori massimi in estate (Figg.9.5 e 9.7): è evidente quindi che in estate le catture numeriche del carassio dorato divengono più elevate rispetto agli altri mesi dell'anno per la comparsa nel campione dei giovani nati nell'anno (0+) che tuttavia, date le loro ridotte dimensioni, danno uno scarso contributo all'aumento ponderale della popolazione e non influenzano allo stesso modo le CPUE B.

Componente	Autovalore	Varianza %	Varianza cumulata %
PC 1	2,932	26,651	26,651
PC 2	2,017	18,339	44,990
PC 3	1,595	14,496	59,487
PC 4	1,326	12,058	71,545
PC 5	0,964	8,761	80,306
PC 6	0,785	7,134	87,439
PC 7	0,599	5,448	92,887
PC 8	0,317	2,880	95,767
PC 9	0,281	2,556	98,324
PC 10	0,149	1,358	99,681
PC 11	0,035	0,319	100,000

Tabella 10.5 – Analisi delle componenti principali: autovalori e varianza delle componenti principali.

10.4 Correlazioni delle catture del carassio dorato con quelle delle altre specie

Per verificare il grado di associazione fra le catture del carassio dorato con quelle delle altre specie è stata effettuata un'analisi di correlazione, i cui risultati sono riportati nelle tabelle 10.6-7. Le CPUE N del carassio dorato sono correlate in modo positivo e statisticamente significativo con le CPUE N della pseudorasbora ($r=0,23$; $P=0,024$) e del persico trota ($r=0,25$; $P=0,012$), mentre la correlazione è sempre positiva, ma altamente significativa con le CPUE N del persico reale ($r=0,31$; $P=0,002$) (Tab.10.6). Le CPUE B del

Specie	r	P
tinca (ind/min)	0,07	0,522
scardola (ind/min)	0,08	0,440
pseudorasbora (ind/min)	0,23	0,024
pesce gatto (ind/min)	-0,02	0,861
persico trota (ind/min)	0,25	0,012
persico sole (ind/min)	0,07	0,495
persico reale (ind/min)	0,31	0,002
luccio (ind/min)	-0,03	0,784
latterino (ind/min)	0,05	0,629
carpa (ind/min)	0,04	0,690
anguilla (ind/min)	-0,14	0,170
alborella (ind/min)	-0,03	0,771
Tutte le specie (ind/min)	0,79	0,000

Tabella 10.6 – Analisi di correlazione fra le CPUE N del carassio dorato e quelle delle altre specie.

carassio dorato sono correlate in modo positivo e statisticamente significativo con le CPUE B della tinca ($r=0,21$; $P=0,036$), mentre la correlazione è altamente significativa con le CPUE B della scardola ($r=0,39$; $P=0,000$) (Tab.10.7). Quello che forse è tuttavia più ricco di significato è il fatto che, sia per il numero degli individui che per la biomassa, le CPUE del carassio dorato sono

correlate in modo altamente significativo con le CPUE totali, con quelle cioè ottenute considerando insieme tutte le specie ittiche catturate (CPUE N: $r=0,79$; $P=0,000$) (CPUE B: $r=0,84$; $P=0,000$). Ciò indica che nelle catture effettuate mediante l'elettrostorditore il carassio dorato rappresenta la specie che più delle altre condiziona e caratterizza il pescato complessivo.

Specie	r	P
tinca (g/min)	0,21	0,036
scardola (g/min)	0,39	0,000
pseudorasbora (g/min)	0,03	0,764
pesce gatto (g/min)	0,00	0,989
persico trota (g/min)	0,17	0,093
persico sole (g/min)	-0,08	0,447
persico reale (g/min)	0,02	0,846
luccio (g/min)	0,10	0,329
latterino (g/min)	-0,11	0,297
carpa (g/min)	0,18	0,071
anguilla (g/min)	-0,12	0,228
alborella (g/min)	-0,04	0,707
Tutte le specie (g/min)	0,84	0,000

Tabella 10.7 – Analisi di correlazione fra le CPUE B del carassio dorato e quelle delle altre specie.

10.5 Confronto tra mesi nelle catture del carassio dorato

Nelle tabelle 10.8-9 vengono riportati i valori medi con i relativi limiti fiduciali delle Catture per unità di sforzo (CPUE) disaggregate per mese di campionamento, mentre le figure 10.4-5 ne riportano l'andamento. Nei mesi invernali le catture effettuate con l'elettrostorditore sono state molto scarse (febbraio: CPUE $N=0,03\pm 1,25$ ind/min; CPUE $B=4,15\pm 380,27$ g/min) o addirittura nulle (gennaio e dicembre), mentre a partire dall'inizio della primavera il numero degli individui catturati inizia a salire rapidamente fino a maggio quando viene raggiunto un primo massimo relativo (CPUE $N=3,76\pm 1,14$ ind/min). Nei mesi successivi (giugno, luglio e agosto) le abbondanze rimangono abbastanza elevate, ma inferiori ai mesi

mese	Numero valori	CPUE N			
		media	errore standard	-95%	95%
gennaio	4	0,00	1,40	-2,77	2,77
febbraio	5	0,03	1,25	-2,45	2,51
marzo	12	0,44	0,81	-1,16	2,04
aprile	23	2,17	0,58	1,01	3,33
maggio	6	3,76	1,14	1,49	6,02
giugno	6	1,64	1,14	-0,62	3,91
luglio	7	1,85	1,05	-0,24	3,95
agosto	6	1,26	1,14	-1,01	3,52
settembre	10	4,36	0,88	2,61	6,12
ottobre	6	3,21	1,14	0,94	5,47
novembre	6	3,42	1,14	1,16	5,69
dicembre	6	0,00	1,14	-2,27	2,27

Tabella 10.8 – Valore medio e limiti fiduciali delle CPUE N disaggregate per mese di campionamento.

mese	Numero valori	CPUE B			
		media	errore standard	-95%	95%
gennaio	4	0,00	425,16	-845,33	845,33
febbraio	5	4,15	380,27	-751,93	760,24
marzo	12	206,93	245,47	-281,13	694,98
aprile	23	1072,07	177,30	719,54	1424,60
maggio	6	1803,88	347,14	1113,67	2494,09
giugno	6	540,55	347,14	-149,66	1230,76
luglio	7	495,78	321,39	-143,23	1134,79
agosto	6	332,22	347,14	-357,99	1022,43
settembre	10	597,69	268,89	63,05	1132,33
ottobre	6	656,32	347,14	-33,89	1346,53
novembre	6	370,58	347,14	-319,63	1060,79
dicembre	6	0,00	347,14	-690,21	690,21

Tabella 10.9 – Valore medio e limiti fiduciali delle CPUE B disaggregate per mese di campionamento.

primaverili, mentre è a settembre che viene raggiunto il valore più alto in assoluto fra tutti quelli osservati (CPUE $N=4,36\pm 0,88$); nel rimanente periodo autunnale gli individui catturati risultano comunque numerosi (ottobre CPUE $N=3,21\pm 1,14$; novembre CPUE $N=3,42\pm 1,14$). Per quanto riguarda la biomassa i risultati evidenziano un andamento leggermente diverso da quanto evidenziato per il numero degli individui: anche in questo caso, dopo i minimi invernali, le catture aumentano rapidamente fino a maggio, che rappresenta il mese in cui si osserva il valore massimo assoluto fra tutti quelli osservati (CPUE $B=1803,88\pm 347,14$ g/min). Da giugno (CPUE $B=540,55\pm 347,14$) fino ad agosto (CPUE $B=332,22\pm 347,14$) le abbondanze iniziano a calare, per poi aumentare di nuovo solo in autunno (ottobre: CPUE $B=656,32\pm 347,14$), ma senza subire tuttavia lo stesso rapido incremento che ha caratterizzato il numero degli individui. All'analisi della varianza le differenze fra i valori mensili delle CPUE del carassio dorato non sono risultate significative per le abbondanze numeriche (CPUE N: $F=1,68$; $P=0,138$), mentre sono altamente significative per le abbondanze ponderali (CPUE B: $F=3,50$; $P=0,004$).

Tale diversità nell'andamento per le catture espresse in termini numerici rispetto a quello osservato per le catture espresse come biomassa, è giustificata dalle differenze di taglia degli individui pescati nei diversi periodi dell'anno: in primavera, in coincidenza della riproduzione della specie, i campionamenti hanno portato alla cattura di un gran numero di individui di grandi dimensioni che si radunano nelle acque più basse e sono quindi più facilmente catturabili con l'elettrostorditore; questo spiega gli elevati valori sia delle CPUE N che delle CPUE B. In estate, terminata la riproduzione, le catture diminuiscono in quanto molti individui si allontanano dalle zone di frega; in autunno le catture aumentano di nuovo soprattutto per la comparsa di un elevato numero di giovani dell'anno (0+) che, nati dalle uova deposte, si sono accresciuti rapidamente nei mesi estivi ed hanno raggiunto taglie che li rendono catturabili dall'elettrostorditore; la loro

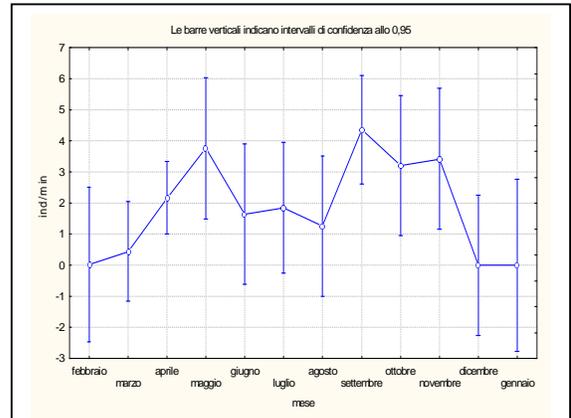


Fig. 10.4 – Andamento delle CPUE N disaggregate per mese di campionamento.

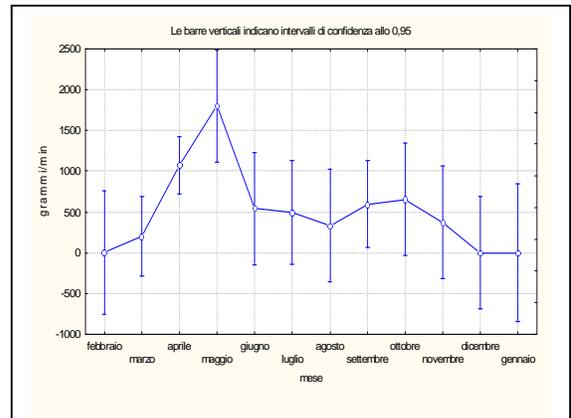


Fig. 10.5 – Andamento delle CPUE B disaggregate per mese di campionamento.

modesta taglia individuale, tuttavia, spiega il fatto che la loro abbondanza incida significativamente sulle CPUE N, ma meno sulla biomassa pescata (CPUE B). In inverno, infine, le catture divengono molto scarse o nulle in quanto la maggior parte degli esemplari di tutte le taglie si allontanano dalle rive per portarsi in acque più profonde, dove l'efficacia dell'elettrostorditore è molto scarsa.

Una conferma di quanto esposto viene dall'analisi della taglia (lunghezza totale, peso ed età) del campione degli esemplari catturati con l'elettrostorditore disaggregato per stagione di campionamento, i cui risultati sono riportati nelle tabelle 10.10-12 e nelle figure 10.6-8. L'analisi evidenzia come nella stagione autunnale gli esemplari catturati risultino mediamente più giovani (2,12 anni) (Fig.10.8) e quindi di minori dimensioni (LT=17,21 cm; peso=168,69 g) (Fig.10.6-7) rispetto alle altre stagioni dell'anno.

Al contrario la primavera, che coincide con la riproduzione della specie, si caratterizza per i valori medi più elevati della lunghezza (28,43 cm), del peso (500,13 g) e dell'età (3,56 anni) degli esemplari pescati. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi calcolati per le quattro stagioni di campionamento sono risultate altamente significative per tutti i parametri analizzati (LT: $F=89,51$; $P=0,000$), (peso: $F=90,90$; $P=0,000$), (età: $F=93,35$; $P=0,000$).

LT (cm)	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
estate	412	20,06	21,20	4,30	36,10	7,99
autunno	369	17,21	13,50	4,50	40,60	8,21
primavera	767	28,43	31,20	6,90	37,30	7,86
inverno	94	27,78	29,55	9,10	37,60	7,52

Tabella 10.10 - Statistica descrittiva della lunghezza totale nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

peso (g)	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
estate	441	204,16	154,00	1,00	853,80	195,10
autunno	369	168,69	43,43	2,00	1137,00	221,36
primavera	769	500,13	551,85	5,44	971,00	273,74
inverno	94	484,33	488,70	10,50	982,00	295,20

Tabella 10.11 - Statistica descrittiva del peso nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

età (anni)	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
estate	348	2,23	2,25	0,17	6,17	1,22
autunno	244	2,12	1,50	0,42	6,50	1,26
primavera	499	3,56	3,92	0,92	7,92	1,43
inverno	85	3,43	3,83	0,83	5,83	1,33

Tabella 10.12 - Statistica descrittiva dell'età nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

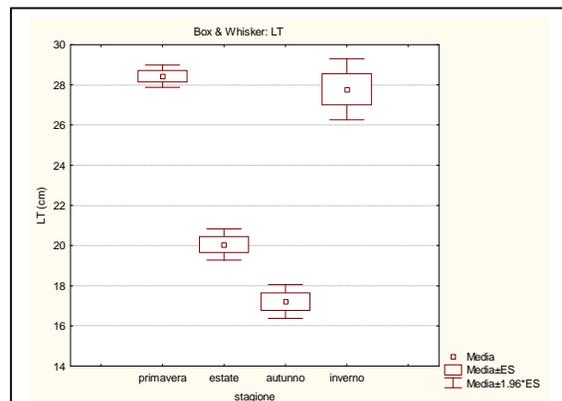


Fig. 10.6 – Confronto fra le lunghezze nel campione degli individui catturati con l'elettrostorditore disaggregato per stagione di campionamento.

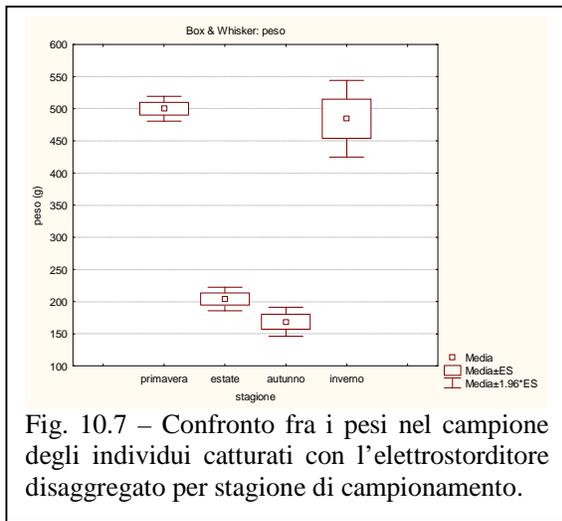


Fig. 10.7 – Confronto fra i pesi nel campione degli individui catturati con l'elettrostorditore disaggregato per stagione di campionamento.

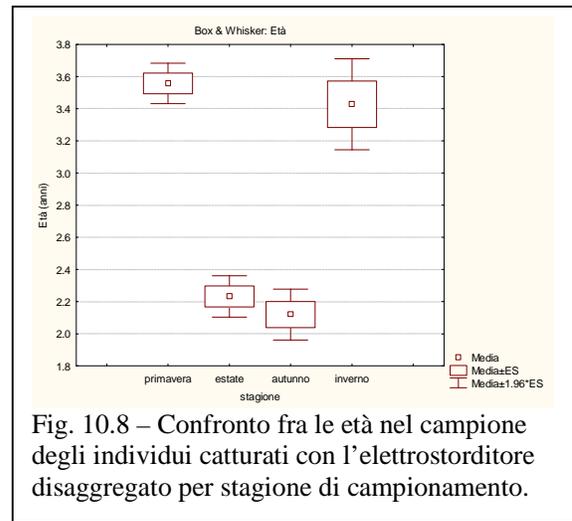


Fig. 10.8 – Confronto fra le età nel campione degli individui catturati con l'elettrostorditore disaggregato per stagione di campionamento.

10.6 Confronto tra località di campionamento nelle catture del carassio dorato

Nelle tabelle 10.13-14 viene riportata la statistica descrittiva rispettivamente delle CPUE N e delle CPUE B nel campione distinto per stazione di campionamento, mentre

CPUE B (g/min)	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
Tuoro	15	520,05	450,00	0,00	1439,80	488,37
La Valle	17	595,60	252,50	0,00	2055,90	717,10
Castiglione	17	928,52	428,50	0,00	6267,43	1484,77
Panicarola	16	734,94	76,33	0,00	4368,33	1223,34
Polvese	16	357,20	282,85	0,00	1698,89	440,25
Passignano	16	477,82	80,31	0,00	2099,89	719,85

Tabella 10.14 - Statistica descrittiva delle CPUE B nel campione disaggregato per stazione di campionamento.

le figure 10.9-10 ne illustrano gli andamenti dei valori medi. I risultati evidenziano come le catture

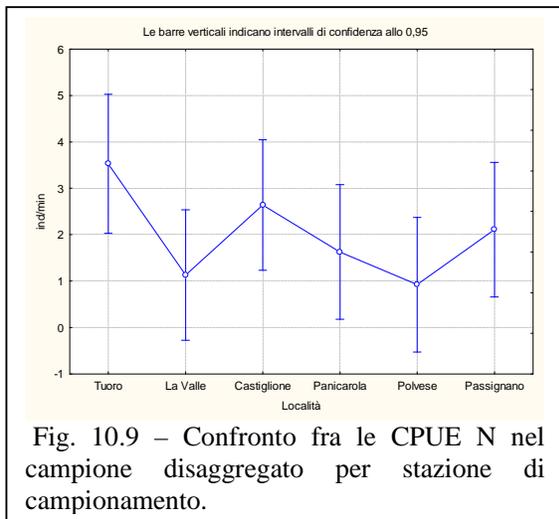


Fig. 10.9 – Confronto fra le CPUE N nel campione disaggregato per stazione di campionamento.

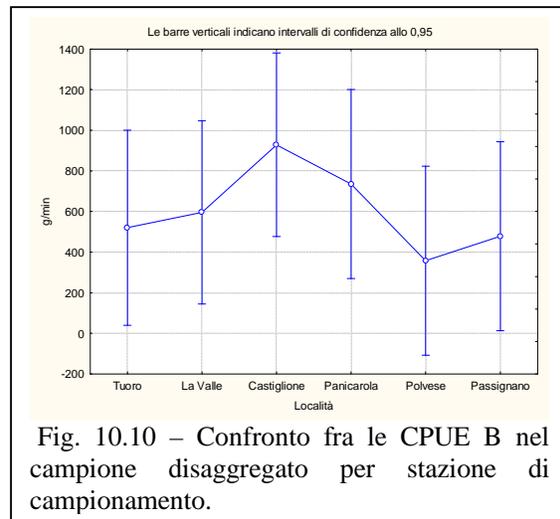


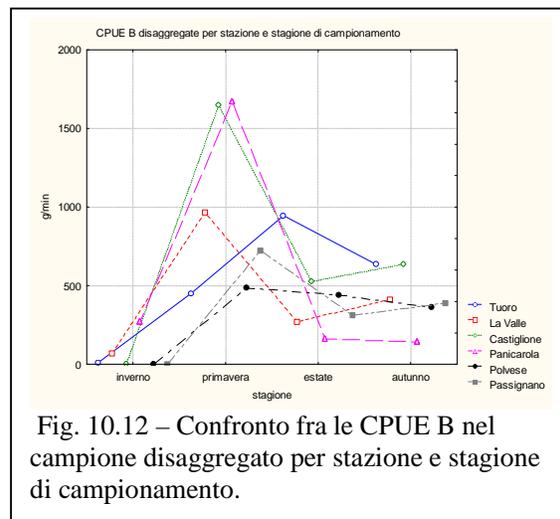
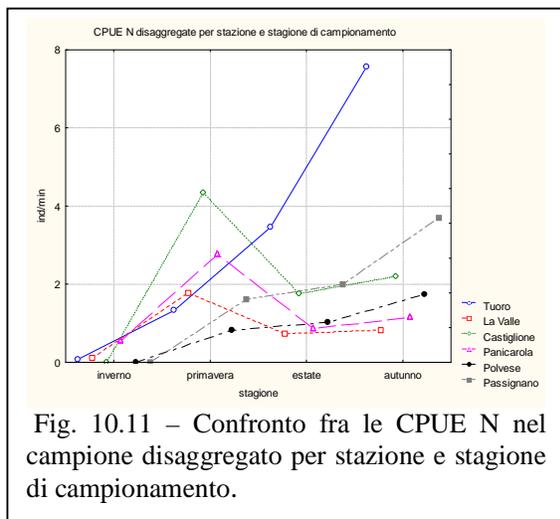
Fig. 10.10 – Confronto fra le CPUE B nel campione disaggregato per stazione di campionamento.

numeriche risultano molto elevate e abbastanza omogenee fra loro (Tab.10.13 e Fig.10.9), anche se le stazioni di Tuoro (3,53 ind/min), Castiglione del Lago (2,64 ind/min) e Passignano (2,11 ind/min) si caratterizzano per i valori medi più alti; medie meno elevate e non eccedenti 2 carassi

catturati per minuto di campionamento sono state rilevate alla Valle (1,13 ind/min), a Panicarola (1,63 ind/min) e all'isola Polvese (0,92 ind/min).

La variabilità del campione è risultata comunque abbastanza elevata: in tutte le stazioni di campionamento in almeno un'occasione non è stato pescato neanche un carassio dorato (valore minimo=0,00 ind/min), mentre nelle situazioni più favorevoli si è oltrepassato il valore di 10 individui catturati per minuto di campionamento, come a Passignano (valore massimo=16 ind/min), Tuoro (valore massimo=13,33 ind/min) e Castiglione del Lago (valore massimo=12 ind/min).

Quando si considerano le catture ponderali (Tab.10.14 e Fig.10.10), queste evidenziano la presenza di valori medi estremamente elevati per tutte le stazioni di campionamento, con Castiglione del Lago (928,52 g/min) e Panicarola (734,94 g/min) che presentano i valori di CPUE B superiori alle altre, mentre Passignano (477,82 g/min) e l'isola Polvese (357,20 g/min) si caratterizzano per le catture meno abbondanti. La variabilità del campione è risultata anche in questo caso abbastanza elevata: in tutte le stazioni di campionamento in almeno un'occasione non è stato pescato neanche un carassio dorato (valore minimo=0,00 g/min), mentre nelle situazioni più favorevoli si è v oltrepassato il limite di 1 kg di pesce catturato per minuto di campionamento, con valori massimi che in alcune situazioni sono risultati eccezionalmente alti, come nel caso di Castiglione del Lago (6.267,43 g/min) e Panicarola (4.368,33 g/min).



All'analisi della varianza le differenze tra i valori medi calcolati per le singole stazioni di campionamento non sono risultate significative, sia per quanto riguarda le catture numeriche ($F=1,78$; $P=0,125$) che quelle ponderali ($F=0,77$; $P=0,571$).

Ulteriori informazioni emergono quando le catture ottenute nelle diverse stazioni vengono disaggregate per stagione di campionamento (Tabb.10.15-16 e Figg.10.11-12).

Dall'analisi dei dati si evidenzia come per le CPUE N l'inverno risulti sempre la stagione in

cui

le

Stagione	Località	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	Tuoro	2	0,08	0,08	0,00	0,15	0,11
inverno	La Valle	3	0,11	0,00	0,00	0,33	0,19
inverno	Castiglione	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
inverno	Panicarola	2	0,55	0,55	0,00	1,10	0,78
inverno	Polvese	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
inverno	Passignano	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
primavera	Tuoro	6	1,33	0,70	0,13	3,78	1,41
primavera	La Valle	8	1,77	1,72	0,00	3,45	1,49
primavera	Castiglione	7	4,35	3,11	0,00	12,00	4,13
primavera	Panicarola	6	2,76	2,57	0,00	6,17	2,57
primavera	Polvese	7	0,82	0,65	0,00	2,47	0,82
primavera	Passignano	7	1,61	0,87	0,00	4,94	1,97
estate	Tuoro	2	3,46	3,46	2,11	4,80	1,90
estate	La Valle	2	0,73	0,73	0,25	1,20	0,67
estate	Castiglione	2	1,75	1,75	1,00	2,50	1,06
estate	Panicarola	3	0,87	0,67	0,00	1,93	0,98
estate	Polvese	2	1,03	1,03	0,80	1,25	0,32
estate	Passignano	2	2,00	2,00	0,50	3,50	2,12
autunno	Tuoro	5	7,57	9,38	0,00	13,33	5,27
autunno	La Valle	4	0,83	0,65	0,00	2,00	0,87
autunno	Castiglione	5	2,19	2,50	0,00	4,57	1,68
autunno	Panicarola	5	1,16	0,00	0,00	5,64	2,50
autunno	Polvese	4	1,75	1,99	0,00	3,00	1,26
autunno	Passignano	5	3,70	0,13	0,00	16,00	6,95

Tabella 10.15 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per stazione e stagione di campionamento.

catture sono meno abbondanti rispetto agli altri periodi dell'anno, con ben tre stazioni (Castiglione del Lago, isola Polvese e Passignano) in cui non è stato mai pescato neanche un carassio dorato; se si esaminano le catture esprimendole come biomassa, si può invece notare come a Panicarola le CPUE B siano superiori in inverno (271,00 g/min) rispetto ai valori registrati in estate (160,27 g/min) ed in autunno (142,25 g/min): evidentemente in questa località il peso medio dei carassi catturati in estate ed in autunno è nettamente inferiore a quelli pescati in inverno.

L'andamento stagionale delle CPUE N mostra nella stazione di campionamento di Tuoro un progressivo aumento delle catture numeriche durante il corso dell'anno, che è particolarmente evidente nel passaggio dall'estate (3,46 ind/min) all'autunno (7,57 ind/min); le abbondanze numeriche autunnali registrate a Tuoro risultano in assoluto le più elevate fra tutte quelle osservate. Nello stesso periodo dell'anno, sempre a Tuoro, le catture ponderali subiscono un calo rispetto all'estate (estate: CPUE B= 944,90 g/min) (autunno: CPUE B= 636,97 g/min); evidentemente a Tuoro i carassi pescati in autunno risultano di taglia inferiore rispetto a quelli catturati in estate per la presenza di un numero più elevato di giovani esemplari nati dell'anno.

Stagione	Località	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	Tuoro	2	10,38	10,38	0,00	20,77	14,69
inverno	La Valle	3	70,53	0,00	0,00	211,60	122,17
inverno	Castiglione	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
inverno	Panigarola	2	271,00	271,00	0,00	542,00	383,25
inverno	Polvese	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
inverno	Passignano	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
primavera	Tuoro	6	450,88	313,70	10,73	1055,57	435,11
primavera	La Valle	8	964,98	950,71	0,00	2055,90	857,36
primavera	Castiglione	7	1648,84	1189,33	0,00	6267,43	2137,35
primavera	Panigarola	6	1670,83	1695,81	0,00	4368,33	1639,56
primavera	Polvese	7	483,51	321,92	0,00	1698,89	584,27
primavera	Passignano	7	725,31	238,40	0,00	2099,89	960,89
estate	Tuoro	2	944,90	944,90	450,00	1439,80	699,89
estate	La Valle	2	268,60	268,60	76,00	461,20	272,38
estate	Castiglione	2	528,52	528,52	223,55	833,50	431,30
estate	Panigarola	3	160,27	119,67	0,00	361,14	183,96
estate	Polvese	2	438,59	438,59	398,93	478,25	56,09
estate	Passignano	2	310,88	310,88	98,50	523,25	300,34
autunno	Tuoro	5	636,97	588,33	0,00	1338,00	480,83
autunno	La Valle	4	414,15	267,92	0,00	1120,77	487,88
autunno	Castiglione	5	637,18	822,50	0,00	1044,75	422,49
autunno	Panigarola	5	142,25	0,00	0,00	678,27	299,98
autunno	Polvese	4	363,38	326,19	0,00	801,14	340,67
autunno	Passignano	5	389,23	62,13	0,00	1207,67	539,05

Tabella 10.16 - Statistica descrittiva delle CPUE B nel campione disaggregato per stazione e stagione di campionamento.

Le stazioni di Panigarola, La Valle e Castiglione del Lago presentano andamenti stagionali, sia dal punto di vista numerico che ponderale, che evidenziano il forte prevalere delle catture primaverili su quelle effettuate nelle altre stagioni di campionamento: in modo particolare Panigarola (CPUE N=2,76 ind/min; CPUE B=1.670,83 g/min) e Castiglione del Lago (CPUE N=4,35 ind/min; CPUE B=1.648,84 g/min), caratterizzandosi per le catture in primaverili più elevate, si qualificano come aree a spiccata vocazione riproduttiva per il carassio dorato.

L'isola Polvese e Passignano presentano andamenti molto simili fra loro, che si caratterizzano per possedere valori di CPUE, sia numerici che ponderali, più omogenei durante tutto l'arco dell'anno rispetto alle altre stazioni di campionamento. Queste ultime due stazioni, hanno anch'esse un andamento stagionale delle CPUE B che presenta un massimo in primavera (Polvese=483,51 g/min; Passignano=725,31 ind/min), ma contrariamente a quanto accade a Panigarola, La Valle e Castiglione del Lago lo stesso andamento non si ripete anche per le CPUE N, che invece sono massime in autunno (Polvese=1,75 ind/min; Passignano=3,70 ind/min). In modo analogo a quanto osservato a Tuoro, la situazione registrata all'isola Polvese e a Passignano consegue al fatto che in autunno sono stati pescati carassi di taglia inferiore per la presenza di un numero elevato di giovani esemplari nati dell'anno.

L'analisi della varianza fattoriale non ha evidenziato differenze significative nel confronto fra i valori medi del campione disaggregato per località e stagione di campionamento, sia per quanto riguarda le catture numeriche ($F=1,34$; $P=0,200$) che per le catture ponderali ($F=0,65$; $P=0,822$).

10.7 Confronto tra tipologie di vegetazione nelle catture del carassio dorato

Nelle tabelle 10.17-18 viene riportata la statistica descrittiva rispettivamente delle CPUE N e delle CPUE B nel campione distinto per tipologia di vegetazione presente nei transetti indagati,

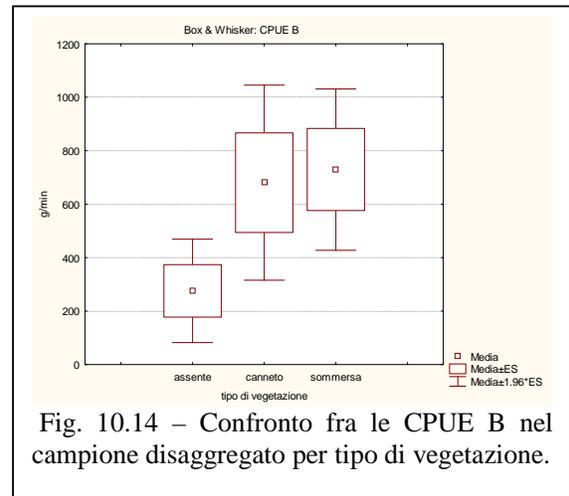
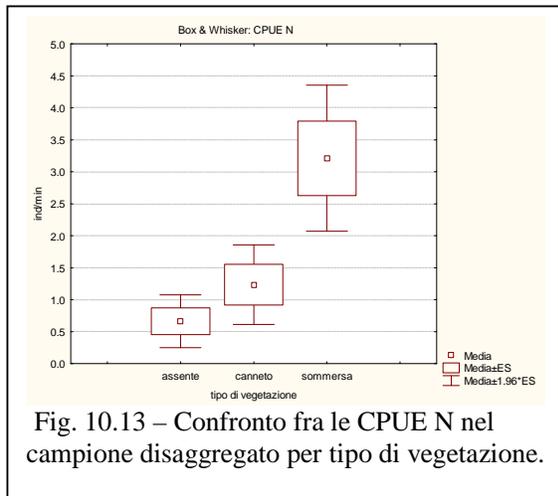
Tipo di vegetazione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
assente	23	0,66	1,01	0,00	3,33	0,13
canneto	31	1,24	1,76	0,00	6,17	0,33
sommersa	43	3,21	3,82	0,00	16,00	2,00

Tabella 10.17 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di vegetazione.

Tipo di vegetazione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
assente	23	275,61	472,36	0,00	1654,56	10,73
canneto	31	680,87	1037,92	0,00	4368,33	151,79
sommersa	43	729,87	1009,44	0,00	6267,43	461,20

Tabella 10.18 - Statistica descrittiva delle CPUE B nel campione disaggregato per tipo di vegetazione.

mentre le figure 10.13-14 ne illustrano i rispettivi grafici box and whisker. I risultati dell'analisi



evidenziano come i dati siano molto variabili: in tutte le tipologie campionate in almeno un'occasione non sono state effettuate catture (CPUE N: valore minimo=0,00 ind/min; CPUE B: valore minimo=0,00 g/min), mentre al contrario i valori massimi di CPUE sono molto elevati e variano da 3,33 ind/min (vegetazione assente) a 16 ind/min (vegetazione sommersa) per le CPUE N e da 1.654,56 g/min (vegetazione assente) a 6.267,43 g/min (vegetazione sommersa) per le CPUE B. I valore medi più bassi di CPUE, sia dal punto di vista numerico che di biomassa, sono stati registrati nei transetti caratterizzati dall'assenza di vegetazione (CPUE N=0,66 ind/min; CPUE

B=275,61 g/min); le catture più abbondanti sono state osservate sempre nelle situazioni in cui era presente la vegetazione sommersa (CPUE N=3,21 ind/min; CPUE B=729,87 g/min), mentre il canneto si caratterizza per avere valori medi intermedi sia di CPUE N (1,24 ind/min) che di CPUE B (680,87 g/min). Il confronto fra i valori medi di CPUE N e CPUE B raggiunti nelle 3 tipologie esaminate fornisce alcuni spunti ulteriori: è evidente infatti (Figg.10.13-14) che mentre le differenze nelle catture numeriche fra transetti con vegetazione sommersa e canneto sono molto accentuate (vegetazione sommersa=3,21 ind/min; canneto=1,24 ind/min), tale discrepanza quasi si annulla quando si considerino le catture dal punto di vista ponderale (vegetazione sommersa=729,87 g/min; canneto=680,87 g/min); ciò è chiaramente dovuto al fatto che la taglia media degli esemplari catturati nel canneto risulta nettamente superiore rispetto a quelli presenti fra la vegetazione sommersa. All'analisi della varianza le differenze fra i valori medi calcolati nelle 3 diverse tipologie di vegetazione sono risultate altamente significative per le CPUE N (F=7,89; P=0,001), ma non significative per le CPUE B (F=1,96; P=0,146).

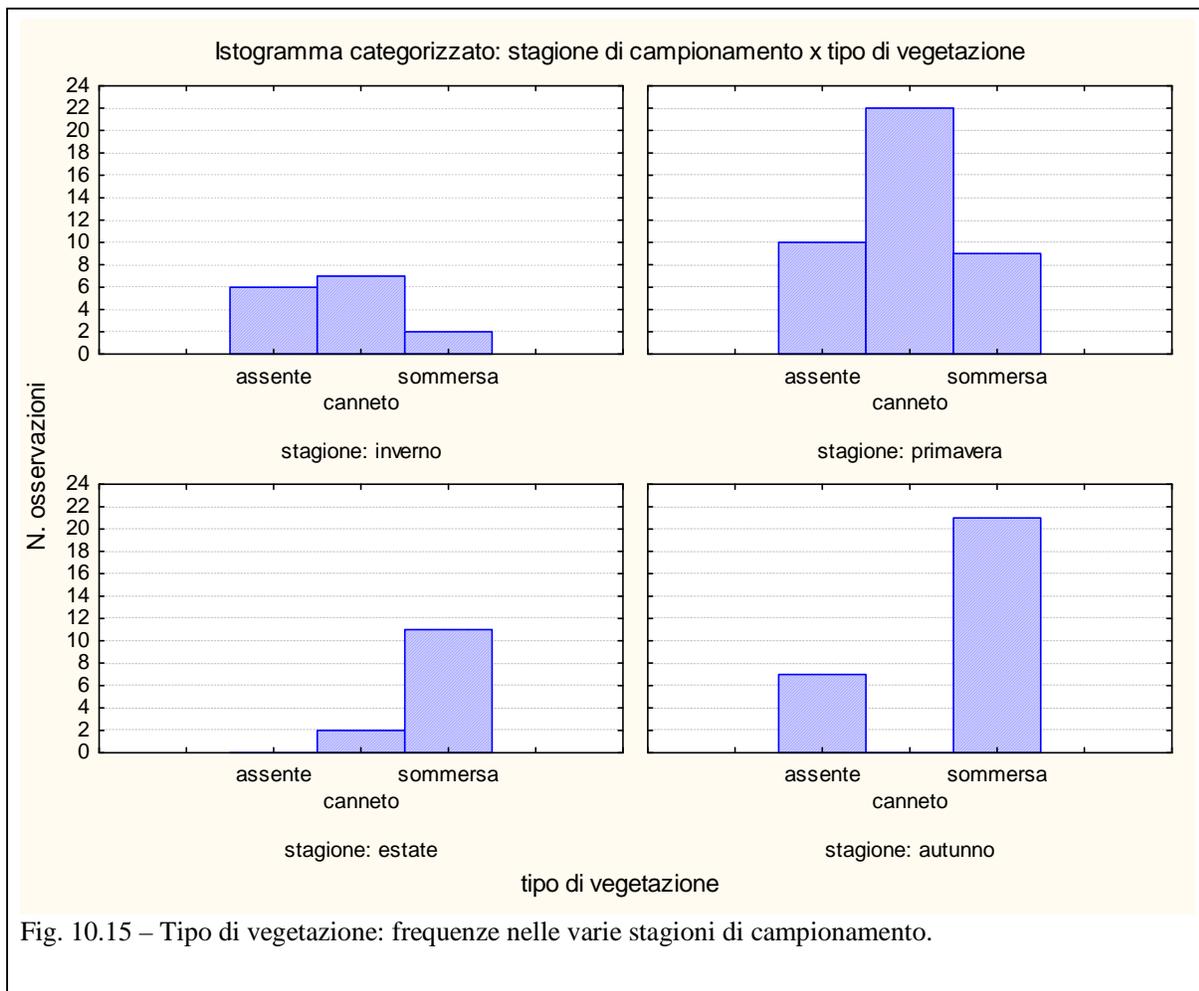
La presenza della vegetazione acquatica, soprattutto di quella sommersa, è stata fortemente influenzata dal ciclo stagionale e non è stato, quindi, possibile scegliere per il campionamento transetti che in tutte le stagioni presentassero le stesse tipologie. In genere si è preferito scegliere transetti caratterizzati dalla presenza di canneto o di vegetazione sommersa, ma come si nota nella tabella 10.19 e nel grafico della figura 10.15 che riportano le frequenze delle 3 tipologie di vegetazione nelle varie stagioni di campionamento,

ciò non è stato sempre fattibile. In particolare in inverno è stato difficile individuare transetti in zone con presenza di vegetazione sommersa (13,33% dei casi), per cui i

stagione	conteggi	assente	canneto	vegetazione sommersa	Totali
inverno	Conteggi	6	7	2	15
	%	40,00%	46,67%	13,33%	100,00%
primavera	Conteggi	10	22	9	41
	%	24,39%	53,66%	21,95%	100,00%
estate	Conteggi	0	2	11	13
	%	0,00%	15,38%	84,62%	100,00%
autunno	Conteggi	7	0	21	28
	%	25,00%	0,00%	75,00%	100,00%
Tutti	Tutti	23	31	43	97

Tabella 10.19 - Tipo di vegetazione: frequenze nelle varie stagioni di campionamento.

campionamenti sono stati effettuati nei pressi del canneto (46,67% dei casi) o in assenza di vegetazione (40,00%). Con il progredire della stagione, al contrario, la vegetazione sommersa ha aumentato la propria diffusione nel lago e tale tipologia è divenuta sempre più importante nella scelta dei transetti utilizzati per il campionamento, raggiungendo il proprio massimo in estate (primavera=21,96%; estate=84,62%; autunno=75,00%). A causa della riduzione dei livelli dell'acqua, che ha comportato nel corso dell'anno un progressivo allontanamento dei campionamenti dalle rive del lago, l'andamento stagionale presentato dal canneto è praticamente



opposto quello della vegetazione sommersa: il canneto, infatti, presenta i propri valori massimi nei transetti effettuati in inverno (46,67% dei casi) ed in primavera (53,66%), mentre diminuisce in estate (15,38%) e scompare del tutto in autunno (0,00%). L'assenza di vegetazione caratterizza il 24,39% dei transetti primaverili ed il 25,00% di quelli autunnali; in estate nessun campionamento è stato effettuato in zone in cui la vegetazione è risultata assente.

Tali cambiamenti, avvenuti nel corso dell'anno, delle frequenze delle tipologie vegetazionali presenti nei transetti indagati permettono di comprendere meglio anche le variazioni osservate negli andamenti stagionali delle CPUE, che sono riportati nelle tabelle 10.20-21 e nelle figure 10.16-17. In inverno le catture medie risultano molto scarse o nulle in tutte le tipologie selezionate, sia per le CPUE N (vegetazione assente=0,03 ind/min; canneto=0,20 ind/min; vegetazione sommersa=0,00 ind/min) che per le CPUE B (vegetazione assente=3,46 g/min; canneto=107,66 g/min; vegetazione sommersa=0,00 g/min). In primavera le catture diventano molto più abbondanti in tutti gli ambienti considerati: i transetti caratterizzati da assenza di vegetazione presentano i valori medi più bassi, sia

dal punto di vista numerico (CPUE N=1,26 ind/min) che ponderale (CPUE B=557,97 g/min); i

Stagione	Tipo di vegetazione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	assente	6	0,03	0,00	0,00	0,15	0,06
	canneto	7	0,20	0,00	0,00	1,10	0,41
	sommersa	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
primavera	assente	10	1,26	0,86	0,00	3,33	1,10
	canneto	22	1,62	0,76	0,00	6,17	1,95
	sommersa	9	4,21	3,56	0,58	12,00	3,54
estate	assente						
	canneto	2	0,63	0,63	0,00	1,25	0,88
	sommersa	11	1,75	1,20	0,25	4,80	1,41
autunno	assente	7	0,36	0,00	0,00	2,36	0,89
	canneto						
	sommersa	21	3,85	2,13	0,00	16,00	4,64

Tabella 10.20 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di vegetazione e per stagione di campionamento.

Stagione	Tipo di vegetazione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	assente	6	3,46	0,00	0,00	20,77	8,48
	canneto	7	107,66	0,00	0,00	542,00	207,13
	sommersa	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
primavera	assente	10	557,97	357,20	0,00	1654,56	585,06
	canneto	22	903,42	338,60	0,00	4368,33	1158,13
	sommersa	9	1666,54	1189,33	243,78	6267,43	1836,69
estate	assente						
	canneto	2	239,13	239,13	0,00	478,25	338,17
	sommersa	11	453,23	398,93	76,00	1439,80	395,79
autunno	assente	7	105,50	0,00	0,00	676,36	252,79
	canneto						
	sommersa	21	542,85	517,15	0,00	1338,00	430,42

Tabella 10.21 - Statistica descrittiva delle CPUE B nel campione disaggregato per tipo di vegetazione e per stagione di campionamento.

trattati con presenza di vegetazione sommersa sono quelli in cui le catture sono sempre più abbondanti (CPUE N=4,21 ind/min; CPUE B=1666,54 g/min), mentre valori intermedi caratterizzano i trattati prossimi al canneto (CPUE N=0,63 ind/min; CPUE B=903,42 g/min). E' quindi soprattutto all'interno del canneto e fra la vegetazione acquatica che si concentrano gli esemplari in riproduzione ed è proprio in virtù di questa elevata concentrazione che in tale periodo dell'anno le catture risultano massime. In estate le abbondanze nelle catture diminuiscono nettamente sia nelle zone con vegetazione sommersa (CPUE N=1,75 ind/min; CPUE B=453,23 g/min), che nel canneto (CPUE N=0,63 ind/min; CPUE B=239,13 g/min), mentre nessun campionamento è stato condotto in questa stagione in località in cui la vegetazione risultava del tutto assente. In autunno le catture rimangono molto scarse in assenza di vegetazione (CPUE N=0,36 ind/min; CPUE B=105,50 g/min), mentre aumentano rispetto all'estate nelle località con vegetazione sommersa (CPUE

N=3,85 ind/min; CPUE B=542,85 g/min); il fatto che l'aumento rispetto alla stagione precedente sia molto più netto per le catture considerate dal punto di vista numerico rispetto a quello ponderale evidenzia che in autunno tale incremento sia in buona parte dovuto alla presenza fra la vegetazione sommersa di molti individui di piccola taglia, soprattutto giovani dell'anno (0+) nati dai precedenti eventi riproduttivi. All'analisi della varianza, dal confronto fra i valori medi nel campione disaggregato per tipo di vegetazione e stagione di campionamento, non emergono differenze statisticamente significative, sia per le CPUE N ($F=0,60$; $P=0,664$) che per le CPUE B ($F=0,69$; $P=0,601$).

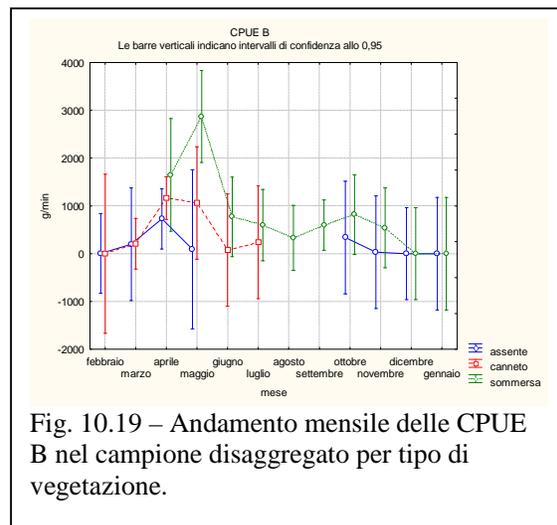
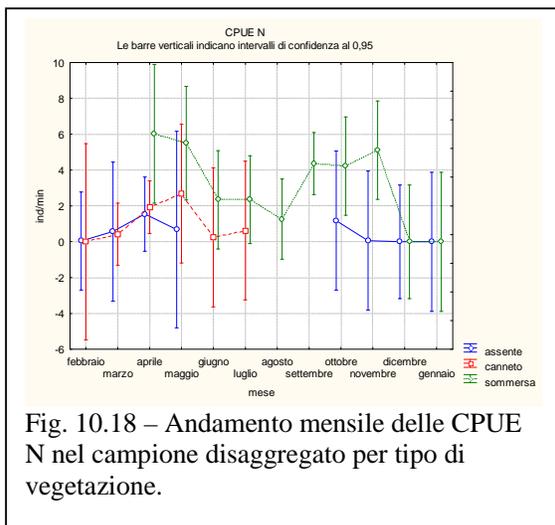
Un'analisi ancora più dettagliata può essere condotta esaminando l'andamento mensile delle catture disaggregate sempre per tipologia di vegetazione, i cui risultati sono riportati nelle tabelle 10.22-23 e nelle figure 10.18-19. Tali risultati confermano quanto già visto in precedenza: nei mesi

Mese	Tipo di vegetazione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	assente	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	canneto	0					
	sommersa	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
febbraio	assente	4	0,04	0,00	0,00	0,15	0,08
	canneto	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sommersa	0					
marzo	assente	2	0,57	0,57	0,13	1,00	0,61
	canneto	10	0,42	0,05	0,00	2,50	0,81
	sommersa	0					
aprile	assente	7	1,54	1,77	0,00	3,33	1,21
	canneto	14	1,93	0,97	0,00	6,17	2,02
	sommersa	2	6,02	6,02	5,00	7,04	1,44
maggio	assente	1	0,68	0,68	0,68	0,68	0,00
	canneto	2	2,69	2,69	0,27	5,11	3,42
	sommersa	3	5,50	3,56	0,94	12,00	5,78
giugno	assente	0					
	canneto	2	0,24	0,24	0,00	0,49	0,34
	sommersa	4	2,34	2,51	0,58	3,78	1,41
luglio	assente	0					
	canneto	2	0,63	0,63	0,00	1,25	0,88
	sommersa	5	2,34	2,50	0,25	4,80	1,91
agosto	assente	0					
	canneto	0					
	sommersa	6	1,26	1,10	0,50	2,11	0,64
settembre	assente	0					
	canneto	0					
	sommersa	10	4,36	2,18	0,00	16,00	5,18
ottobre	assente	2	1,18	1,18	0,00	2,36	1,67
	canneto	0					
	sommersa	4	4,22	2,75	2,00	9,38	3,47
novembre	assente	2	0,06	0,06	0,00	0,13	0,09
	canneto	0					
	sommersa	4	5,10	3,35	0,38	13,33	5,75
dicembre	assente	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	canneto	0					
	sommersa	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 10.22 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di vegetazione e per mese di campionamento.

Mese	Tipo di vegetazione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
gennaio	assente	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	canneto	0					
	sommersa	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
febbraio	assente	4	5,19	0,00	0,00	20,77	10,38
	canneto	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sommersa	0					
marzo	assente	2	195,87	195,87	10,73	381,00	261,82
	canneto	10	209,14	1,27	0,00	1319,35	427,15
	sommersa	0					
aprile	assente	7	728,02	407,86	0,00	1654,56	623,19
	canneto	14	1161,80	623,66	0,00	4368,33	1279,71
	sommersa	2	1648,14	1648,14	1626,48	1669,80	30,63
maggio	assente	1	91,82	91,82	91,82	91,82	0,00
	canneto	2	1060,19	1060,19	79,53	2040,85	1386,86
	sommersa	3	2870,36	2099,89	243,78	6267,43	3084,85
giugno	assente	0					
	canneto	2	75,89	75,89	0,00	151,79	107,33
	sommersa	4	772,88	790,14	321,92	1189,33	370,14
luglio	assente	0					
	canneto	2	239,12	239,12	0,00	478,25	338,17
	sommersa	5	598,44	523,25	76,00	1439,80	563,68
agosto	assente	0					
	canneto	0					
	sommersa	6	332,22	380,04	98,50	461,20	142,99
settembre	assente	0					
	canneto	0					
	sommersa	10	597,69	553,39	0,00	1338,00	482,10
ottobre	assente	2	338,18	338,18	0,00	676,36	478,26
	canneto	0					
	sommersa	4	815,39	811,82	517,15	1120,77	246,61
novembre	assente	2	31,06	31,06	0,00	62,12	43,93
	canneto	0					
	sommersa	4	540,34	509,35	252,50	890,14	270,56
dicembre	assente	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	canneto	0					
	sommersa	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabella 10.23 - Statistica descrittiva delle CPUE B nel campione disaggregato per tipo di vegetazione e per mese di campionamento.



marzo i carassi dorati si avvicinano alla riva in vista della riproduzione e le CPUE risultano in tale mese già di una certa rilevanza, anche se a causa dell'assenza di vegetazione sommersa le catture si

invernali le catture sono molto scarse (febbraio) o nulle (gennaio) in tutti gli ambienti indagati, a concentrano nel canneto (CPUE N=0,42 ind/min; CPUE B=209,14 g/min) o nelle zone in cui la vegetazione è assente (CPUE N=0,57 ind/min; CPUE B=195,87 g/min). Ad aprile le idrofite sommerse cominciano a fare la loro comparsa in molte zone del lago e proprio qui le catture di carassio dorato risultano subito nettamente più abbondanti che altrove (CPUE N=6,02 ind/min; CPUE B=1648,14 g/min); abbastanza copiose sono anche nei pressi del canneto (CPUE N=1,93 ind/min; CPUE B=1161,80 g/min). A maggio le zone con vegetazione sommersa (CPUE N=5,50 ind/min; CPUE B=2870,36 g/min) ed il canneto (CPUE N=2,69 ind/min; CPUE B=1060,19 g/min) si confermano gli ambienti in cui il carassio dorato tende a concentrarsi maggiormente, mentre a partire da giugno le catture si riducono drasticamente in tutte le tipologie considerate (vegetazione sommersa: CPUE N=2,34 ind/min, CPUE B=772,88 g/min; canneto=CPUE N=0,24 ind/min; CPUE B=75,89 g/min). Il carassio dorato si conferma una specie a deposizione fitofila e gli esemplari maturi tendono a concentrarsi nelle zone più ricche di vegetazione specialmente nei periodi in cui la riproduzione è più intensa. All'inizio della primavera, quando le idrofite sommerse sono ancora assenti, il canneto rappresenta comunque un'importante area di frega, la cui rilevanza è probabilmente legata ai livelli del lago; nell'anno in cui è stata effettuata la ricerca le modestissime profondità che caratterizzavano la zona litorale, oltre che impedire in estate i campionamenti nei pressi del canneto, hanno probabilmente comportato una sottostima dell'importanza di tale ambiente per il carassio dorato. Per tutta l'estate sia le CPUE N che le CPUE B si mantengono su livelli abbastanza modesti, poi aumentano di nuovo negli ambienti caratterizzati dalla presenza delle idrofite sommerse a partire da settembre (CPUE N=4,36 ind/min; CPUE B=567,69 g/min); tale incremento nelle catture interessa molto più le abbondanze numeriche e meno quelle ponderali e ciò è dovuto soprattutto alla comparsa nel pescato di numerosi esemplari di piccola taglia e nati nell'anno (0+). I livelli nelle catture si mantengono abbastanza costanti fino a dicembre, mese in cui i carassi dorati si sono allontanati dalla riva e non sono stati più pescati con l'elettrostorditore.

10.8 Confronto tra tipi di fondo nelle catture del carassio dorato

Nella tabella 10.24-25 viene riportata la statistica descrittiva rispettivamente delle CPUE N e delle CPUE

Tipo di fondo	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
limo	81	2,19	1,00	0,00	16,00	3,12
sabbia	16	0,91	0,00	0,00	5,64	1,82

Tabella 10.24 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di fondo.

B nel campione distinto per tipo di fondo (sabbia o limo) presente nei transetti indagati, mentre le figure 10.20-21 ne illustrano i rispettivi plot box and whisker. I risultati dell'analisi evidenzia-no come i dati risultino molto variabili: in tutte le tipologie campionate in almeno

un'occasione non sono state effettuate catture (CPUE N: valore minimo=0,00 ind/min; CPUE B:

Tipo di fondo	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
limo	81	683,63	407,86	0,00	6267,43	977,06
sabbia	16	216,03	0,00	0,00	2040,85	521,17

Tabella 10.25 - Statistica descrittiva delle CPUE B nel campione disaggregato per tipo di fondo.

valore minimo=0,00 g/min). I valori massimi di CPUE N sono molto elevati e variano da 16,00 ind/min per i fondali in cui è prevalente il limo, a 5,64 ind/min per i fondi a prevalenza di sabbia g/min; per le CPUE B i valori massimi variano da 6.267,43 g/min per il limo a 2.040,00 g/min per la sabbia. Le catture medie più elevate, sia dal punto di vista numerico che di biomassa, sono state registrate nei transetti caratterizzati dalla prevalenza di limo sul fondo (CPUE N=2,19 ind/min; CPUE B=683,63 g/min), mentre dove a predominare è la sabbia le catture risultano nettamente inferiori (CPUE N=0,91 ind/min; CPUE B=216,03 g/min). Al t-test le differenze fra i valori medi calcolati per le diverse tipologie di fondo non sono comunque risultate significative, né per le CPUE N ($t=2,51$; $P=0,116$) né per le CPUE B ($t=3,45$; $P=0,066$).

10.9 Utilizzo dell'elettrostorditore nelle catture del carassio dorato

Nella tabella 10.26 viene riportata la statistica descrittiva delle CPUE N nel campione distinto per tipo di anodo utilizzato durante i campiona-

Tipo di anodo	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
30	4	7,19	5,13	2,50	16,00	6,02
35	10	2,41	2,02	0,00	7,04	2,16
40	64	1,80	0,62	0,00	13,33	2,74
50	14	1,70	0,97	0,00	10,50	2,68

Tabella 10.26 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di anodo.

menti, mentre la figura 10.22 ne illustra il rispettivo plot box and whisker. Si precisa che nel caso dell'utilizzo dell'elettrostorditore sono state considerate soltanto le catture numeriche, in quanto in genere la pesca elettrica risulta meno efficace nei confronti degli esemplari di più piccola taglia (Marconato, 1991) e quindi di per sé un numero più elevato di esemplari catturati è indice di una maggiore efficienza. Gli anodi utilizzati sono stati tutti di forma circolare, con dimensioni della circonferenza variabili; sono stati testati 4 differenti

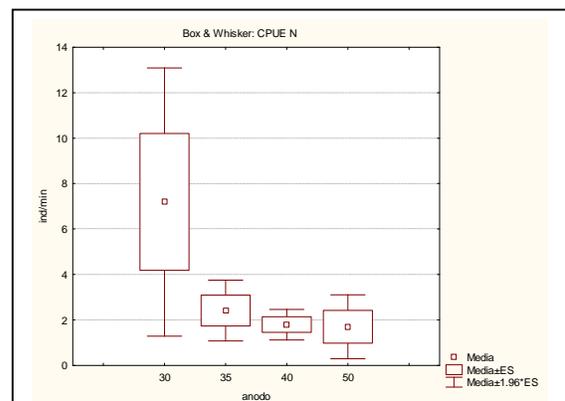


Fig. 10.22 – Confronto delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di anodo.

anodi con diametro di 30 cm, 35 cm, 40 cm e 50 cm. I risultati dell'analisi evidenziano come all'aumentare delle dimensioni dell'anodo le catture numeriche tendono progressivamente a diminuire: l'anodo di 30 cm di diametro si è rivelato, infatti, il più efficiente ed è quello in grado di catturare il maggior numero medio di carassi dorati nell'unità di tempo; il valore medio delle sue CPUE N è molto elevato e pari a 7,16 ind/min. La variabilità nelle catture ottenute con tale attrezzo è comunque elevata e in nessun caso non è stato catturato neanche un carassio dorato (valore minimo=2,50 ind/min), mentre nelle situazioni più propizie sono stati pescati fino a 16,00 ind/min. Per quanto riguarda gli altri elettrodi le differenze fra le varie misure della circonferenza dell'anodo sono meno pronunciate: l'anodo da 35 cm si caratterizza per un valore medio delle CPUE N di 2,41 ind/min, con una variazione compresa fra un minimo di 0,00 ind/min ed un massimo 7,04 ind/min; l'anodo da 40 cm presenta un valore medio di 1,80 ind/min, con un minimo di 0,00 ind/min ed un massimo di 13,33 ind/min; l'anodo da 50 cm presenta un valore medio di 1,70 ind/min, con un minimo di 0,00 ind/min ed un massimo di 10,50 ind/min. All'analisi della varianza le differenze nelle catture numeriche medie fra i vari tipi di anodo sono risultate altamente significative (F=4,61; P=0,005).

L'analisi di regressione fra il diametro dell'anodo e le CPUE N, i cui risultati sono illustrati nella figura 10.23, mostra l'esistenza di una correlazione negativa ($r=-0,21$) e statisticamente significativa fra le due variabili (P=0,042); l'equazione trovata è la seguente:

$$\text{CPUE N (ind/min)} = 7,59 - 0,14 \text{ diametro anodo (cm)}$$

$$(R^2 = 4,50\%).$$

Al diminuire delle dimensioni dell'elettrodo l'efficienza di cattura appare aumentare: anodi di diametro molto piccolo sono in grado di creare

campi elettrici più concentrati e più intensi (Mearelli *et al.*, 2002), questo riduce l'ampiezza del campo elettrico e quindi anche la distanza dalla quale un pesce può essere attratto e catturato, ma in un ambiente caratterizzato da una conducibilità elettrica molto elevata, come il lago Trasimeno, ciò migliora la probabilità di cattura. Soprattutto in periodi in cui i pesci sono molto concentrati, come durante la riproduzione, l'utilizzo di un anodo di piccole dimensioni può risultare molto efficace, anche in considerazione del fatto che nei confronti del carassio dorato non intervengono valutazioni sulla necessità di limitare i danni causati agli individui da un eventuale campo elettrico troppo intenso.

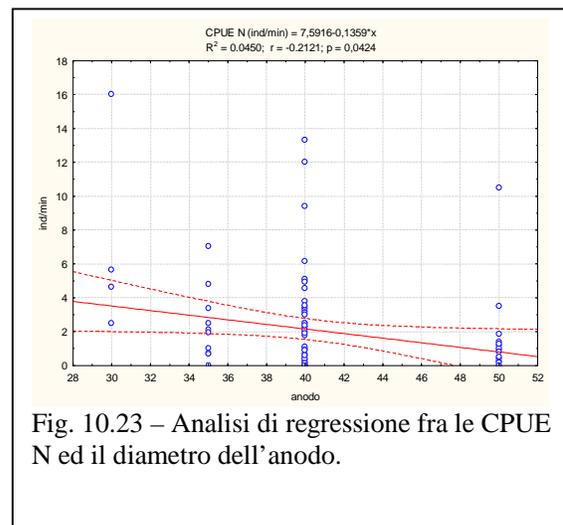


Fig. 10.23 – Analisi di regressione fra le CPUE N ed il diametro dell'anodo.

Nella tabella 10.27 viene riportata la statistica descrittiva delle CPUE N nel campione distinto per tipo di catodo utilizzato durante i campionamenti, mentre la figura 10.24 ne illustra il rispettivo plot box and whisker.

Tipo di catodo	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
50	60	1,28	0,21	0,00	13,33	2,38
80	4	0,92	0,65	0,49	1,90	0,66
120	10	4,41	4,28	0,27	12,00	3,55
180	10	1,90	2,02	0,00	4,80	1,46

Tabella 10.27 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di catodo.

I catodi utilizzati sono stati di 2 tipi: il primo era costituito da una treccia di rame di 3 cm di larghezza e di lunghezza variabile (50 cm, 80 cm, 120 cm e 180 cm), mentre il secondo era rappresentato da una piastra di rame, con forma rettangolare e dimensioni 40 x 60 cm, montata su di un supporto galleggiante. I risultati dell'analisi evidenziano come il catodo rappresentato dalla

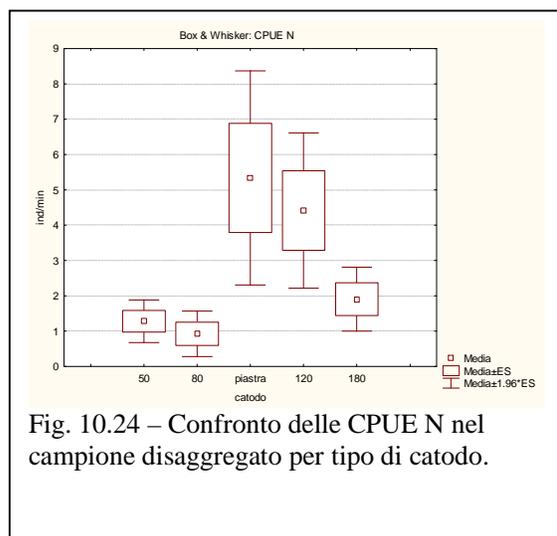


Fig. 10.24 – Confronto delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di catodo.

piastra di rame si sia rivelato l'elettrodo più efficiente: il suo valore medio di CPUE N è infatti il più elevato e pari a 5,33 ind/min; la variabilità nelle catture è comunque elevata ed oscilla fra un valore minimo di 2,00 ind/min ed un valore massimo di 16,00 ind/min. Per quanto riguarda gli altri elettrodi il catodo costituito da una treccia di rame lunga 120 cm è quello che più si avvicina alle prestazioni della piastra, con un valore medio delle CPUE N pari a 4,41 ind/min; l'intervallo di variazione di tale elettrodo è compreso fra un minimo di 0,27 ind/min ed un massimo 12,00 ind/min. Tutti gli altri catodi denunciano prestazioni nettamente inferiori: la treccia da 50 cm di lunghezza presenta un valore medio di 1,28 ind/min, con un minimo di 0,00 ind/min ed un massimo di 13,33 ind/min; la treccia da 80 cm risulta l'attrezzo meno efficiente fra tutti, in quanto presenta un valore medio di 0,92 ind/min, con un minimo di 0,49 ind/min ed un massimo di 1,90 ind/min; la treccia da 180 cm presenta un valore medio di 1,90 ind/min, con un minimo di 0,00 ind/min ed un massimo di 4,80 ind/min. All'analisi della varianza le differenze nelle catture numeriche medie fra i vari tipi di catodo sono risultate altamente significative ($F=6,66$; $P=0,000$).

Per evidenziare quale abbinamento catodo-anodo fornisca le migliori prestazioni è stata effettuata un'analisi della varianza fattoriale, i cui risultati sono riportati nella tabella 10.28 e nel grafico della figura 10.25. I risultati appaiono parziali e sicuramente l'analisi dell'efficienza delle catture con l'elettrostorditore necessita di ulteriori approfondimenti, in quanto molte delle possibili

coppie di abbinamenti fra elettrodi non sono stati testate. In ogni caso le CPUE N medie più elevate sono risultate caratterizzare le pescate effettuate con un elettrostorditore munito di una piastra galleggiante (40x60 cm) come catodo e di un anodo circolare da 30 cm di diametro: con tale attrezzatura sono stati catturati mediamente 7,19 ind/min, con una variazione compresa fra un minimo di 2,50 ind/min ed un massimo di 16,00 ind/min. Molto buone, comunque, sono state anche le prestazioni fornite dalla piastra di rame come catodo abbinata

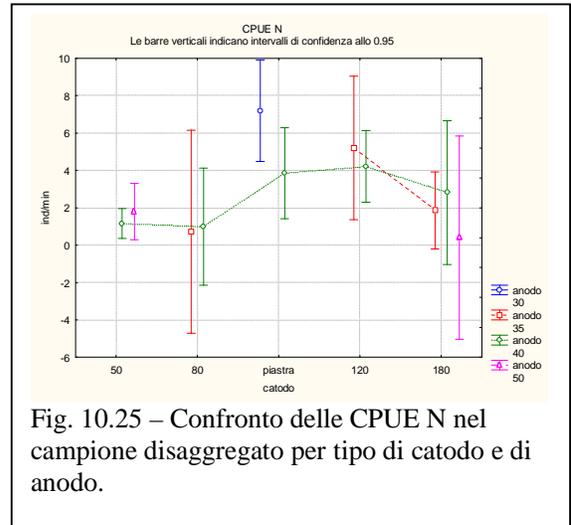


Fig. 10.25 – Confronto delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di catodo e di anodo.

Tipo di anodo	Tipo di catodo	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
30	piastra	4	7,19	5,13	2,50	16,00	6,02
35	80	1	0,71	0,71	0,71	0,71	0,00
35	120	2	5,21	5,21	3,38	7,04	2,59
35	180	7	1,86	1,93	0,00	4,80	1,57
40	50	46	1,16	0,11	0,00	13,33	2,29
40	80	3	0,99	0,58	0,49	1,90	0,79
40	piastra	5	3,85	2,50	2,00	9,38	3,11
40	120	8	4,22	4,28	0,27	12,00	3,87
40	180	2	2,81	2,81	2,29	3,33	0,74
50	50	13	1,80	1,00	0,00	10,50	2,77
50	180	1	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00

Tabella 10.28 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per tipo di catodo e di anodo.

con un anodo da 40 cm di diametro (valore medio CPUE N=3,85 ind/min; valore minimo=2,00 ind/min; valore massimo=9,38 ind/min) e dalla treccia di rame di 120 cm di lunghezza abbinata con anodi diversi (anodo da 35 cm di diametro: valore medio CPUE N=5,21 ind/min; valore minimo=3,38 ind/min; valore massimo=7,04 ind/min) (anodo da 40 cm di diametro: valore medio CPUE N=4,22 ind/min; valore minimo=0,27 ind/min; valore massimo=12,00 ind/min). All'analisi della varianza, tuttavia, le differenze osservate fra le catture numeriche medie nel campione disaggregato per coppie diverse di anodo e catodo non sono risultate statisticamente significative (F=0,31; P=0,816).

Nella tabella 10.29 viene riportata, infine, la statistica descrittiva delle CPUE N nel campione distinto per frequenza degli

Impulsi	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
60	8	3,62	3,22	0,27	12,00	3,78
80	23	3,50	2,29	0,00	16,00	3,80
100	54	1,16	0,39	0,00	13,33	2,12

Tabella 10.29 - Statistica descrittiva delle CPUE N nel campione disaggregato per frequenza degli impulsi.

impulsi utilizzati durante i campionamenti, mentre la figura 10.26 ne illustra il rispettivo grafico box and whisker. Sono state applicate 3 diverse frequenze degli impulsi: 60, 80 e 100 Hertz. I risultati dell'analisi evidenziano come all'aumentare del numero degli impulsi le catture numeriche tendano a diminuire e come la frequenza di 60 Hertz si sia rivelata la più efficace di tutte: il valore medio di CPUE N è infatti il più elevato fra quelli registrati e risulta pari a 3,62 ind/min; la variabilità è comunque elevata ed oscilla fra un valore minimo di 0,27 ind/min ed un valore massimo di 12,00 ind/min. Per quanto riguarda le altre frequenze, con 80 Hertz il valore medio delle CPUE N è pari a 3,50 ind/min, con una variazione compresa fra un minimo di 0,00 ind/min ed un massimo 16,00 ind/min; con 100 Hertz le prestazioni dell'elettrostorditore nei confronti del carassio dorato sembrano nettamente ridotte: il valore medio risulta infatti molto inferiore ai due casi precedenti (1,16 ind/min), con una variazione che oscilla fra un minimo di 0,00 ind/min ed un massimo di 13,33 ind/min. All'analisi della varianza le differenze nelle catture numeriche medie fra le diverse frequenze utilizzate sono risultate altamente significative ($F=6,90$; $P=0,002$).

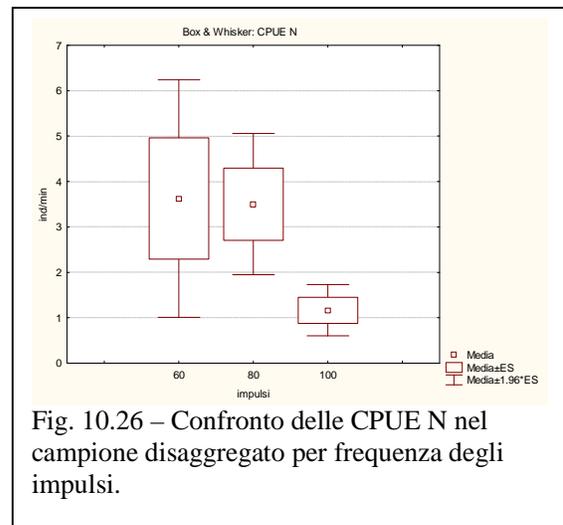


Fig. 10.26 – Confronto delle CPUE N nel campione disaggregato per frequenza degli impulsi.

11. RISULTATI: CATTURE CON LE RETI

11.1 Descrizione del campione

Nel corso dei campionamenti condotti mediante le reti, oltre al carassio dorato, sono state catturate altre 8 specie ittiche ed un crostaceo decapode (*Procambarus clarckii*): le reti, quindi sono risultate maggiormente selettive rispetto all'elettrostorditore, in quanto non hanno consentito la cattura dell'alborella, della carpa, del latterino e della pseudorasbora. Ad eccezione della carpa, le altre specie sono di dimensioni ridotte e la loro assenza nel campione catturato con le reti appare giustificata dalla grandezza delle maglie utilizzate. L'elenco delle specie catturate con le reti è

riportato nella tabella 11.1, unitamente al numero di individui ed alla biomassa campionati: escludendo il carassio dorato sono stati catturati complessivamente 1038 esemplari, per un peso totale di 174,029 kg; in

Specie	Numero individui	Peso (g)	% numero	% peso
Anguilla	6	500	0,56	0,29
Luccio	2	1764	0,19	1,01
Persico reale	91	5757	8,50	3,31
Persico sole	145	4615	13,54	2,65
Persico trota	118	34308	11,02	19,71
Pesce gatto	140	9520	13,07	5,47
Scardola	396	53264	36,97	30,61
Tinca	140	64301	13,07	36,95
Totale	1038	174029	96,92	100,00

Tabella 11.1 – Catture effettuate con le reti ripartite per specie ittica (carassio dorato escluso).

termini numerici la specie maggiormente rappresentata nel pescato è costituita dalla scardola, con 396 individui pari al 36,97% del totale; abbondanti sono anche il persico sole (4615 ind, 13,54%), il pesce gatto (140 ind, 13,07%), la tinca (140 ind, 13,07%) ed il persico trota (118 ind, 11,02%) (Fig.11.1). Per quanto riguarda la biomassa (Fig.11.2), la specie che assomma al maggior numero di

catture è la tinca, con 64,301 kg pari al 36,95% del totale; seguono la scardola con 53,264 kg (30,61%) ed il persico trota con 34,308 kg (19,71%).

Il confronto fra le catture delle reti rispetto a quelle effettuate con l'elettrostorditore mostra che le differenze nelle frequenze ripartite per

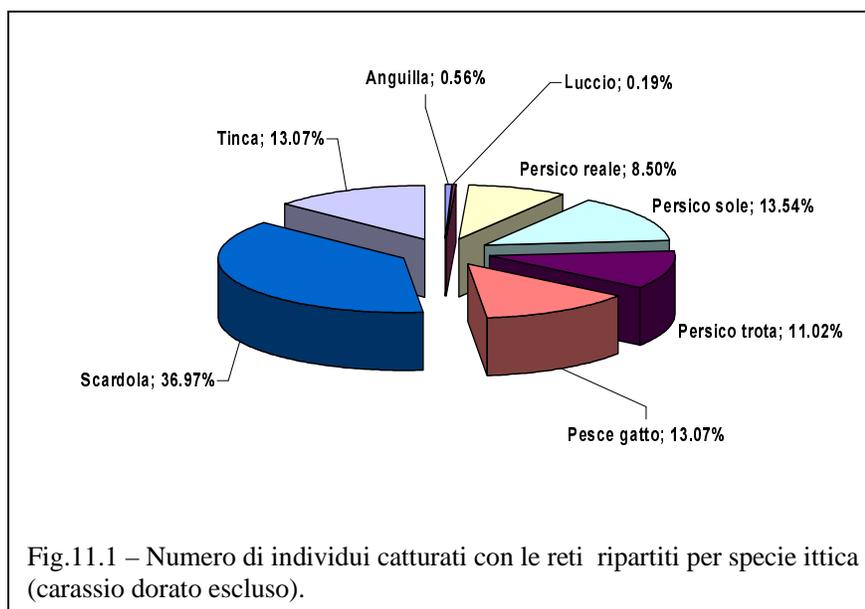


Fig.11.1 – Numero di individui catturati con le reti ripartiti per specie ittica (carassio dorato escluso).

specie ittica risultano altamente significative, sia considerando il numero di individui ($\chi^2=76,550$; $P=0,000$) che la biomassa ($\chi^2=54,513$; $P=0,000$). Tale analisi, quindi, conferma che i due differenti sistemi di pesca mostrano un diverso grado di selettività e quindi

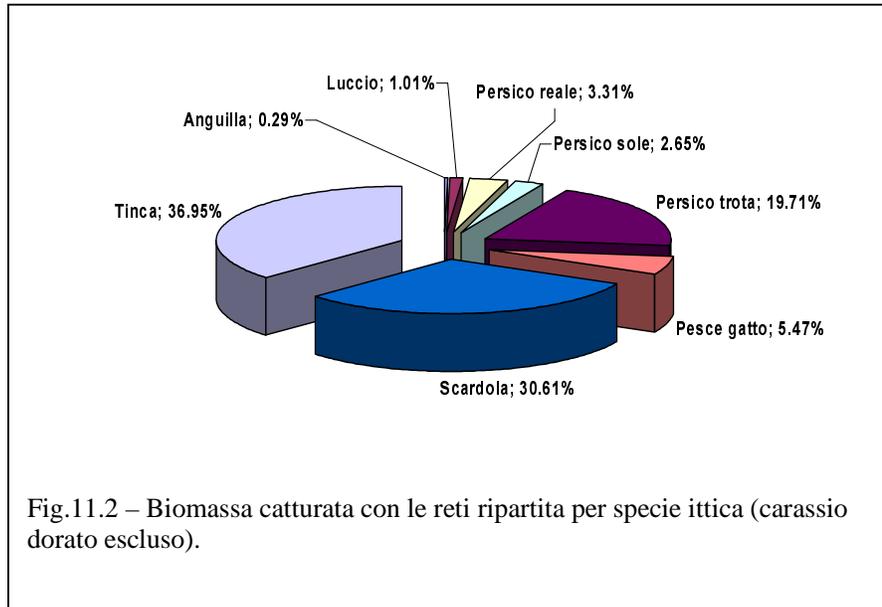


Fig.11.2 – Biomassa catturata con le reti ripartita per specie ittica (carassio dorato escluso).

operano con una diversa efficienza di cattura sulle varie specie ittiche.

Per quanto riguarda il carassio sono stati catturati complessivamente 1.438 individui per una biomassa totale di 476,17 kg; rispetto al campione complessivo costituito da tutte le specie, le catture del carassio dorato rappresentano il 58,08% degli individui ed il 73,23% della biomassa. Tali percentuali sono più elevate rispetto a quelle calcolate sulle catture dell'elettrostorditore quindi le reti mostrano, anche in questo caso, di avere un maggiore selettività nei riguardi del carassio dorato.

La statistica descrittiva del campione di carassio dorato catturato mediante reti è riportata nella tabella 11.2: la media della lunghezza totale degli esemplari è pari a 24,47 cm, con valori compresi

	N° Valori	Valore medio	Valore minimo	Valore massimo	Mediana	Deviazione standard
LT (cm)	1429	24,47	8,70	37,70	23,90	7,33
Peso (g)	1041	321,01	11,00	1024,00	234,00	255,10
Età (anni)	1019	2,95	0,58	6,25	2,67	1,33

Tabella 11.2 – Statistica descrittiva degli individui catturati con le reti.

nell'intervallo 8,7-37,70 cm; il peso è compreso nell'intervallo che varia da 11 a 1024 g, con un valore medio di 234,00 g; l'età varia da un minimo di 0,58 ad un massimo di 6,25 anni, con un valore medio di 2,95 anni. Il confronto fra le catture effettuate con le reti rispetto a quelle ottenute mediante elettrostorditore (Fig.11.3-5) evidenzia che la pesca elettrica ha condotto alla cattura di esemplari mediamente più corti e quindi più giovani rispetto alle reti, ma di peso più elevato. Ciò, evidentemente, poiché le catture effettuate mediante elettrostorditore si sono concentrate maggiormente prima e durante il periodo riproduttivo, quando le femmine presentavano le gonadi mature; le reti hanno, al contrario, garantito un'alta efficienza di cattura durante tutti i mesi dell'anno.

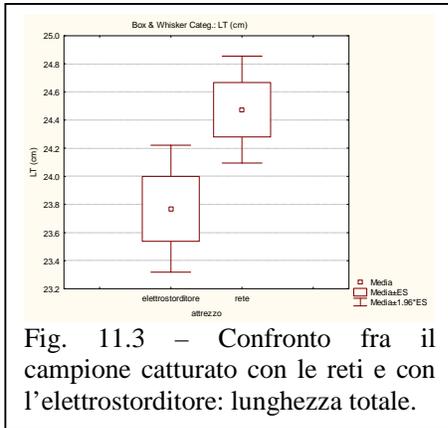


Fig. 11.3 – Confronto fra il campione catturato con le reti e con l'elettrostorditore: lunghezza totale.

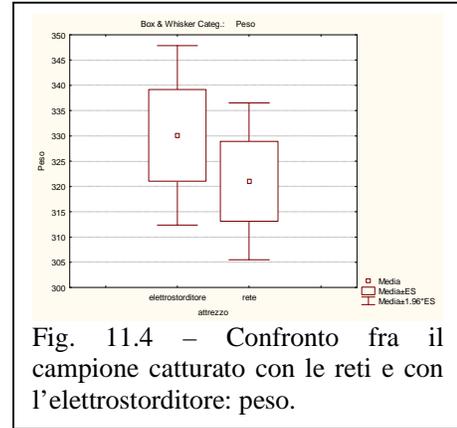


Fig. 11.4 – Confronto fra il campione catturato con le reti e con l'elettrostorditore: peso.

All'analisi della varianza, tuttavia, le differenze non sono risultate statisticamente significative per nessuno dei parametri analizzati (LT: $F=1,70$; $p=0,193$)(peso: $F=2,57$; $p=0,109$) (età: $F=0,25$; $p=0,618$).

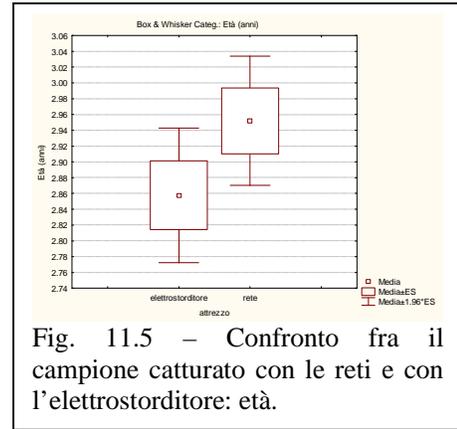


Fig. 11.5 – Confronto fra il campione catturato con le reti e con l'elettrostorditore: età.

11.2 Catture per unità di sforzo (CPUE) delle altane

Nelle tabelle 11.3-4 è riportata la statistica descrittiva delle catture effettuate con le altane per tutte le specie ittiche, standardizzate per unità di sforzo, mentre i grafici delle figure 11.6-7 riportano i relativi plot box and whisker.

CPUE N (ind/m ² /h)	N° Valori	Valore medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
Carassio dorato	84	0,0298	0,0238	0,0000	0,1690	0,0303
Persico reale	84	0,0026	0,0000	0,0000	0,1212	0,0140
Persico sole	84	0,0032	0,0000	0,0000	0,1267	0,0185
Scardola	84	0,0292	0,0000	0,0000	1,3826	0,1520
Tinca	84	0,0038	0,0000	0,0000	0,0333	0,0072
Persico trota	84	0,0018	0,0000	0,0000	0,0267	0,0045
Pesce gatto	84	0,0118	0,0000	0,0000	0,7143	0,0783
Luccio	84	0,0001	0,0000	0,0000	0,0033	0,0004
Totale delle catture	84	0,0823	0,0500	0,0000	1,4205	0,1762

Tabella 11.3 – Statistica descrittiva delle CPUE N disaggregate per specie ittica.

CPUE B (g/m ² /h)	N° Valori	Valore medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
Carassio dorato	84	8,4796	6,8348	0,0000	41,5633	8,1116
Persico reale	84	0,2294	0,0000	0,0000	10,6061	1,2381
Persico sole	84	0,1787	0,0000	0,0000	11,3636	1,2699
Scardola	84	1,6818	0,0000	0,0000	15,6250	3,5994
Tinca	84	1,1572	0,0000	0,0000	15,4762	2,4159
Persico trota	84	0,4336	0,0000	0,0000	6,5476	1,0872
Pesce gatto	84	0,3031	0,0000	0,0000	6,6667	1,0045
Luccio	84	0,0667	0,0000	0,0000	4,9133	0,5405
Totale delle catture	84	12,5301	11,8075	0,0000	44,0633	8,4447

Tabella 11.4 – Statistica descrittiva delle CPUE B disaggregate per specie ittica.

Durante l'intero periodo di campionamento il numero degli attrezzi utilizzati è stato di 84; le specie catturate sono 8 (carassio dorato incluso) in quanto l'anguilla non è mai stata pescata con le altane. Le catture totali sono risultate pari a 0,082 ind/m²/h con una biomassa corrispondente di 12,53 g/m²/h; i valori delle CPUE N totali oscillano tra un minimo di 0,00 ind/m²/h ed un massimo di 1,42 ind/m²/h, mentre quelli delle CPUE B variano da un minimo di 0,00 g/m²/h ad un massimo di 44,06 g/m²/h. Per quanto riguarda il carassio dorato tale specie risulta in assoluto la specie più catturata sia dal punto di vista numerico, che ponderale: gli individui pescati nell'unità di tempo per metro quadrato di rete sono stati 0,03, per un peso corrispondente a 8,48 g/m²/h. Le CPUE N del carassio dorato variano da un minimo di 0,00 ind/m²/h ad un massimo di 0,17 ind/m²/h, mentre le CPUE B sono comprese tra un valore minimo di 0,00 g/m²/h ed un valore massimo di 41,56 g/m²/h. La sola specie che eguaglia dal punto di vista numerico le catture del carassio dorato è costituita dalla scardola: gli individui catturati nell'unità di tempo per metro quadrato di rete sono stati, infatti, 0,03, lo stesso valore calcolato per il carassio; nel caso della scardola, tuttavia, la biomassa catturata per unità di sforzo è nettamente inferiore e pari a 1,68 g/m²/h. Le CPUE N della scardola variano da un minimo di 0,00 ind/m²/h ad un massimo di 1,38 ind/m²/h, mentre le CPUE B sono comprese tra un valore minimo di 0,00 g/m²/h ed un valore massimo di 15,62 g/m²/h. All'analisi della varianza le differenze nei valori medi delle CPUE disaggregate per specie ittica sono risultate statisticamente significative per le catture numeriche (F=3,35; P=0,002) ed altamente significative per le catture ponderali (F=60,45; P=0,000).

11.3 Catture per unità di sforzo (CPUE) dei tofi

Nelle tabelle 11.5-6 è riportata la statistica descrittiva delle catture effettuate con i tofi per tutte le specie ittiche, standardizzate per unità di sforzo, mentre i grafici delle figure 11.8-9 riportano i relativi plot box and whisker. Durante l'intero periodo di campionamento il numero degli attrezzi utilizzati è stato di 24. Le specie ittiche catturate sono 8 (carassio dorato incluso) in quanto il luccio non è mai stato pescato con i tofi, a queste si aggiunge un crostaceo decapode, il gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*). Le catture totali sono risultate pari a 3,56 ind/h con una

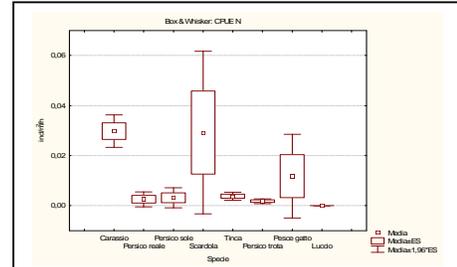


Fig. 11.6 – Confronto fra le CPUE N delle varie specie ittiche catturate con le altane.

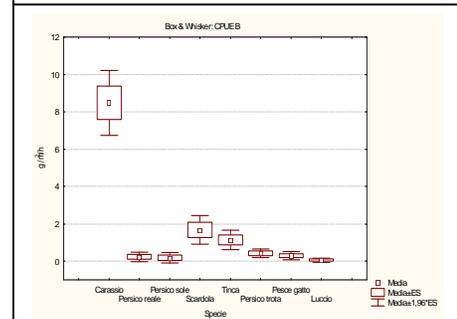


Fig. 11.7 – Confronto fra le CPUE B delle varie specie ittiche catturate

biomassa
 corrispondente
 di 422,61 g/h; i
 valori delle
 CPUE N totali
 oscillano tra un
 minimo di 0,00
 ind/h ed un
 massimo di
 10,67 ind/h,
 mentre quelli
 delle CPUE B
 variano da un
 minimo di 0,00
 g/m²/h ad un
 massimo di

CPUE N (ind/h)	N° Valori	Valore medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
Carassio dorato	24	1,65	1,50	0,00	4,75	1,48
Persico reale	24	0,22	0,00	0,00	2,33	0,67
Persico sole	24	0,49	0,00	0,00	2,50	0,80
Scardola	24	0,01	0,00	0,00	0,17	0,05
Tinca	24	0,07	0,00	0,00	0,42	0,13
Persico trota	24	0,43	0,00	0,00	5,00	1,44
Persico gatto	24	0,42	0,29	0,00	1,25	0,42
Anguilla	24	0,04	0,00	0,00	0,25	0,08
Totale delle catture	24	3,56	2,50	0,25	10,67	2,96

Tabella 11.5 – Statistica descrittiva delle CPUE N disaggregate per specie ittica.

CPUE B (g/h)	N° Valori	Valore medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard
Carassio dorato	24	246,97	245,67	0,00	577,42	202,88
Persico reale	24	1,99	0,00	0,00	16,67	4,90
Persico sole	24	5,87	0,00	0,00	25,00	9,05
Scardola	24	1,39	0,00	0,00	16,67	4,81
Tinca	24	13,54	0,00	0,00	50,00	20,50
Persico trota	24	133,33	0,00	0,00	1583,33	456,66
Persico gatto	24	16,04	10,42	0,00	41,67	15,83
Anguilla	24	3,47	0,00	0,00	16,67	6,61
Totale delle catture	24	422,61	261,33	10,00	2077,67	555,41

Tabella 11.6 – Statistica descrittiva delle CPUE B disaggregate per specie ittica.

2.077,67 g/h. Per quanto riguarda il carassio dorato tale specie risulta in assoluto la specie mediamente più catturata sia dal punto di vista numerico, che ponderale: gli esemplari pescati nell'unità di tempo con i tofi sono stati 1,65, per un peso corrispondente a 246,96 g/h. Le CPUE N del carassio dorato variano da un minimo di 0,00 ind/h ad un massimo di 4,75 ind/h, mentre le CPUE B sono comprese tra un valore minimo di 0,00 g/m²/h ed un valore massimo di 577,42 g/h. Le specie più pescate dopo il carassio dorato sono costituite dal persico sole (CPUE N: valore medio=0,49 ind/h; CPUE B: valore medio=5,87 g/h), dal persico trota (CPUE N: valore medio=0,43 ind/h; CPUE B: valore medio=133,33 g/h) e dal pesce gatto (CPUE N: valore medio=0,42 ind/h; CPUE B: valore medio=16,04 g/h); la scardola, che nelle altane rappresentava la specie più catturata dopo il carassio dorato, nei tofi è poco rappresentata (CPUE N: valore medio=0,01 ind/h; CPUE B: valore medio=1,39 g/h). All'analisi della varianza le differenze nei

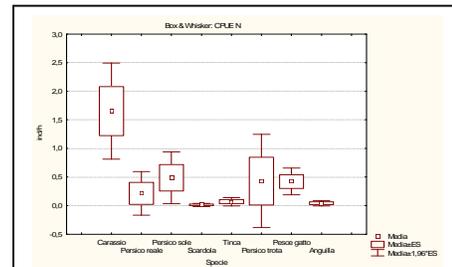


Fig. 11.8 – Confronto fra le CPUE N delle varie specie ittiche catturate con i tofi.

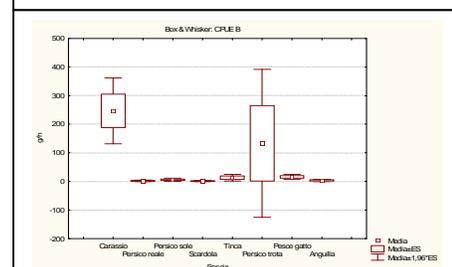


Fig. 11.9 – Confronto fra le CPUE B delle varie specie ittiche catturate con i tofi.

valori medi delle CPUE disaggregate per specie ittica sono risultate altamente significative, sia per le catture numeriche (F=4,44; P=0,000) che per quelle ponderali (F=3,12; P=0,006).

11.4 Correlazioni delle catture del carassio dorato con quelle delle altre specie

Per verificare il grado di associazione fra le catture del carassio dorato con quelle delle altre specie ittiche è stata effettuata un'analisi di correlazione, separata per le altane ed i tofi, i cui risultati sono riportati nelle tabelle 11.7-10. Per quanto riguarda le altane, le CPUE N del carassio dorato (Tab.11.7) non sono correlate in modo statisticamente

Specie	r	P
Persico reale	-0,03	0,777
Persico sole	-0,17	0,125
Scardola	-0,04	0,688
Tinca	-0,10	0,352
Persico trota	-0,09	0,429
Pesce gatto	-0,10	0,343
Luccio	-0,05	0,666
Tutte le specie	0,06	0,587

Tabella 11.7 – Altane: analisi di correlazione fra le CPUE N del carassio dorato e quello delle altre specie.

Specie	r	P
Persico reale	-0,04	0,914
Persico sole	-0,28	0,375
Scardola	-0,30	0,346
Tinca	-0,09	0,777
Persico trota	0,00	0,988
Persico gatto	-0,36	0,255
Anguilla	0,19	0,556
Tutte le specie	0,34	0,284

Tabella 11.9 – Tofi: analisi di correlazione fra le CPUE N del carassio dorato e quello delle altre specie.

Specie	r	P
Persico reale	-0,13	0,228
Persico sole	-0,15	0,179
Scardola	-0,13	0,238
Tinca	0,06	0,575
Persico trota	-0,12	0,275
Pesce gatto	-0,19	0,079
Luccio	-0,04	0,705
Tutte le specie	0,84	0,000

Tabella 11.8 – Altane: analisi di correlazione fra le CPUE B del carassio dorato e quello delle altre specie

Specie	r	P
Persico reale	0,14	0,657
Persico sole	-0,26	0,406
Scardola	-0,35	0,270
Tinca	0,07	0,824
Persico trota	0,32	0,313
Persico gatto	-0,36	0,250
Anguilla	0,24	0,458
Tutte le specie	0,62	0,033

Tabella 11.10 – Tofi: analisi di correlazione fra le CPUE B del carassio dorato e quello delle altre specie.

significativo con nessun'altra specie, mentre le CPUE B del carassio dorato sono correlate in modo positivo e altamente significativo (Tab.11.8) con la biomassa totale (r=0,84; P=0,000), cioè con il pescato complessivo di tutte le specie ittiche catturate con le altane.

Per quanto riguarda i tofi, le CPUE N del carassio dorato (Tab.11.9) non sono correlate in modo statisticamente significativo con nessuna specie, mentre le CPUE B del carassio dorato sono correlate in modo positivo e significativo (Tab.11.10) con la biomassa totale (r=0,62; P=0,033), cioè con il pescato complessivo di tutte le specie ittiche catturate con i tofi.

L'analisi indica quindi che per quanto riguarda le catture effettuate mediante reti, il carassio dorato rappresenta la specie che più delle altre condiziona e caratterizza il peso del pescato complessivo.

11.5 Confronto nelle CPUE del carassio dorato fra altane di maglia diversa

Le tabelle 11.11-12 riportano la statistica descrittiva delle catture di carassio dorato effettuate dalle altane aventi maglie di diversa ampiezza, mentre i grafici delle figure 11.10-11 illustrano i relativi plot box and whisker. Per quanto riguarda le catture numeriche non emergono differenze sostanziali fra reti diverse (Tab.11.11 e Fig.11.10): la maggior parte delle altane (maglie da 22, 25, 35 e 40

Maglia	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
rete 22	12	0,03	0,02	0,00	0,09	0,03
rete 25	12	0,03	0,03	0,00	0,12	0,03
rete 28	12	0,04	0,03	0,00	0,08	0,02
rete 35	12	0,03	0,02	0,00	0,17	0,04
rete 40	12	0,04	0,03	0,00	0,14	0,04
rete 50	12	0,03	0,03	0,01	0,09	0,03
rete 70	12	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01

Tabella 11.11 - Statistica descrittiva delle CPUE N delle altane nel campione disaggregato per tipo di maglia.

Maglia	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
rete 22	12	3,02	1,89	0,00	11,75	3,82
rete 25	12	5,39	5,92	0,00	13,37	4,79
rete 28	12	7,07	6,71	0,17	12,74	3,52
rete 35	12	7,73	5,83	0,00	28,35	7,42
rete 40	12	13,78	10,95	0,00	32,17	9,81
rete 50	12	17,06	14,23	7,10	41,56	10,47
rete 70	12	5,30	5,48	0,00	12,77	4,24

Tabella 11.12 - Statistica descrittiva delle CPUE B delle altane nel campione disaggregato per tipo di maglia.

mm) presenta valori medi di CPUE N pari a 0,03 individui per metro quadrato di rete per ora di campionamento, mentre valori medi solo leggermente superiori e pari a 0,04 ind/m²/h sono raggiunti dalle reti da 28 e da 40 mm; si discosta da tale omogeneità la maglia da 70 mm, che risulta in assoluto la meno catturante di tutte, con un valore medio di CPUE N pari a 0,01 ind/m²/h. Nelle situazioni meno favorevoli tutte le reti, ad eccezione di quelle con maglia da 28 (valore minimo=0,001 ind/m²/h) e da 50 mm (valore minimo=0,01 ind/m²/h), non hanno catturato neanche un carassio dorato (valore minimo=0,00 ind/m²/h); i valori massimi raggiunti dalle CPUE N variano, invece, da 0,02 ind/m²/h (rete da 70 mm) a 0,17 ind/m²/h (rete da 35 mm).

Per quanto riguarda le catture ponderali la situazione è molto differente, in quanto le reti divergono in modo molto più sostanziale (Tab.11.12): le CPUE B disaggregate per tipo di maglia evidenziano, infatti, la presenza di un andamento progressivamente crescente nei valori medi in funzione della grandezza della maglia, l'unica

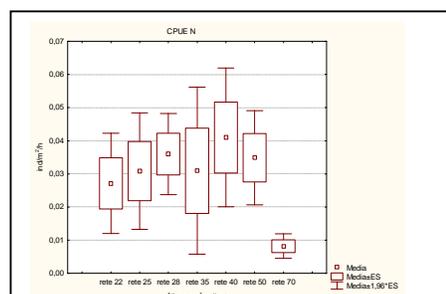


Fig. 11.10 – Confronto fra le CPUE N di altane con maglia di diversa ampiezza.

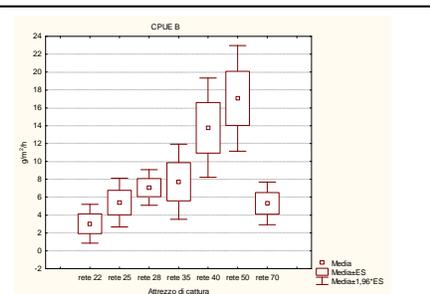


Fig. 11.11 – Confronto fra le CPUE B di altane con maglia di diversa ampiezza.

eccezione è costituita dall'altana da 70 mm (Fig.11.11). La rete meno catturante in assoluto è risultata, infatti, quella da 22 mm, con un valore medio di 3,02 g/m²/h; i valori medi delle CPUE B tendono costantemente ad aumentare fino alla maglia da 50 mm, che con 17,06 g/m²/h è risultata la più efficace dal punto di vista della biomassa pescata, mentre l'altana da 70 mm fa registrare una notevole riduzione delle proprie catture (valore medio=5,30 g/m²/h) rispetto alla maglia precedente. Nelle situazioni meno favorevoli tutte le reti, ad eccezione di quelle con maglia da 28 (valore minimo=0,017 g/m²/h) e da 50 mm (valore minimo=7,10 g/m²/h), non hanno catturato neanche un carassio dorato (valore minimo=0,00 ind/m²/h); i valori massimi raggiunti dalle CPUE B variano, invece, da 11,75 g/m²/h (rete da 22 mm) a 41,56 g/m²/h (rete da 50 mm).

All'analisi della varianza le differenze nei valori medi delle catture del carassio dorato effettuate con reti di maglia diversa sono risultate statisticamente non significative (F=1,51; P=0,188) per le CPUE N, ma altamente significative per le CPUE B (F=6,54; P=0,000).

Tali risultati sembrano indicare che, ad eccezione dell'altana da 70 mm, tutte le reti utilizzate appaiono in grado di catturare efficacemente elevate quantità di carassi dorati e che le differenze che emergono fra una rete e all'altra sono essenzialmente dovute alla loro differente selettività: le reti con la maglia più grande, fino a quella da 50 mm, pescano una maggiore biomassa ittica soltanto perché intrappolano esemplari di maggiori dimensioni.

11.6 Selettività delle reti nei confronti della taglia del carassio dorato

Le tabelle 11.13-15 riportano la statistica descrittiva della lunghezza totale (cm), peso (g) ed età (anni) dei carassi dorati catturati nel campione disaggregato per tipo di rete, mentre le figure 11.12-14 mostrano i relativi plot box and whisker. I risultati evidenziano come tutte le altane si dimostrino ampiamente selettive nei confronti della taglia del carassio dorato: infatti,

Maglia	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
rete 22	85	16,31	13,50	11,20	35,50	6,01
rete 25	110	19,12	18,10	11,10	36,70	6,87
rete 28	144	21,00	21,20	12,30	35,70	5,09
rete 35	156	22,79	21,35	12,20	37,00	5,62
rete 40	234	25,80	23,90	18,40	37,70	4,77
rete 50	248	29,56	30,05	22,00	37,20	3,89
rete 70	165	32,89	33,20	23,80	37,70	3,09

Tabella 11.13 - Statistica descrittiva della lunghezza totale dei carassi catturati nel campione disaggregato per tipo di rete.

Maglia	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
rete 22	85	97,13	36,40	17,80	761,00	143,39
rete 25	110	148,13	93,50	24,00	756,00	156,98
rete 28	144	190,34	176,00	17,00	929,60	159,37
rete 35	156	284,60	207,60	29,00	857,00	205,22
rete 40	234	338,54	238,00	108,00	931,00	205,64
rete 50	248	495,98	497,50	175,00	915,00	187,56
rete 70	165	647,85	654,50	225,90	951,00	179,54

Tabella 11.14 - Statistica descrittiva del peso dei carassi catturati nel campione disaggregato per tipo di rete.

all'aumentare dell'ampiezza delle maglie incrementano anche le dimensioni e l'età degli individui pescati. La rete da 22 mm è quella che porta alla cattura degli esemplari con i più bassi valori medi

Maglia	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
rete 22	85	1,60	1,42	0,58	4,83	1,03
rete 25	110	2,15	2,25	0,67	5,50	1,09
rete 28	144	2,27	2,42	0,75	5,50	0,99
rete 35	156	2,86	2,58	1,33	5,50	1,10
rete 40	234	3,27	3,00	1,75	5,83	1,01
rete 50	248	3,88	3,92	1,92	6,25	0,86
rete 70	165	4,37	4,42	2,25	5,67	0,90

Tabella 11.15 - Statistica descrittiva dell'età dei carassi catturati nel campione disaggregato per tipo di rete.

di lunghezza totale (16,31 cm), peso (97,13 g) ed età (1,60 anni), mentre la rete da 70 è quella che pesca gli esemplari più grandi (valori medi: LT=32,89 cm; peso=647,85 g) e più vecchi (4,37 anni).

Le altane, comunque, tendono a selezionare meno gli esemplari di maggiori dimensioni: dai risultati (Tab.11.13) è possibile notare, infatti, che per ciascuna rete è chiaro il limite inferiore di selettività, mentre al contrario il limite superiore è meno definito. Infatti mentre i valori minimi della lunghezza degli esemplari catturati presentano un andamento progressivamente crescente all'aumentare delle dimensioni delle maglie (valore minimo più basso: rete da 25=11,10 cm; valore minimo più elevato: rete da 70=23,80 cm), la stessa tendenza non si registra per i valori massimi che risultano molto omogenei per qualsiasi dimensione della maglia (valore massimo più basso: rete da 22=35,50 cm; valore massimo più elevato: rete da 40 e da 70=37,70 cm). Andamenti simili si registrano anche per il peso (Tab.11.14) e per l'età (Tab.11.15): nel primo caso il valore minimo più basso si osserva nella rete da 28 (17,00 g) ed il valore minimo più elevato è tipico della rete da 70 (225,90 g), mentre il valore massimo più basso si osserva nella rete da 25 (756,00 g) ed il valore massimo più elevato è tipico della rete da 70 (951,00 g); per l'età il valore minimo più basso si osserva nella rete da 22 (0,58 anni) ed il valore minimo più elevato è tipico della rete da 70 (2,25 anni), mentre il valore massimo più basso si osserva nella rete da 22(4,83 anni) ed il valore

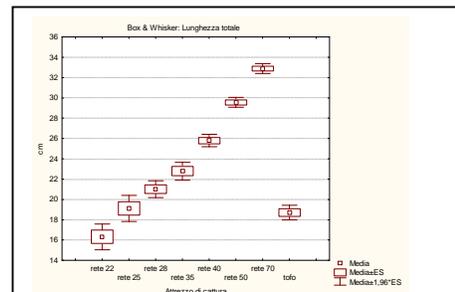


Fig. 11.12 – Confronto fra la lunghezza totale degli esemplari catturati con reti diverse.

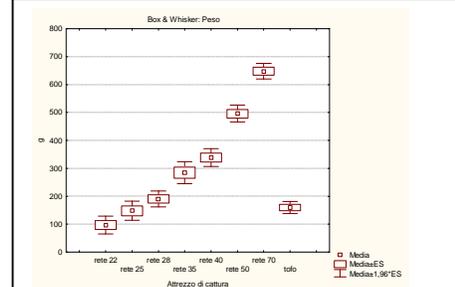


Fig. 11.13 – Confronto fra il peso degli esemplari catturati con reti diverse.

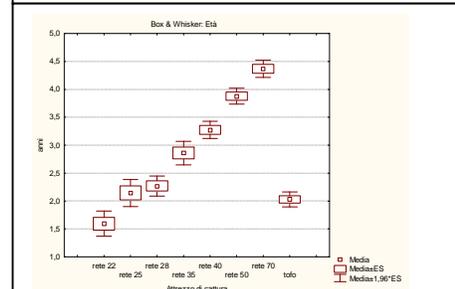


Fig. 11.14 – Confronto fra l'età degli esemplari catturati con reti diverse.

massimo più elevato è tipico della rete da 50 (6,25 anni). Le altane vengono chiamate anche reti branchiali (gill nets) perché la loro efficienza di cattura è dovuta al fatto che i pesci non vedendole e cercando di attraversarle rimangono impigliati con i margini posteriori degli opercoli. Le reti branchiali presentano due punti di selezione: un limite inferiore che è rappresentato dalla circonferenza massima del pesce ed un limite superiore che è in genere rappresentato dalla circonferenza a livello opercolare (o comunque localizzata tra la cavità orbitale e l'opercolo) (Negri e Arlati, 1994). La selettività delle altane si deve proprio a tale caratteristica: per essere catturato un pesce deve essere abbastanza piccolo da infilarsi fino all'opercolo nelle maglie della rete, ma sufficientemente grande da non attraversarle completamente, ovvero la maglia della rete deve essere più grande del capo del pesce che si vuole catturare, ma più piccola del suo dorso (Negri e Arlati, 1994; Hebert, 1996). Per la maggior parte delle specie ittiche un pesce molto più grande della maglia della rete non rimane impigliato perché il capo non si infila efficacemente nell'altana. Il carassio dorato, invece, può rimanere impigliato nelle reti anche mediante i raggi ossificati e seghettati della pinna dorsale e della pinna anale e ciò spiega l'elevata efficienza di cattura delle altane con maglie ridotte anche nei confronti delle taglie più grandi di questa specie.

Il tofo si è confermato meno selettivo nei confronti della taglia rispetto alle altane e pur dimostrando di catturare carassi dorati di dimensioni non elevate (valori medi: LT=18,70 cm; peso=159,63 g; età=2,03 anni), è anche la rete che mostra gli intervalli di variazione più ampi fra tutte le reti utilizzate (LT: valore minimo=8,70 cm, valore massimo=36,70 cm) (peso: valore minimo=11,00 g, valore massimo=1024,00 g) (età: valore minimo=0,67 anni, valore massimo=5,58 anni).

All'analisi della varianza le differenze tra i valori medi dei carassi dorati catturati con reti differenti sono risultate altamente significative per tutti i parametri esaminati (LT: F=128,13; P=0,000) (peso: F=119,15; P=0,000) (età: F=102,43; P=0,000).

In genere è possibile notare una certa sovrapposibilità nelle catture effettuate con reti diverse, soprattutto per quanto riguarda le altane con le maglie di dimensioni più piccole ed i tofi. Nelle tabelle 11.16-18 sono riportati i risultati del test LSD di Fisher, analisi che è stata condotta per

Attrezzo di cattura	rete 22	rete 25	rete 28	rete 35	rete 40	rete 50	rete 70	tofo
rete 22		0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
rete 25	0,002		0,111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,831
rete 28	0,000	0,111		0,000	0,000	0,000	0,000	0,081
rete 35	0,000	0,000	0,000		0,003	0,000	0,000	0,000
rete 40	0,000	0,000	0,000	0,003		0,000	0,000	0,000
rete 50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
rete 70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
tofo	0,000	0,831	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabella 11.16 – Test LSD di Fisher per la lunghezza totale dei carassi dorati disaggregati per tipo di rete.

verificare la significatività nei singoli confronti fra coppie di reti: dai risultati di tale analisi, che è stata effettuata utilizzando i valori medi di lunghezza, peso ed età del campione catturato, è possibile infatti osservare che le differenze risultano significative (nelle tabelle sono in rosso i valori per $P < 0,05$) quando i confronti avvengono fra reti con maglie di maggiore ampiezza.

Attrezzo di cattura	rete 22	rete 25	rete 28	rete 35	rete 40	rete 50	rete 70	tofo
rete 22		0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057
rete 25	0,130		0,065	0,000	0,000	0,000	0,000	0,931
rete 28	0,000	0,065		0,000	0,000	0,000	0,000	0,027
rete 35	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
rete 40	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
rete 50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
rete 70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
tofo	0,057	0,931	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabella 11.17 – Test LSD di Fisher per il peso dei carassi dorati disaggregati per tipo di rete.

Attrezzo di cattura	rete 22	rete 25	rete 28	rete 35	rete 40	rete 50	rete 70	tofo
rete 22		0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
rete 25	0,005		0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,963
rete 28	0,000	0,004		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
rete 35	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000
rete 40	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
rete 50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
rete 70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000
tofo	0,001	0,963	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabella 11.18 – Test LSD di Fisher per l'età dei carassi dorati disaggregati per tipo di rete.

Diverso è il comportamento delle altane aventi maglie di più piccole dimensioni ed il tofo: per la lunghezza totale non risulta significativo il confronto fra le altane da 25 e da 28 mm e il confronto fra il tofo e le altane da 22 e 25 mm; molto simile è la situazione per il peso, in cui non risulta significativo il confronto fra le altane da 22 e da 25 mm, il confronto fra le altane da 25 e da 28 mm e quello fra il tofo e le altane da 22 e 25 mm; mentre per quanto riguarda l'età non significativo è il solo confronto fra il tofo e l'altana da 25 mm.

Ulteriori considerazioni si possono ricavare, infine, dalla figura 11.15, che illustra l'istogramma di frequenza dell'età del campione disaggregato per tipo di rete: dai risultati dell'analisi è possibile evidenziare come gli esemplari appartenenti alla classe 0+ siano stati catturati soltanto dalla rete da 22 mm. Tale attrezzo, unitamente al tofo, è il solo a permettere la pesca anche di un'elevata percentuale di individui 1+, che sono risultati comunque catturabili dalle altane aventi maglie fino a 35 mm di ampiezza anche se in modo sempre meno efficiente all'aumentare delle dimensioni della maglia. Gli individui di età 2+ rappresentano la classe più frequente nel pescato del tofo e delle altane con maglia compresa fra 25 e 40 mm, mentre divengono molto poco abbondanti nelle catture delle reti di dimensioni maggiori. La classe 3+ è abbastanza numerosa nel tofo, ma raggiunge le frequenze più elevate nel pescato delle altane a

partire da dimensioni della maglia superiori a 40 mm. Nel pescato dell'altana da 70 mm le classi di età più frequenti sono rappresentate dagli individui 4+ e 5+.

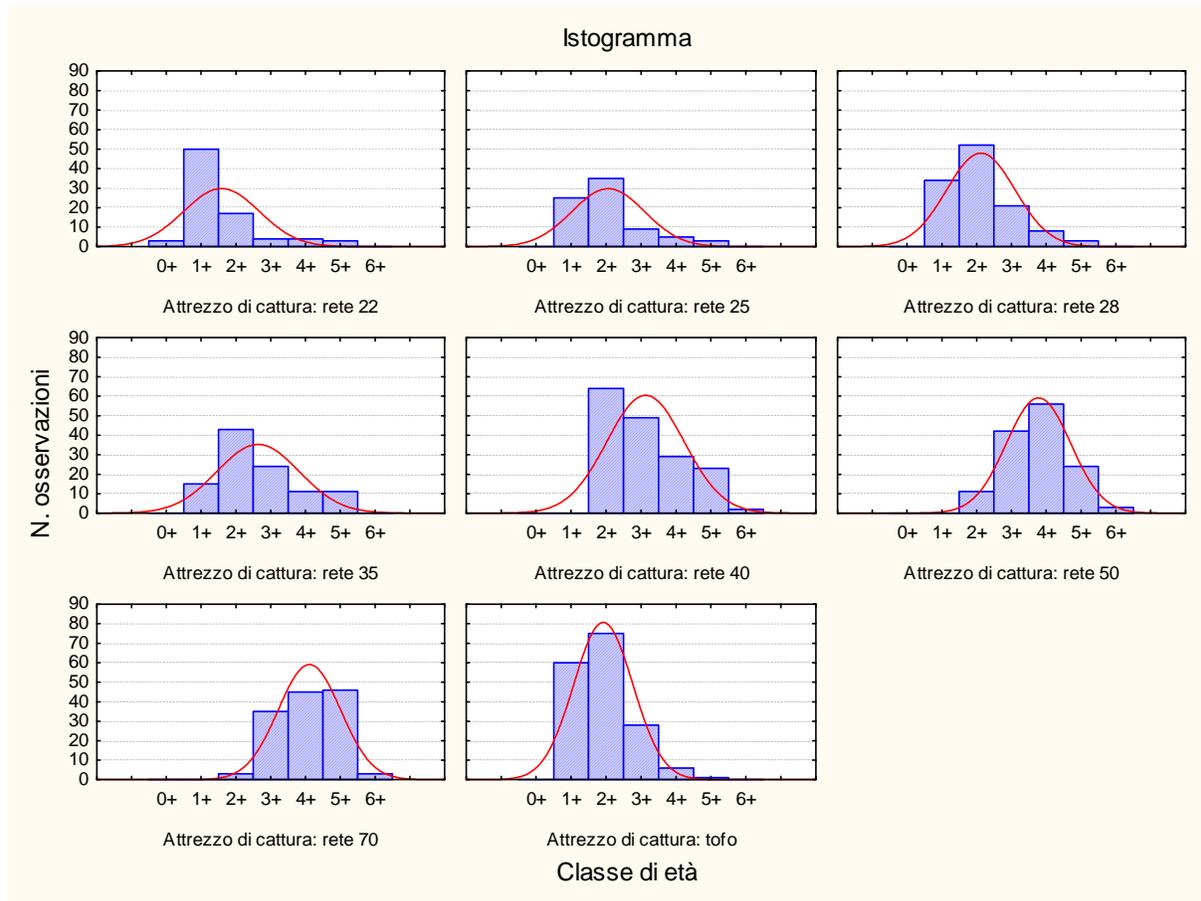


Fig. 11.15 – Istogramma di frequenza dell'età degli esemplari catturati con reti diverse.

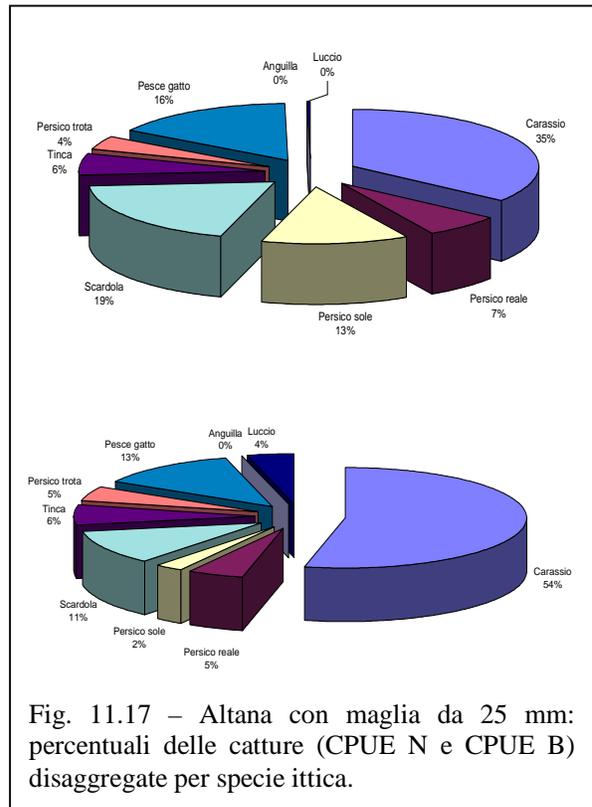
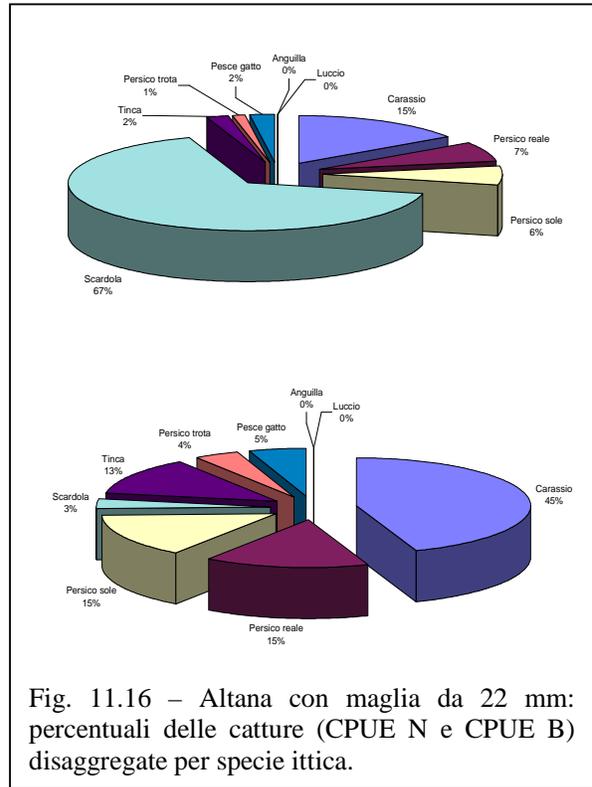
11.6 Selettività delle reti nei confronti delle specie ittiche

I grafici delle figure 11.16-23 mostrano le catture percentuali delle varie specie ittiche nel campione disaggregato per tipo di rete. I risultati evidenziano che mediante la rete da 22 mm sono state pescate 7 specie ittiche, assenti sono il luccio e l'anguilla (Fig.11.16). Tale rete mostra una selettività molto bassa per il carassio dorato, che infatti assomma al 15% delle CPUE N e non risulta la specie ittica più abbondante dal punto di vista numerico, essendo largamente superata dalla scardola che riveste il 67% del pescato di tale rete. Molto meno numerose sono tutte le altre specie ittiche, fra le quali solo il persico reale ed il persico sole raggiungono quote di una certa consistenza, pari rispettivamente al 7% e al 6% del totale. I rapporti fra le specie ittiche si modificano notevolmente rispetto alle abbondanze numeriche quando si passa ad esaminare la biomassa catturata: il carassio dorato, infatti, risulta la specie ittica più importante dal punto di vista ponderale fra quelle pescate con la rete da 22 mm e le sue CPUE B assommano al 45% del totale;

persico reale e persico sole (ciascuna con il 15% del pescato) costituiscono le specie immediatamente più rilevanti, seguite dalla tinca con il 13% del totale. La scardola, che numericamente era la specie prevalente, dal punto di vista ponderale rappresenta una frazione molto esigua (3%) del pescato dell'altana da 22 mm, evidentemente penalizzata dalla scarsa taglia media degli esemplari catturati.

Con la rete da 25 mm sono state pescate 8 specie ittiche, in quanto l'anguilla è risultata assente dal pescato di tale attrezzo (Fig.11.17): il carassio dorato costituisce la specie più abbondante, sia dal punto di vista numerico (35% del totale) che ponderale (54% del totale). La scardola, il pesce gatto ed il persico sole sono fra le rimanenti, le specie ittiche più numerose, ricoprendo rispettivamente il 19%, il 16% ed il 13% delle CPUE N totali; pesce gatto e scardola sono importanti anche dal punto di vista ponderale, rappresentando il 13% e l'11% della biomassa totale pescata dall'altana da 25 mm.

L'altana da 28 mm è risultata maggiormente selettiva rispetto alle reti di maglia inferiore portando alla cattura di 5 specie ittiche: oltre all'anguilla sono risultate assenti dal pescato di tale attrezzo anche il persico reale, il persico sole ed il luccio (Fig.11.18). Il carassio dorato costituisce la specie più abbondante come biomassa (50% del totale), mentre dal punto di vista numerico (41% del totale) viene superato dalla scardola, che ricopre una quota pari al 46%



delle CPUE N complessive. La scardola è importante anche dal punto di vista ponderale, con il 37% della biomassa pescata, ma è penalizzata nei confronti del carassio in virtù del minore peso medio degli esemplari catturati.

L'altana da 35 mm ha portato alla cattura di 6 specie ittiche: oltre all'anguilla sono risultate assenti dal pescato di tale attrezzo anche il persico reale e il persico sole (Fig.11.19). Il carassio dorato costituisce la specie più abbondante in quanto a biomassa (54% del totale), mentre dal punto di vista numerico (24% del totale) viene superato dal pesce gatto, che ricopre una quota pari al 49% delle CPUE N complessive. Altra specie ittica di rilievo per l'altana da 35 mm è la scardola che raggiunge il 22% del totale numerico ed il 31% della biomassa pescata, mentre molto meno importanti sono tutte le altre specie ittiche ed in modo particolare il luccio che è stato catturato con un numero talmente esiguo di esemplari da non raggiungere quote superiori allo 0,5%, né per le CPUE N, che per le CPUE B.

Anche l'altana da 40 mm ha portato alla cattura di 6 specie ittiche: oltre all'anguilla sono risultate assenti dal pescato di tale attrezzo anche il persico sole ed il luccio (Fig.11.20). A partire da tale maglia e per tutte quelle superiori, comunque, la selettività delle altane nei confronti del carassio dorato risulta nettamente superiore rispetto alle altre reti. Infatti, anche se il numero delle specie ittiche pescate appare ancora elevato, il carassio dorato è assolutamente preponderante nel pescato dell'altana da 40 mm, sia quando espresso come biomassa (84% del totale), che dal punto di vista numerico

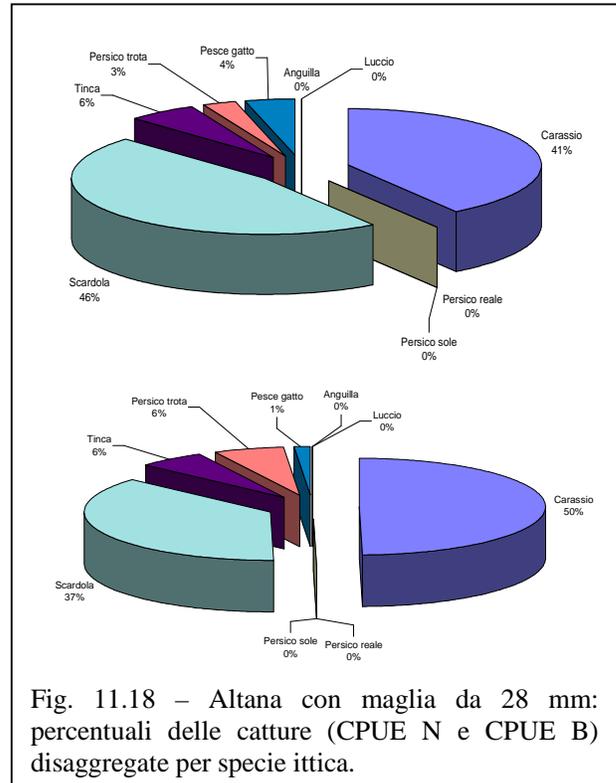


Fig. 11.18 – Altana con maglia da 28 mm: percentuali delle catture (CPUE N e CPUE B) disaggregate per specie ittica.

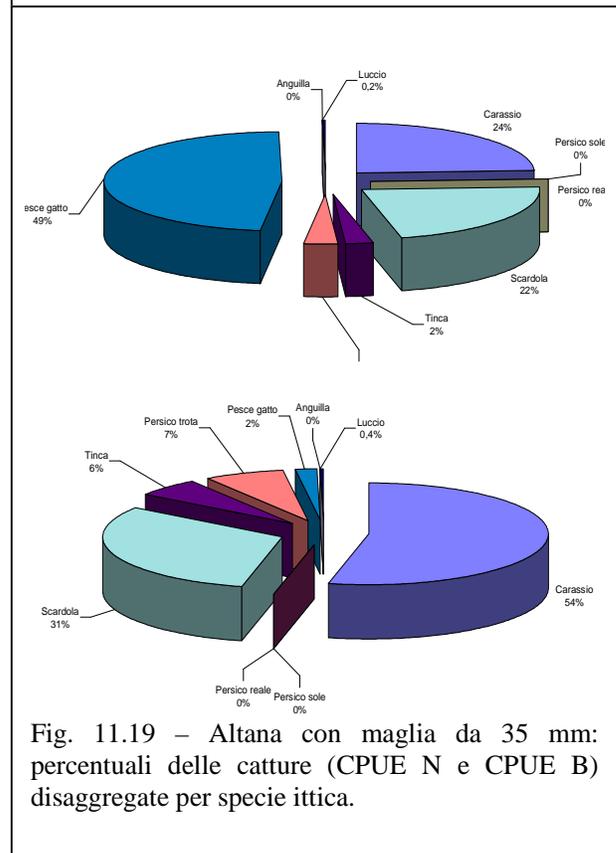


Fig. 11.19 – Altana con maglia da 35 mm: percentuali delle catture (CPUE N e CPUE B) disaggregate per specie ittica.

(83% del totale). Oltre al carassio dorato, solo la tinca raggiunge quote di una certa rilevanza, che sono pari al 12% del totale sia per le CPUE N che per le CPUE B.

Per l'altana da 50 mm la selettività nei confronti del carassio dorato risulta ancora superiore rispetto alla maglia precedente: infatti tale attrezzo ha portato alla cattura di sole 4 specie ittiche, che oltre al carassio dorato sono la tinca, il persico trota e la scardola (Fig.11.21). Anche in questo caso il carassio dorato è assolutamente predominante rispetto alle altre specie ittiche, raggiungendo il 91% delle CPUE N totali ed il 90% delle CPUE B totali. Oltre al carassio dorato, solo la tinca appare di una certa rilevanza, con il 7% delle catture numeriche e l'8% di quelle ponderali.

La situazione complessiva delle catture effettuate con l'altana da 70 mm è da un punto qualitativo molto simile alla rete precedente, anche se i valori quantitativi delle CPUE N e delle CPUE B, come abbiamo visto in precedenza (Figg.11.10-11), sono nettamente inferiori: anche l'altana da 70 mm ha portato, infatti, alla cattura di sole 4 specie ittiche, che oltre al carassio dorato sono la tinca, il persico trota e la scardola (Fig.11.22). Anche in questo caso il carassio dorato è preminente rispetto alle altre specie ittiche, raggiungendo il 94% delle CPUE N totali ed il 79% delle CPUE B totali. Oltre al carassio dorato, solo la tinca appare di una certa rilevanza, con il 4% delle catture numeriche ed il 20% di quelle ponderali.

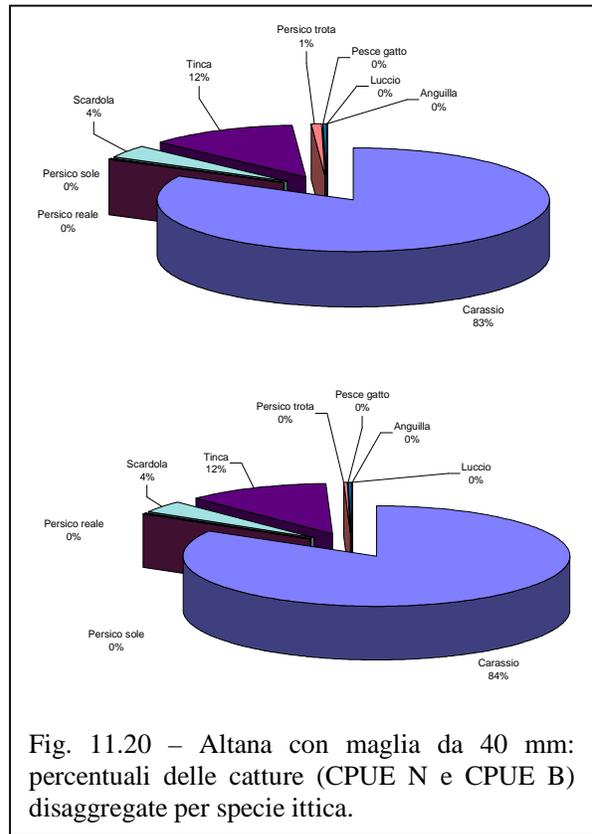


Fig. 11.20 – Altana con maglia da 40 mm: percentuali delle catture (CPUE N e CPUE B) disaggregate per specie ittica.

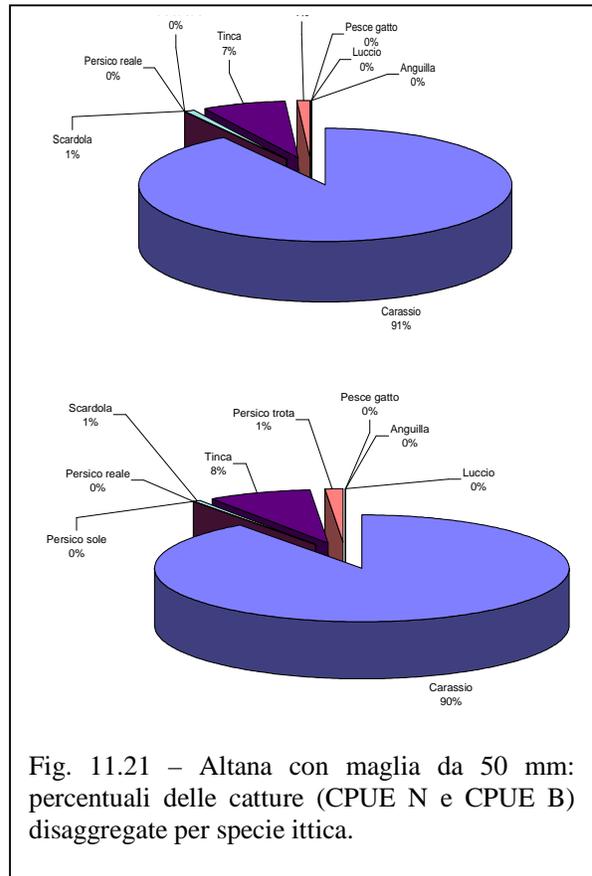


Fig. 11.21 – Altana con maglia da 50 mm: percentuali delle catture (CPUE N e CPUE B) disaggregate per specie ittica.

Il tofo ha portato alla cattura di 8 specie ittiche e rappresenta probabilmente una delle reti meno capace, fra quelle utilizzate, di operare una selezione fra le specie ittiche da catturare, unitamente alle altane con maglie di più piccole dimensioni; dal pescato di tale attrezzo è risultato, infatti, assente il solo luccio (Fig.11.23). Il carassio dorato costituisce la specie ittica più abbondante, sia quando il pescato viene espresso come biomassa (59% del totale) che dal punto di vista numerico (50% del totale). Altre specie ittiche comunemente catturate dal tofo sono il persico sole (15% del pescato), il persico trota (13% del pescato) ed il pesce gatto (13% del pescato); per quanto riguarda l'aspetto ponderale solo il persico trota, oltre al carassio dorato, raggiunge quote di un certo rilievo, pari al 32% della biomassa totale pescata. Molto meno importanti sono tutte le altre specie ittiche ed in modo particolare la scardola, che è stata catturata con un numero talmente esiguo di esemplari da non raggiungere lo 0,5%, né per le CPUE N, né per le CPUE B.

L'analisi sembra indicare che, per quanto riguarda le specie ittiche, il tofo e le altane con maglie di dimensioni più ridotte (da 28 a 35 mm) sono attrezzi meno selettivi, che catturano oltre al carassio dorato un numero elevato di specie ittiche. In tutte le altane con dimensione inferiore a 40 mm (22, 25, 28 e 35 mm) si può osservare una notevole differenza tra le percentuali delle catture numeriche del carassio dorato rispetto a quelle ponderali, con valori che nel primo caso sono sempre nettamente inferiori al secondo. Ciò deve essere imputato al fatto che tali reti, pur avendo maglie ridotte, hanno

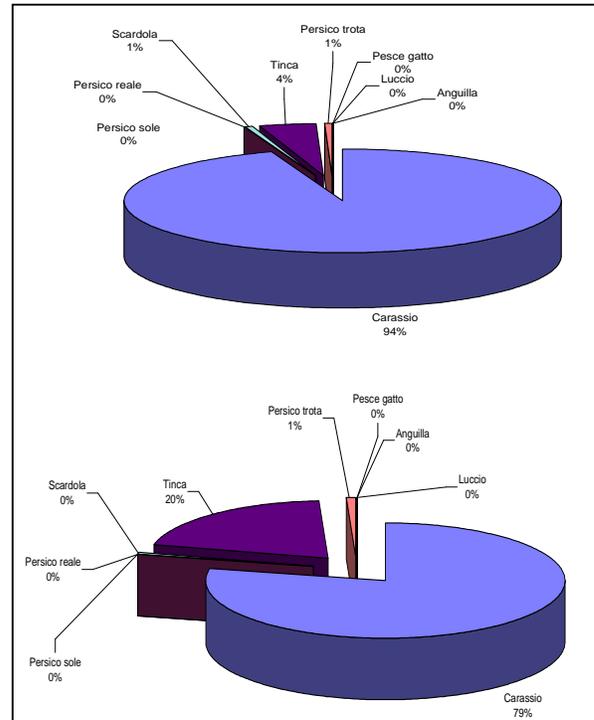


Fig. 11.22 – Altana con maglia da 70 mm: percentuali delle catture (CPUE N e CPUE B) disaggregate per specie ittica.

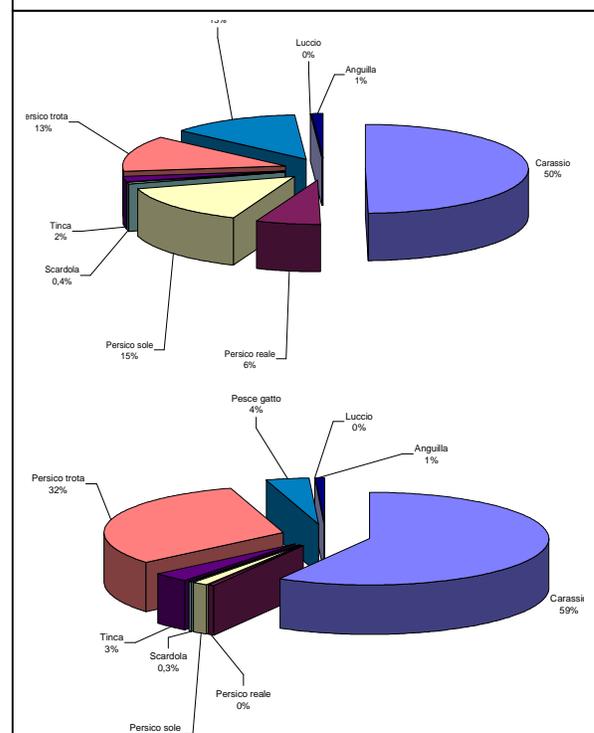


Fig. 11.23 – Tofo: percentuali delle catture (CPUE N e CPUE B) disaggregate per specie ittica.

pescato anche alcuni carassi dorati di notevoli dimensioni, che hanno contribuito ad incrementare il peso medio della catture ed accentuato quindi la loro importanza rispetto alla biomassa totale, in modo molto più accentuato di quanto non è avvenuto per le altre specie ittiche. Questi stessi attrezzi, quindi, si confermano anche poco selettivi per quanto riguarda la taglia dei carassi che sono in grado di catturare, soprattutto nelle loro dimensioni minime. Ciò conferma indirettamente quanto già precedentemente emerso (par. 11.5): i carassi dorati, contrariamente a quanto avviene per le altre specie ittiche, possono rimanere impigliati nelle reti non soltanto attraverso i margini degli opercoli, ma anche a causa della seghettatura presente nei margini posteriori dei raggi ossificati della pinna dorsale e della pinna anale. Tale fatto limita la possibilità di selezionare, mediante la scelta delle maglie delle reti utilizzate, la taglia massima dei carassi dorati catturabili.

11.7 Confronto fra stagioni nelle CPUE del carassio dorato

Nelle tabelle 11.19-20 viene riportata la statistica descrittiva delle catture del carassio dorato effettuate mediante le altane e disaggregate per stagione di campionamento, mentre le figure 11.24-25 illustrano i relativi andamenti dei valori medi. Dal punto di vista numerico (Fig.11.24) si osserva che

la stagione in cui le catture sono più abbondanti è rappresentata dall'inverno (0,037 ind/m²/h), mentre si osserva un calo delle catture in primavera (0,021

Stagione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	21	0,04	0,02	0,00	0,14	0,04
primavera	21	0,02	0,01	0,00	0,08	0,02
estate	21	0,03	0,03	0,00	0,17	0,04
autunno	21	0,03	0,03	0,01	0,08	0,02

Tabella 11.19 - Altane: statistica descrittiva delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

Stagione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	21	9,09	6,82	0,00	32,17	9,48
primavera	21	9,14	7,01	0,00	41,56	10,88
estate	21	8,01	6,84	0,00	28,35	6,67
autunno	21	7,68	7,29	1,05	15,60	4,30

Tabella 11.20 - Altane: statistica descrittiva delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

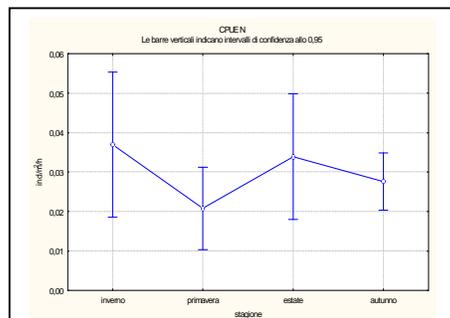


Fig. 11.24 – Altane: valori medi delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

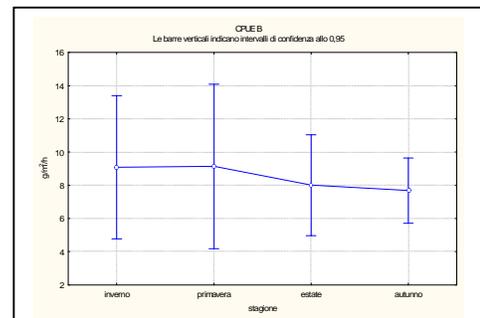


Fig. 11.25 – Altane: valori medi delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

ind/m²/h). Questo trend si inverte passando dalla stagione primaverile a quella estiva, in cui le CPUE N aumentano (0,034 ind/m²/h), per poi diminuire di nuovo in autunno (0,028 ind/m²/h). Dal punto di vista ponderale (Fig.11.25) le catture sono elevate in inverno (9,09 g/m²/h) ed aumentano leggermente in primavera (9,14 g/m²/h); successivamente si registra un calo nelle CPUE del carassio dorato in estate (8,01 g/ m²/h) ed, in misura minore, in autunno (7,68 g/ m²/h). Le differenze nelle catture stagionali, tuttavia, non sono risultate significative all'analisi della varianza, sia per il numero di individui (F=1,19; P=0,319) che per la biomassa (F=0,17; P=0,914).

Per quanto riguarda i tofi (Tab.11.21-22 e Figg.11.26-27) gli andamenti numerici e ponderali delle catture stagionali del carassio dorato sono pressoché sovrapponibili: l'inverno è caratterizzato da valori abbastanza elevati (CPUE N=1,58 ind/h; CPUE B=163,78 g/h), che tuttavia

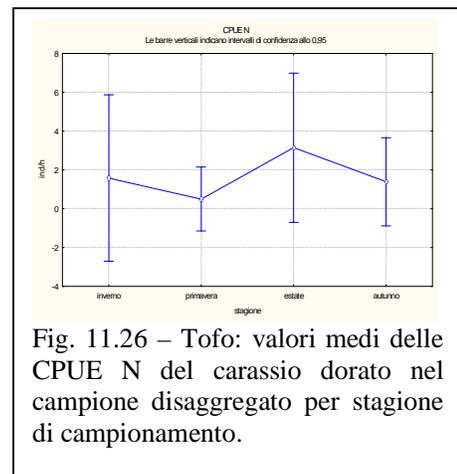
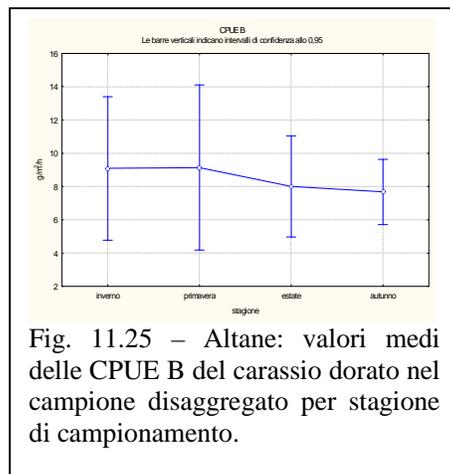
diminuiscono sensibilmente in primavera, periodo dell'anno in cui i tofi risultano meno catturanti in assoluto (CPUE N=0,50 ind/h; CPUE B=60,03 g/h); le catture

Stagione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	3	1,58	1,33	0,00	3,42	1,72
primavera	3	0,50	0,25	0,00	1,25	0,66
estate	3	3,14	3,00	1,67	4,75	1,55
autunno	3	1,39	1,92	0,33	1,92	0,91

Tabella 11.21 - Tofo: statistica descrittiva delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento.

Stagione	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	3	163,78	233,33	0,00	258,00	142,37
primavera	3	60,03	23,75	0,00	156,33	84,24
estate	3	447,36	448,50	430,67	462,92	16,16
autunno	3	316,72	318,50	54,25	577,42	261,59

Tabella 11.22 - Tofo: statistica descrittiva delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento.



aumentano di nuovo in estate, stagione in cui si registrano i valori massimi di pescato per questo attrezzo (CPUE N=3,14 ind/h; CPUE B=447,36 g/h), per poi diminuire successivamente in autunno in modo più vistoso dal punto di vista numerico (CPUE N=1,39 ind/h), ma meno pronunciato in rapporto alla biomassa (CPUE B=316,72 g/h). All'analisi della varianza non sono emerse differenze

significative fra le stagioni di campionamento sia per quanto riguarda i valori medi delle catture numeriche ($F=2,18$; $p=0,168$) che per quanto riguarda quelli ponderali ($F=3,62$; $p=0,065$).

Le tabelle 11.23-24 analizzano più in dettaglio per le altane la statistica descrittiva delle

Stagione	Maglia	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	rete 22	3	0,047	0,023	0,023	0,095	0,042
inverno	rete 25	3	0,057	0,027	0,023	0,120	0,055
inverno	rete 28	3	0,030	0,024	0,018	0,048	0,016
inverno	rete 35	3	0,010	0,012	0,000	0,019	0,010
inverno	rete 40	3	0,058	0,027	0,006	0,142	0,073
inverno	rete 50	3	0,049	0,048	0,008	0,092	0,042
inverno	rete 70	3	0,008	0,005	0,000	0,018	0,010
primavera	rete 22	3	0,019	0,000	0,000	0,057	0,033
primavera	rete 25	3	0,010	0,003	0,000	0,027	0,015
primavera	rete 28	3	0,015	0,018	0,003	0,024	0,011
primavera	rete 35	3	0,013	0,014	0,007	0,017	0,005
primavera	rete 40	3	0,047	0,044	0,027	0,071	0,022
primavera	rete 50	3	0,038	0,025	0,013	0,075	0,033
primavera	rete 70	3	0,004	0,000	0,000	0,013	0,007
estate	rete 22	3	0,014	0,015	0,000	0,027	0,013
estate	rete 25	3	0,030	0,033	0,013	0,043	0,015
estate	rete 28	3	0,049	0,054	0,036	0,057	0,011
estate	rete 35	3	0,078	0,036	0,029	0,169	0,079
estate	rete 40	3	0,028	0,031	0,000	0,052	0,026
estate	rete 50	3	0,029	0,028	0,027	0,032	0,003
estate	rete 70	3	0,011	0,011	0,004	0,017	0,006
autunno	rete 22	3	0,029	0,030	0,027	0,030	0,002
autunno	rete 25	3	0,027	0,027	0,013	0,040	0,013
autunno	rete 28	3	0,051	0,054	0,021	0,077	0,028
autunno	rete 35	3	0,023	0,024	0,017	0,029	0,006
autunno	rete 40	3	0,031	0,035	0,019	0,038	0,010
autunno	rete 50	3	0,023	0,022	0,015	0,033	0,009
autunno	rete 70	3	0,010	0,012	0,006	0,013	0,004

Tabella 11.23 - Altane: statistica descrittiva delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento e per tipo di maglia.

catture del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento e tipo di maglia, mentre i grafici delle figure 11.28-29 ne illustrano gli andamenti dei valori medi. Per quanto riguarda le CPUE N (Tab.11.23 e Fig.11.28) la rete con maglia 50 mm mostra un andamento dei valori medi molto regolare e progressivamente decrescente dall'inverno all'autunno (inverno=0,049 ind/m²/h; primavera=0,038 ind/m²/h; estate=0,029 ind/m²/h; inverno=0,023 ind/m²/h). Molto simile è il comportamento delle altane con maglie da 22 e da 40 mm: anche in questo caso i valori decrescono progressivamente dall'inverno (rete da 22: inverno=0,047 ind/m²/h; primavera=0,019 ind/m²/h) (rete da 40: inverno=0,058 ind/m²/h; primavera=0,047 ind/m²/h) all'estate (rete da 22=0,014 ind/m²/h; rete da 40=0,028 ind/m²/h); a differenza dell'attrezzo precedente, tuttavia, per queste due reti in autunno si assiste ad un incremento numerico delle catture medie (rete da

Stagione	Maglia	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
inverno	rete 22	3	6,428	6,833	0,705	11,746	5,532
inverno	rete 25	3	6,762	5,607	1,333	13,347	6,089
inverno	rete 28	3	5,145	4,643	3,973	6,818	1,488
inverno	rete 35	3	3,033	2,243	0,000	6,855	3,495
inverno	rete 40	3	15,508	9,767	4,592	32,167	14,657
inverno	rete 50	3	21,321	26,693	7,103	30,165	12,434
inverno	rete 70	3	5,436	3,538	0,000	12,770	6,593
primavera	rete 22	3	2,729	0,000	0,000	8,186	4,726
primavera	rete 25	3	4,623	0,500	0,000	13,370	7,579
primavera	rete 28	3	4,215	5,464	0,173	7,009	3,585
primavera	rete 35	3	6,256	5,910	2,969	9,888	3,472
primavera	rete 40	3	22,062	21,290	14,790	30,106	7,687
primavera	rete 50	3	21,588	15,198	8,003	41,563	17,669
primavera	rete 70	3	2,527	0,000	0,000	7,580	4,377
estate	rete 22	3	0,917	0,470	0,000	2,280	1,204
estate	rete 25	3	5,469	6,227	0,997	9,183	4,146
estate	rete 28	3	8,938	8,586	6,408	11,821	2,724
estate	rete 35	3	15,852	13,460	5,748	28,350	11,490
estate	rete 40	3	5,543	5,304	0,000	11,325	5,666
estate	rete 50	3	13,722	14,398	11,902	14,867	1,594
estate	rete 70	3	5,594	6,836	2,637	7,308	2,572
autunno	rete 22	3	1,995	1,955	1,826	2,205	0,193
autunno	rete 25	3	4,709	6,273	1,053	6,800	3,177
autunno	rete 28	3	9,995	10,646	6,604	12,735	3,117
autunno	rete 35	3	5,796	5,517	3,595	8,276	2,353
autunno	rete 40	3	12,006	10,567	9,852	15,598	3,132
autunno	rete 50	3	11,604	13,458	7,290	14,063	3,748
autunno	rete 70	3	7,656	8,988	4,128	9,852	3,086

Tabella 11.24 - Altane: statistica descrittiva delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento e per tipo di maglia.

22=0,029 ind/m²/h; rete da 40=0,031 ind/m²/h). L'altana da 40 mm, inoltre, è la rete che in assoluto si rivela la più efficiente di tutte nel pescare carassi dorati in inverno ed in primavera. Anche le altane da 25 e 28 mm evidenziano un comportamento abbastanza simile fra loro: entrambe le reti catturano in inverno un numero medio di esemplari sufficientemente elevato (rete da 25=0,057 ind/m²/h; rete da 28=0,030 ind/m²/h), le CPUE N medie calano repentinamente in primavera che è la stagione in cui si registrano i valori minimi per entrambi gli attrezzi (rete da 25=0,010 ind/m²/h; rete da 28=0,015 ind/m²/h), mentre in estate le catture divengono di nuovo abbondanti (rete da 25=0,030 ind/m²/h; rete da 28=0,049 ind/m²/h); le differenze sostanziali fra le due reti consistono nel fatto che mentre per la rete da 28 mm l'autunno rappresenta il periodo più

fruttuoso dell'anno (0,051 ind/m²/h), per la rete da 25 mm in tale stagione si osserva un leggero decremento nelle catture numeriche rispetto all'estate (0,027 ind/m²/h).

Nell'altana da 35 mm le CPUE N medie risultano abbastanza scarse in inverno (0,010 ind/m²/h) ed in primavera (0,013 ind/m²/h), mentre in estate subiscono un incremento molto pronunciato (0,078 ind/m²/h), tanto che in questa stagione il pescato medio è in assoluto il più

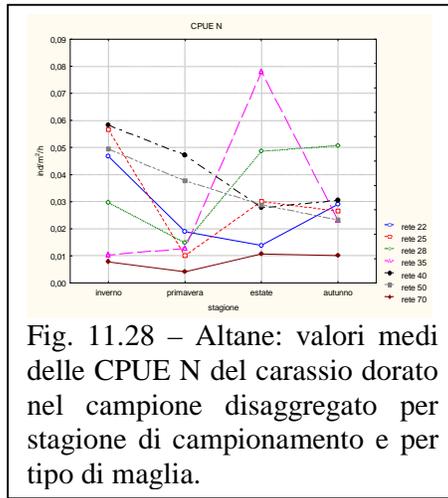


Fig. 11.28 – Altane: valori medi delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento e per tipo di maglia.

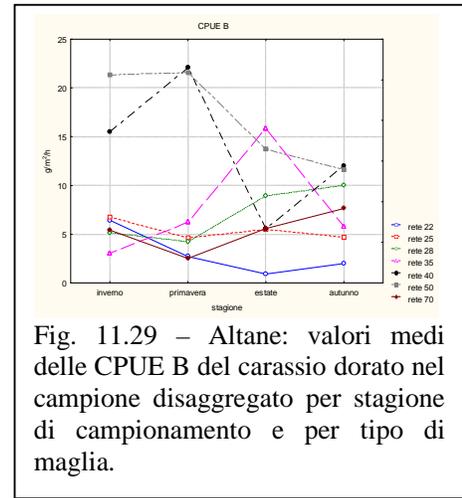


Fig. 11.29 – Altane: valori medi delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per stagione di campionamento e per tipo di maglia.

elevato fra tutti gli attrezzi utilizzati; in autunno, infine, le catture numeriche dell'altana da 35 mm si riducono di nuovo a quantitativi molto più scarsi e pari a 0,023 ind/m²/h. L'altana da 70 mm si è rivelata la rete in assoluto meno efficiente dal punto di vista numerico nei confronti del carassio dorato: le sue CPUE N medie, infatti, presentano un andamento poco variabile nel corso dell'anno, con valori che risultano molto bassi in tutte le stagioni e sempre inferiori a quelli registrati per le altre altane (inverno=0,008 ind/m²/h; primavera=0,008 ind/m²/h; estate=0,011 ind/m²/h; primavera=0,010 ind/m²/h).

Per quanto riguarda le CPUE B (Tab.11.24 e Fig.11.29) le reti con maglia da 40 e da 50 mm si rivelano le più efficienti in tutte le stagioni dell'anno, con l'unica eccezione rappresentata dall'estate in cui sono sopravanzate dall'altana da 35 mm; tutti gli altri attrezzi presentano biomasse catturate nettamente inferiori. Ciò nelle reti con maglia più piccola (22, 25 e 28 mm) è giustificato dalle ridotte dimensione medie dei carassi catturati, mentre per l'altana da 70 mm deriva dallo scarso numero di individui pescati. Le altane da 22, 25, 28 e 35 mm si caratterizzano per gli andamenti dei valori medi delle CPUE B praticamente coincidenti con quelli, già descritti, delle rispettive CPUE N. Nell'altana da 50 mm si osserva che ai valori elevati e pressoché coincidenti dell'inverno (21,32 g/m²/h) e della primavera (22,59 g/m²/h) seguono catture progressivamente decrescenti in estate (13,72 g/m²/h) ed in autunno (11,60 g/m²/h). Abbastanza simile è il comportamento dell'altana con maglia da 40 mm: anche in questo caso i valori aumentano dall'inverno (15,51 g/m²/h) alla primavera (22,06 g/m²/h), per poi calare successivamente in modo molto pronunciato in estate (5,54 g/m²/h); la differenza principale con l'attrezzo precedente consiste nel fatto che nell'altana da 40 mm in autunno si assiste ad un nuovo incremento numerico delle

catture medie (12,01 g/m²/h). Nell'altana da 22 mm il comportamento delle CPUE B è sostanzialmente coincidente con quello delle CPUE N: anche in questo caso i valori decrescono progressivamente dall'inverno (inverno=6,43 g/m²/h; primavera=2,73 g/m²/h) all'estate (0,92 g/m²/h), per poi assistere in autunno ad un incremento delle biomasse medie pescate (1,99 g/m²/h). Le altane da 25, 28 e 70 mm evidenziano un comportamento abbastanza simile fra loro: queste reti catturano in inverno biomasse ittiche poco elevate (rete da 25=6,76 g/m²/h; rete da 28=5,14 g/m²/h; rete da 70=5,44 g/m²/h); le CPUE B medie calano ulteriormente in primavera, quando si registrano i valori minimi per tutti e tre gli attrezzi (rete da 25=4,62 g/m²/h; rete da 28=4,21 g/m²/h; rete da 70=2,53 g/m²/h); in estate le catture divengono di nuovo leggermente più abbondanti (rete da 25=5,47 g/m²/h; rete da 28=8,94 g/m²/h; rete da 70=5,54 g/m²/h). Le differenze sostanziali fra le tre reti consistono nel fatto che mentre per la rete da 28 e da 70 mm l'autunno rappresenta il periodo più favorevole dell'anno (rete da 28: 9,99 g/m²/h; rete da 70=7,66 g/m²/h), per la rete da 25 in tale stagione si osserva un leggero decremento nelle catture ponderali rispetto all'estate (4,71g/m²/h). Analogamente alle CPUE N, nell'altana da 35 mm le CPUE B medie risultano abbastanza scarse in inverno (3,03 g/m²/h) ed in primavera (6,26 g/m²/h), mentre in estate subiscono un incremento molto pronunciato (15,85 g/m²/h); in autunno, infine, le catture ponderali si riducono di nuovo a quantitativi molto più scarsi e pari a 5,80 g/m²/h. In inverno l'altana da 35 mm è l'attrezzo che porta alla cattura dei quantitativi di pesce più bassi fra tutti quelli pescati in tale stagione, in primavera è l'altana da 70 quella che cattura le minime biomasse ittiche, mentre in estate ed in autunno la meno efficiente dal punto di vista ponderale fra tutte le reti utilizzate è l'altana da 22 mm.

All'analisi della varianza le differenze nei valori medi delle catture disaggregate per stagione di campionamento e tipo di maglia non sono risultate statisticamente significative né per le CPUE N (F=1,08; P=0,392), né per le CPUE B (F=1,35; P=0,193).

11.8 Confronto fra mesi nelle CPUE del carassio dorato

I risultati della statistica descrittiva nel campione di carassio dorato disaggregato per mese di campionamento sono riportati nelle tabelle 11.25-26, mentre i grafici delle figure 11.30-31 riportano gli andamenti dei relativi valori medi: analizzando in dettaglio i risultati dell'analisi, sostanzialmente viene confermato quanto già visto per le catture stagionali. Il valore più elevato di individui catturati per unità di superficie e di tempo dalle altane si registra in febbraio, quando è pari a 0,071 ind/m²/h; a marzo il valore delle CPUE N subisce un deciso calo (0,025 ind/m²/h), segue una lieve ripresa in corrispondenza del mese di aprile con (0,038 ind/m²/h), mentre a maggio si raggiunge il valore in assoluto più basso fra quelli registrati nel corso dell'anno di campionamento

(0,011 ind/m²/h). Da giugno le catture aumentano progressivamente fino a settembre (0,047 ind/m²/h), per poi diminuire successivamente in modo graduale sino a gennaio (0,015 ind/m²/h).

Le differenze fra i valori medi mensili delle CPUE N sono risultate all'analisi della varianza altamente significative (F=2,50; P=0,009).

Quando si considerano le catture ponderali, si può osservare un andamento molto simile a quello precedentemente descritto per le CPUE N: i valori più elevati delle CPUE B si registrano in febbraio (13,15 g/m²/h), marzo (10,76 g/m²/h) ed aprile (14,94 g/m²/h), mese in cui si raggiungono i massimi quantitativi delle biomasse pescate nel corso dell'intero anno di campionamento. Da maggio le catture diminuiscono drasticamente (5,66 g/m²/h) ed i valori non variano di molto durante il resto dell'anno, ad eccezione di un lieve aumento nei

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
febbraio	7	0,071	0,092	0,000	0,142	0,056
marzo	7	0,025	0,023	0,012	0,048	0,012
aprile	7	0,038	0,027	0,000	0,075	0,029
maggio	7	0,011	0,003	0,000	0,044	0,017
giugno	7	0,013	0,013	0,000	0,027	0,009
luglio	7	0,022	0,027	0,000	0,057	0,022
agosto	7	0,033	0,029	0,017	0,054	0,012
settembre	7	0,047	0,032	0,011	0,169	0,056
ottobre	7	0,028	0,019	0,006	0,077	0,024
novembre	7	0,024	0,024	0,013	0,035	0,007
dicembre	7	0,031	0,030	0,012	0,054	0,014
gennaio	7	0,015	0,019	0,005	0,024	0,009

Tabella 11.25 - Altane: statistica descrittiva delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
febbraio	7	13,152	11,746	0,000	32,167	13,363
marzo	7	10,763	6,855	5,607	26,693	7,435
aprile	7	14,943	8,186	0,000	41,563	15,174
maggio	7	5,661	0,173	0,000	21,290	8,839
giugno	7	6,824	7,580	0,000	14,790	5,186
luglio	7	5,476	5,748	0,000	11,902	5,004
agosto	7	8,713	8,586	2,280	14,867	4,390
settembre	7	9,826	6,836	0,470	28,350	9,595
ottobre	7	6,820	4,128	1,053	13,458	5,249
novembre	7	7,806	6,800	1,955	14,063	3,861
dicembre	7	8,414	8,276	1,826	15,598	4,207
gennaio	7	3,355	3,538	0,705	7,103	2,173

Tabella 11.26 - Altane: statistica descrittiva delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

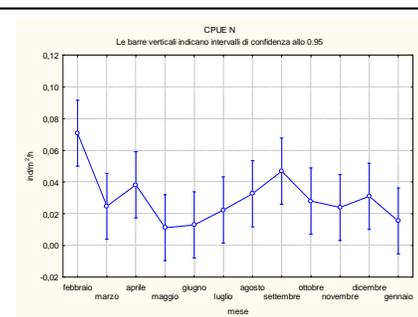


Fig. 11.30 – Altane: valori medi delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

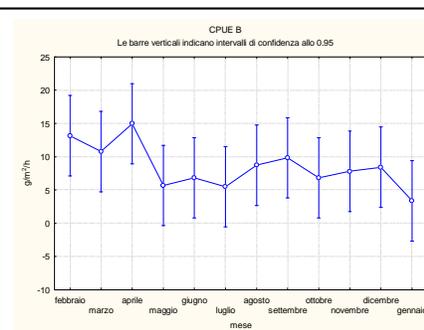


Fig. 11.31 – Altane: valori medi delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

mesi di agosto (8,71 g/m²/h) e settembre (9,83 g/m²/h) e di un ulteriore significativo calo del pescato in gennaio (3,35 g/m²/h), mese in cui le biomasse prelevate raggiungono il loro valore minimo annuale.

Le differenze fra i valori medi mensili delle CPUE B non sono risultate statisticamente significative (F=1,19; P=0,311) all'analisi della varianza.

Per quanto riguarda le catture del carassio dorato ottenute mediante l'utilizzo dei tofi, i risultati della statistica descrittiva nel campione disaggregato per mese di campionamento sono riportati nelle tabelle 11.27-28, mentre i grafici delle figure 11.32-33 illustrano gli andamenti delle

catture mensili; si precisa che in questo caso il campione è costituito da una singola osservazione mensile e quindi la media, la mediana, il valore minimo e quello massimo sono coincidenti. I risultati evidenziano come i

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
febbraio	1	3,42	3,42	3,42	3,42	0,00
marzo	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
aprile	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
maggio	1	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00
giugno	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
luglio	1	1,67	1,67	1,67	1,67	0,00
agosto	1	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00
settembre	1	4,75	4,75	4,75	4,75	0,00
ottobre	1	1,92	1,92	1,92	1,92	0,00
novembre	1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00
dicembre	1	1,92	1,92	1,92	1,92	0,00
gennaio	1	1,33	1,33	1,33	1,33	0,00

Tabella 11.27 - Tofo: statistica descrittiva delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

valori delle CPUE N diminuiscano nei tofi in maniera repentina da febbraio (3,42 ind/h) a marzo ed aprile, mesi in cui non sono state registrate catture. A maggio i valori aumentano leggermente rispetto al periodo precedente (1,25 ind/h),

Mese	N° valori	Valore Medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione Standard
febbraio	1	3,42	3,42	3,42	3,42	0,00
marzo	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
aprile	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
maggio	1	1,25	1,25	1,25	1,25	0,00
giugno	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
luglio	1	1,67	1,67	1,67	1,67	0,00
agosto	1	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00
settembre	1	4,75	4,75	4,75	4,75	0,00
ottobre	1	1,92	1,92	1,92	1,92	0,00
novembre	1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00
dicembre	1	1,92	1,92	1,92	1,92	0,00
gennaio	1	1,33	1,33	1,33	1,33	0,00

Tabella 11.27 - Tofo: statistica descrittiva delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

ma è a partire da giugno (0,25 ind/h) che le catture aumentano progressivamente fino a settembre (4,75 ind/h), per poi calare nuovamente fino a novembre (0,33 ind/h). Nei mesi invernali le catture numeriche si mantengono molto scarse, anche se si osserva a dicembre (1,91 ind/h) un aumento rispetto al mese precedente, seguito da una nuova diminuzione a gennaio (1,33 ind/h).

L'andamento delle catture espresse come biomassa (Tab.11.28 e Fig.11.33) è nel complesso identico a quanto già descritto dal punto di vista numerico: anche nel caso delle catture ponderali, i valori del pescato sono particolarmente esegui nel periodo compreso fra marzo (0,00 g/h) e giugno (23,75 g/h), mentre sono sensibilmente più elevati da luglio (448,50 g/h) ad ottobre (318,50 g/h). Le uniche differenze di un certo rilievo fra l'andamento delle CPUE N e delle CPUE B consistono nel fatto che le catture ponderali raggiungono a dicembre (577,42 g/h) il valore più elevato fra tutti quelli osservati nel corso dell'intero anno di campionamento, mentre nel caso delle catture numeriche il massimo assoluto si registra nel mese di settembre.

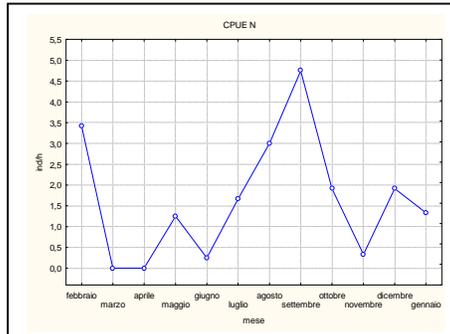


Fig. 11.32 – Tofo: valori delle CPUE N del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

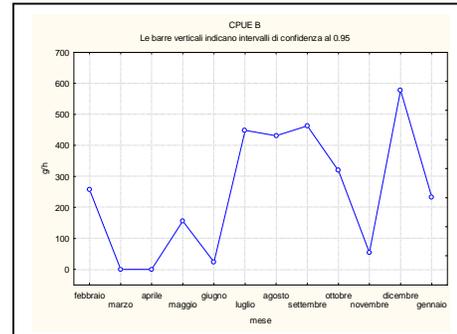


Fig. 11.33 – Tofo: valori delle CPUE B del carassio dorato nel campione disaggregato per mese di campionamento.

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE E BIOLOGIA DELLA PESCA: CONCLUSIONI

Nel corso dei campionamenti condotti mediante elettrostorditore sono state catturate 13 delle 19 specie ittiche segnalate per il lago Trasimeno (Moretti e Gianotti 1966; Mearelli *et al.*, 1990; Natali, 2002; Cucchia, 2004). Complessivamente sono stati pescati 3.468 esemplari, per un peso totale di 929,85 kg; nel campione esaminato è assolutamente preponderante la presenza del carassio dorato, del quale sono stati pescati 1.673 individui (pari al 48,24% del totale) per una biomassa di 582,40 kg (62,63%). La specie che risulta più numerosa dopo il carassio dorato è il latterino, con 790 individui (pari al 22,78% del totale), seguita dal persico trota, con 445 individui (12,83%) e dalla tinca, con 145 individui (4,18%); tutte le altre specie sono risultate assai poco abbondanti. Per quanto riguarda la biomassa, la specie più importante dopo il carassio dorato è la carpa, con 218,203 kg (pari al 23,47% del peso complessivo), seguono il persico trota con 51,46 kg (5,53%) e la tinca con 47,96 kg (5,15%).

Per quanto riguarda le reti nel corso dei campionamenti sono state catturate 9 specie ittiche ed un crostaceo decapode (*Procambarus clarkii*); le reti, quindi, sono risultate maggiormente selettive in quanto rispetto all'elettrostorditore non hanno consentito la pesca dell'alborella, della carpa, del latterino e della pseudorasbora. Ad eccezione della carpa, le altre specie sono di dimensioni ridotte e la loro assenza nel campione appare giustificata dalla grandezza delle maglie utilizzate. Complessivamente con le reti sono stati catturati 2.476 esemplari, per un peso totale di 650,20 kg; anche in questo caso nel campione è preponderante la presenza del carassio dorato, del quale sono stati catturati 1.438 individui (pari al 58,98% del totale) per una biomassa di 476,17 kg (73,23%). La specie più numerosa dopo il carassio dorato è la scardola, con 396 individui (pari al 15,99% del totale); abbondanti sono anche il persico sole (4615 individui, pari al 5,86% del totale), il pesce gatto (140 individui, pari al 5,65%), la tinca (140 individui, pari al 5,65%) ed il persico trota (118 individui, pari all'4,77%). Per quanto riguarda la biomassa, la specie più importante dopo il carassio dorato è la tinca, con 64,301 kg (pari al 9,89% del totale); seguono la scardola con 53,264 kg (8,91%) ed il persico trota con 34,308 kg (5,27%).

Il confronto fra le catture delle reti con quelle effettuate con l'elettrostorditore mostra che le differenze nelle frequenze ripartite per specie ittica risultano altamente significative, sia considerando il numero di individui che la biomassa. Tale analisi, quindi, conferma che i due differenti sistemi di pesca mostrano un diverso grado di selettività e quindi operano con una diversa efficienza di cattura sulle varie specie ittiche. Uno dei risultati più significativi è il fatto che per entrambi i sistemi di pesca utilizzati le CPUE del carassio dorato sono correlate in modo altamente significativo con le CPUE totali, con quelle cioè ottenute considerando insieme tutte le specie

ittiche catturate: ciò significa che il carassio dorato rappresenta la specie che più di tutte condiziona e caratterizza il pescato complessivo.

Un'idea dei rapidi cambiamenti che sono intervenuti in tempi recenti nella composizione quantitativa della comunità ittica presente nel lago Trasimeno si può ottenere dal raffronto con i risultati di una serie di rilevamenti effettuati nel passato (Lorenzoni *et al.*, 1994; Mearelli *et al.*, 1994; Mearelli *et al.*, 2002). Nel periodo compreso fra il giugno ed il novembre 1993 è stata effettuata una serie di campionamenti mensili in due transetti localizzati all'interno della zona della Valle: l'attrezzatura utilizzata era composta da un elettrostorditore di 4 kW di potenza collocato a bordo di un natante. Complessivamente sono stati catturati 1.359 esemplari per un peso totale di 216,34 kg: numericamente le specie ittiche più abbondanti erano la tinca (40,62%), il persico sole (33,55%) ed il luccio (8,83%), mentre le altre specie risultavano nettamente meno comuni. Il carassio dorato, pur essendo già stato introdotto, non è stato tuttavia catturato a conferma della sua scarsa diffusione nel lago Trasimeno all'epoca dei campionamenti (Lorenzoni *et al.*, 1994; Mearelli *et al.*, 1994). E' possibile che nella ricerca attuale l'abbondanza del carassio dorato sia stata almeno in parte sovrastimata, in quanto i campionamenti non sono stati condotti in modo casuale, ma sono avvenuti selezionando le aree e gli ambienti preferiti da tale specie. In ogni caso già nel 2001, effettuando una serie di campionamenti mediante elettrostorditore nelle località di Isola Polvese, Panicarola e San Feliciano (Mearelli *et al.*, 2002), era emerso un notevole incremento delle abbondanze del carassio dorato rispetto agli anni precedenti. Nel campione catturato nel 2001 era evidente la netta dominanza di 3 delle 13 specie rinvenute, che complessivamente rappresentavano il 91% del totale: il 44% era costituito dal persico trota, il 27% dal carassio dorato, il 20% dal persico sole ed il restante 9% dalle rimanenti specie (alborella, anguilla, latterino, carpa, luccio, pesce gatto, persico reale, pseudorasbora, scardola e tinca).

In tale rapida espansione delle abbondanze del carassio dorato, che in pochi anni ha assunto il ruolo di specie dominante la comunità ittica, assume un aspetto fondamentale l'evoluzione della situazione ambientale complessiva del lago Trasimeno. Una specie particolarmente tollerante come il carassio dorato si giova sicuramente della condizione di degrado della qualità dell'acqua, determinata dall'attuale crisi idrica che caratterizza il lago Trasimeno (-1,80 m sotto lo zero idrometrico). Precedenti ricerche hanno mostrato come il chimismo delle acque del lago sia fortemente condizionato dalla temperatura dell'acqua e dai livelli (Gianotti *et al.*, 1982): la temperatura dell'acqua condiziona la diffusione dell'ossigeno e l'ossidazione dei carichi organici, determinando la comparsa dei fenomeni riduttivi, mentre i livelli idrici condizionano i sali disciolti e l'azoto ammoniacale, le sostanze ossidabili e i gas disciolti. Gli equilibri che regolano i processi di mineralizzazione della componente organica risultano abbastanza delicati: il gradiente termico

stabilisce un controllo sulle sostanze riducenti, la cui comparsa è associata alla rarefazione dell'ossigeno disciolto. Particolarmente evidente nel lago è anche il potere di tamponamento esercitato dall'anidride carbonica, che in genere risulta correlata inversamente con il pH; tale relazione apparentemente è più forte nel periodo estivo, esistendo anche una correlazione inversa fra temperatura dell'acqua ed anidride carbonica (Mearelli *et al.*, 1994). Le analisi chimico-fisiche condotte nel corso della presente ricerca, anche se parziali, evidenziano la presenza di un andamento fortemente stagionale della temperatura dell'acqua, del pH e della percentuale di ossigeno: soprattutto in estate nella zona litorale e negli ambienti meno profondi si determina la presenza di situazioni particolarmente critiche per gli organismi acquatici, con situazioni prossime all'anossia. La conducibilità dell'acqua risulta molto elevata ed aumenta in estate, quando l'apporto diluente delle precipitazioni è minimo, mentre è massima l'evapotraspirazione. La presenza di una forte sovrapposizione fra andamento del ossigeno con quello del pH, inoltre, sottolinea l'importanza dei fenomeni fotosintetici nel condizionare la presenza di tale gas nell'acqua. Già nel passato l'abbassamento di livello del lago ha determinato nella parte meridionale del lago (La Valle) fenomeni simili a quelli che caratterizzano la fase attuale, con la comparsa di fenomeni di ipertrofia molto pronunciati, tipici degli ambienti paludosi (Moretti, 1982): in tali situazioni l'ossigeno può risultare assente nelle acque profonde, mentre in superficie può raggiungere valori estremamente elevati (sovrasaturazione); le piante acquatiche, esercitando un'intensa attività fotosintetica accompagnata da una riduzione dei bicarbonato, concorrono all'aumento del pH, che può oltrepassare il valore di 9 unità. I risultati delle analisi chimico-fisiche condotte nel corso della presente ricerca confermano quanto già emerso nel 2001 (Mearelli *et al.*, 2002), quando le acque risultavano in serie alcalina e presentano elevati valori di conducibilità, con il dato più preoccupante rappresentato dall'ossigeno disciolto che sul fondo raggiungeva valori di deossigenazione prossimi all'anossia, mentre in superficie talvolta presentava condizioni di sovrasaturazione. Quanto emerso dalla ricerca fa presupporre che il riscaldamento dell'acqua e il deficit di ossigeno possono costituire condizioni limitanti per la maggior parte delle specie che compongono la comunità ittica del lago Trasimeno; in questo contesto appare evidente come prioritario, rispetto ad ogni ipotesi di contenimento delle abbondanze del carassio dorato, debba essere il miglioramento delle condizioni ambientali attraverso l'aumento dei livelli idrometrici del lago.

Per quanto riguarda l'utilizzo dell'elettrostorditore come metodo di pesca nel lago Trasimeno, la ricerca ha evidenziato l'estrema efficienza di tale attrezzo nei confronti del carassio dorato: le catture effettuate per ogni metro di transetto percorso sono risultate pari a 0,08 individui, per una biomassa di 25,34 g, mentre per quanto riguarda la standardizzazione delle catture nei confronti del tempo, sono stati catturati mediamente 1,98 carassi al minuto, per una biomassa media

di 606,50 g/min. Da sottolineare anche che nelle condizioni di utilizzo ottimali il valore massimo delle catture effettuate è risultato estremamente elevato e pari a 16,00 ind/min (per una biomassa di 6.267,43 g/min). Tali risultati confermano quanto emerso precedentemente: nel 2001 le CPUE medie del carassio dorato, con campionamenti condotti esclusivamente nel periodo estivo, sono risultate pari a 1,7 ind/min (Mearelli *et al.*, 2002).

L'efficienza dell'elettrostorditore nei diversi periodi dell'anno non è tuttavia costante: nei mesi invernali le catture del carassio dorato sono state molto scarse o nulle, mentre a maggio e settembre sono i mesi in cui vengono raggiunte le CPUE N più elevate. Anche la biomassa catturata è massima a maggio, mentre da giugno fino ad agosto le CPUE B iniziano a calare, per poi aumentare leggermente solo in autunno. E' evidente anche l'esistenza di alcune differenze nella taglia degli individui pescati nei diversi periodi dell'anno: in primavera, in coincidenza della riproduzione della specie, i campionamenti hanno portato alla cattura di un gran numero di individui di grandi dimensioni che si radunano nelle acque più basse e sono quindi più facilmente catturabili con l'elettrostorditore. In estate, terminata la riproduzione, le catture diminuiscono per l'allontanamento dei riproduttori dalle zone di frega; in autunno le catture aumentano di nuovo soprattutto per la comparsa di un elevato numero di giovani dell'anno (0+) che, nati dalle uova deposte, si sono accresciuti rapidamente nei mesi estivi ed hanno raggiunto taglie che li rendono catturabili dall'elettrostorditore. In inverno, infine, le catture divengono molto scarse o nulle in quanto la maggior parte degli esemplari di tutte le taglie si allontanano dalle rive per portarsi in acque più profonde, dove l'efficacia dell'elettrostorditore è molto scarsa.

Nel confronto fra le località in cui è stato effettuato il campionamento le differenze che emergono appaiono forse poco significative, mentre sicuramente assumono un maggior rilievo le caratteristiche ambientali che le caratterizzano, prima fra tutte la presenza ed il tipo di vegetazione. I risultati infatti evidenziano come le catture siano molto variabili in funzione della vegetazione presente: i valori medi più elevati delle CPUE, sia dal punto di vista numerico che di biomassa, sono stati registrati nei transetti caratterizzati dalla presenza di vegetazione sommersa e del canneto. Ciò conferma quanto emerso da precedenti ricerche (Mearelli *et al.*, 2002). Significativo è anche il fatto che la taglia media dei carassi dorati catturati nel canneto risulta nettamente superiore rispetto a quelli pescati fra la vegetazione sommersa; ciò è dipeso dal fatto che la presenza della vegetazione acquatica, soprattutto di quella sommersa, è stata fortemente influenzata dal ciclo stagionale. Soltanto in primavera inoltrata, a riproduzione del carassio dorato già iniziata, la vegetazione sommersa aumenta la propria diffusione nel lago ed è quindi soprattutto all'interno del canneto che inizialmente si concentrano gli esemplari in riproduzione. Il carassio dorato si conferma una specie a deposizione fitofila e gli esemplari maturi tendono a concentrarsi nelle zone più ricche di

vegetazione, specialmente nei periodi in cui la riproduzione è più intensa. La rilevanza del canneto nella riproduzione del carassio dorato è comunque condizionata dai livelli primaverili del lago e molto probabilmente aumenta negli anni in cui i livelli del lago sono alti. All'andamento dei livelli del lago, quindi, è anche collegata la possibilità di concentrare nei pressi del canneto lo sforzo pesca per contenere con l'elettrostorditore le abbondanze del carassio dorato. In estate le abbondanze del carassio dorato si riducono nel canneto a causa dell'abbassamento dei livelli del lago, mentre a settembre aumenta la concentrazione dei carassi fra le idrofite sommerse, grazie soprattutto alla comparsa di numerosi esemplari di piccola taglia nati nell'anno (0+). I livelli nelle catture si mantengono abbastanza costanti fino a dicembre, mese in cui i carassi dorati si allontanano dalla riva e non possono essere più pescati con l'elettrostorditore.

Molto meno importanti rispetto alla presenza della vegetazione acquatica, risultano le differenze fra le località di campionamento nella composizione del tipo di fondo (presenza di sabbia o limo). I risultati dell'analisi evidenziano come le catture medie siano più elevate nelle località caratterizzate dalla prevalenza del limo rispetto alla sabbia, ma ai test statistici le differenze non sono comunque risultate significative, né per le CPUE N né per le CPUE B.

Per quanto riguarda la messa a punto dell'attrezzatura da utilizzare nella pesca elettrica per ottimizzarne l'efficacia nei riguardi del carassio dorato, vengono confermate ed in parte incrementate le conoscenze già acquisite nel corso di precedenti esperienze (Mearelli *et al.*, 2002). Soprattutto nei laghi, è noto che la profondità dell'acqua, il grado di turbolenza e alcune caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua, quali ad esempio la conducibilità (Randall, 1990) determinano numerose difficoltà nella messa a punto dell'apparecchiatura di pesca (Mearelli *et al.*, 2002). In tutte le condizioni in cui si opera l'obiettivo è sempre lo stesso: portare i pesci in superficie, in vicinanza degli operatori, in modo che possano essere catturati. Grosse difficoltà, da questo punto di vista, si riscontrano nelle acque profonde e questo, quindi, giustifica il fatto che le catture, nel periodo esaminato, sono state massime in primavera quando i carassi si portano in prossimità della riva e quindi in acque particolarmente basse, mentre divengono minime o nulle in inverno, quando i pesci si allontanano dalla riva. Le caratteristiche del campo elettrico, e quindi le prestazioni dell'elettrostorditore, cambiano non solo in funzione della corrente, ma anche in base alla forma, dimensione, posizione, distanza e orientamento degli elettrodi. In particolare molta attenzione va prestata alle dimensioni dell'anodo che dovrebbe essere di diametro il più grande possibile per non provocare danni ai pesci: l'aumento del diametro determina un aumento della dimensione del campo elettrico, da cui deriva una diminuzione dell'intensità della corrente nelle vicinanze dell'elettrodo stesso; con la riduzione del diametro dell'anodo accade il contrario e quindi aumentano i rischi per i pesci (Mearelli *et al.*, 2002). Le dimensioni standard dell'anodo in

riferimento alla conducibilità sono pari a: circa 30 cm in acque di media conducibilità; circa 15 cm in acque ad alta conducibilità; circa 46 cm in acque a bassa conducibilità. Nel corso della ricerca sono stati testati anodi di forma circolare, con circonferenze variabile da 30 cm a 50 cm: i risultati dell'analisi evidenziano come all'aumentare delle dimensioni dell'anodo le catture numeriche tendono progressivamente a diminuire: l'anodo di 30 cm di diametro si è rivelato, infatti, il più efficiente ed è quello in grado di catturare il maggior numero medio di carassi dorati nell'unità di tempo. Conclusioni simili erano state ottenute nel 2001 da Mearelli *et al.* (2002). Anodi di diametro molto piccolo sono in grado di creare campi elettrici più concentrati e più intensi (Mearelli *et al.*, 2002); questo riduce l'ampiezza del campo elettrico e quindi anche la distanza dalla quale un pesce può essere attratto e catturato, ma in un ambiente caratterizzato da una conducibilità elettrica molto elevata, come il lago Trasimeno, ciò migliora la probabilità di cattura. Soprattutto in periodi in cui i pesci sono molto concentrati, come durante la riproduzione, l'utilizzo di un anodo di piccole dimensioni può risultare molto efficace, anche in considerazione del fatto che nei confronti del carassio dorato non intervengono valutazioni sulla necessità di limitare i danni causati agli individui da un eventuale campo elettrico troppo intenso. E' evidente, comunque, che in tale settore la sperimentazione deve ancora proseguire: non è infatti possibile, allo stato attuale, valutare l'incidenza che tale attrezzatura comporta sulla mortalità delle altre eventuali specie ittiche che siano sottoposte al campo elettrico. Inoltre sarebbe il caso di testare anche anodi di dimensioni ancora minori o di forma diversa; ideale sarebbe l'utilizzo di un anodo sferico, che assicura una dispersione uniforme dell'energia elettrica, anche se tale soluzione sarebbe poco pratica per peso, ingombro e resistenza (Mearelli *et al.*, 2002). E' tuttavia possibile ottenere i vantaggi di un anodo di forma sferica con l'anello di Winsconsin: questo tipo di anodo crea un campo elettrico tridimensionale che esercita i suoi effetti sia in superficie che in profondità (Mearelli *et al.*, 2002).

Per ottimizzare le prestazioni dell'elettrostorditore è necessario stabilire un rapporto paritario fra le superfici dei due elettrodi: in generale il catodo deve avere una superficie uguale o maggiore a quella dell'anodo; ciò evita la dissipazione di potenza al catodo (Mearelli *et al.*, 2002). I sistemi più potenti o/e efficienti utilizzano la barca stessa come catodo. I catodi utilizzati nel corso della ricerca sono stati di 2 tipi: il primo era costituito da una treccia di rame di 3 cm di larghezza e di lunghezza variabile (50 cm, 80 cm, 120 cm e 180 cm), mentre il secondo era rappresentato da una piastra di rame, con forma rettangolare e dimensioni 40 x 60 cm, montata su di un supporto galleggiante. I risultati dell'analisi evidenziano come il catodo rappresentato dalla piastra di rame galleggiante si sia rivelato l'elettrodo più efficiente. Ciò conferma quanto emerso nel corso di una precedente ricerca (Mearelli *et al.*, 2002). La migliore abbinata catodo-anodo è risultata quella costituita da una piastra galleggiante (40x60 cm) come catodo e da un anodo circolare di 30 cm di

diametro. I risultati appaiono parziali e sicuramente l'analisi necessita di ulteriori approfondimenti, in quanto molte delle possibili coppie di abbinamenti fra elettrodi non sono stati testate.

Per quanto riguarda gli impulsi sono state applicate 3 diverse frequenze: 60, 80 e 100 Hertz. L'utilizzo della corrente continua ha provocato il blocco del generatore elettrico, che è stato quindi utilizzato esclusivamente in modalità pulsata. Questo risultato è da attribuire in buona parte agli alti valori di conducibilità che caratterizzano il lago Trasimeno e per il futuro si potrebbe ovviare a questo inconveniente utilizzando apparecchi di maggior potenza (10, 15, 20 Kw). I risultati dell'analisi evidenziano come la frequenza di 60 Hertz si sia rivelata la più efficace di tutte; non è stata testata la frequenza 40 impulsi al minuto che è risultata garantire in altre esperienze, secondo i risultati conseguiti da Mearelli *et al.* (2002), i migliori risultati in termini di catture del carassio dorato. Si deve tenere presente che le frequenze più elevate comportano un aumento dei rischi per i pesci e quindi appare opportuno regolare la frequenza anche in funzione della sensibilità delle altre specie ittiche presenti durante il campionamento. Indipendentemente dalle altre caratteristiche dell'apparecchiatura utilizzata, per ottenere un'elevata catturabilità è necessario non stordire troppo rapidamente gli esemplari, poiché altrimenti nelle specie bentoniche e negli ambienti torbidi o profondi questi rimarrebbero sul fondo e fuori della portata degli operatori. Un numero di impulsi troppo elevato, infatti, può comportare il raggiungimento di una condizione di tetano, che blocca i pesci sul fondo, mentre per attirarli verso l'anodo è spesso opportuno applicare frequenze meno elevate. L'attrazione dei pesci bentonici non è facile da ottenere anche perché, in qualche caso, la componente argillosa dei fondali, che ha una forte conducibilità, disperde il campo elettrico (Mearelli *et al.*, 2002).

Per quanto riguarda le altane le specie ittiche complessivamente catturate sono 8, in quanto l'anguilla non è mai stata pescata con questo attrezzo, ma solo con i tofi: le catture totali sono risultate pari a 0,083 ind/m²/h, per una biomassa corrispondente di 12,53 g/m²/h. Un paragone per apprezzare l'efficienza di cattura delle altane e l'abbondanza della fauna ittica presente nel lago Trasimeno può essere fatto con il lago di Piediluco, in cui nel 1999 è stato effettuato un monitoraggio mediante campionamenti stagionali utilizzando altane con maglie da 20, 28 e 40 mm: i valori medi ottenuti sono risultati nettamente inferiori a quelli calcolati per il lago Trasimeno sia per le CPUE N, in cui sono pari a 0,024 ind/m²/h, che per le CPUE B, pari a 4,34 g/m²/h (Autori Vari, 2000).

Per quanto riguarda le catture effettuate con i tofi le specie ittiche catturate sono 8, in quanto il luccio non è mai stato pescato con questo attrezzo: le catture totali sono risultate pari a 3,56 ind/h, per una biomassa corrispondente di 422,61 g/h: anche in questo caso i valori osservati nel lago di

Piediluco risultano nettamente inferiori e sono pari a 0,219 ind/h per le catture numeriche e pari a 47,49 g/h per la biomassa (Autori Vari, 2000).

Quando si confrontano le sole catture di carassio dorato effettuate da altane aventi maglie di diversa ampiezza, si denota che tutte le reti utilizzate appaiono in grado di catturare efficacemente numeri molto elevati di individui, ad eccezione dell'altana da 70 mm che è in assoluto la rete meno efficiente fra quelle utilizzate. Le uniche differenze che emergono fra una rete e l'altra riguardano la biomassa pescata e sono essenzialmente dovute alla loro differente selettività: le reti con la maglia più grande, fino a quella da 50 mm, pescano una maggiore biomassa ittica soltanto perché intrappolano esemplari di maggiori dimensioni. I risultati evidenziano, inoltre, come tutte le altane si dimostrino ampiamente selettive nei confronti della taglia del carassio dorato: infatti, all'aumentare dell'ampiezza delle maglie incrementano anche le dimensioni e l'età degli individui pescati. Le altane, comunque, si dimostrano maggiormente selettive nei confronti degli esemplari più grandi, di quanto non lo siano per gli esemplari più piccoli: ciò in quanto i carassi possono rimanere impigliati nelle reti anche mediante i raggi ossificati e seghettati delle pinne. Il tofo si è confermato meno selettivo nei confronti della taglia rispetto alle altane. Le analisi condotte hanno anche permesso di appurare che l'altana da 22 mm risulta altamente selettiva per gli esemplari 0+ e 1+. Gli individui di età 2+ rappresentano la classe più frequente nel pescato del tofo e delle altane con maglia compresa fra 25 e 40 mm, mentre divengono molto poco abbondanti nelle catture delle reti di dimensioni maggiori. La classe 3+ è abbastanza numerosa nel tofo, ma raggiunge le frequenze più elevate nel pescato delle altane a partire da dimensioni della maglia superiori a 40 mm. L'altana da 70 mm si dimostra altamente selettiva nei confronti delle classi di età 4+ e 5+. Le catture percentuali delle varie specie ittiche nel campione disaggregato per tipo di rete evidenziano come a partire dalla maglia da 40 mm e per tutte quelle superiori (50 e 70 mm) la selettività delle altane nei confronti del carassio dorato risulta nettamente superiore rispetto alle altre reti. Infatti il numero delle specie ittiche catturate si riduce ed il carassio dorato diviene assolutamente preponderante nel pescato, con percentuali prossime all'80% sia per le CPUE N che per le CPUE B.

Le reti, a differenza dell'elettrostorditore, hanno garantito un'alta efficienza di cattura durante tutti i mesi dell'anno, inverno compreso, e risultano meno vincolate dalla presenza dei pesci in prossimità delle rive. Reti ed elettrostorditore, proprio in questo contesto, appaiono strumenti complementari fra loro, essendo l'efficienza delle reti più elevata proprio nei periodi dell'anno in cui al contrario molto scarso potrebbe essere l'apporto della pesca elettrica al contenimento delle abbondanze del carassio dorato. Le catture effettuate mediante le altane ed i tofi, disaggregate per stagione di campionamento, evidenziano che la stagione in cui le catture sono più abbondanti è rappresentata dall'inverno, mentre si osserva un calo delle catture in primavera. Le catture

disaggregate per stagione di campionamento e tipo di maglia forniscono ulteriori considerazioni: le altane con maglia da 40 e da 50 mm si rivelano le più efficienti in tutte le stagioni dell'anno, con l'unica eccezione rappresentata dall'estate in cui sono sopravanzate dall'altana da 35 mm; tutti gli altri attrezzi presentano biomasse catturate nettamente inferiori. Ciò nelle reti con maglia più piccola (22, 25 e 28 mm) è giustificato dalle ridotte dimensioni medie dei carassi catturati, mentre per l'altana da 70 mm deriva dallo scarso numero di individui pescati.

Tali risultati si integrano con quanto emerso nella parte relativa alla biologia del carassio dorato nel fornire indicazioni fondamentali nell'adozione di strategie utili ai fini del contenimento di questa specie. Le attuali densità raggiunte dalla popolazione, le caratteristiche biologiche della specie e le condizioni ambientali presenti nel lago Trasimeno lasciano presupporre che necessariamente le azioni di intervento debbano essere molto articolate ed agire su piani diversi: un miglioramento della qualità ambientale complessiva del lago attraverso l'innalzamento dei livelli idrologici, la possibilità di uno sfruttamento economico (anche se parziale) del carassio dorato e quindi il coinvolgimento delle cooperative di pesca professionale, rappresentano alcuni interventi ad ampia scala la cui adozione sarebbe particolarmente auspicabile. Per quanto riguarda l'adozione di misure più dirette, l'esistenza nella popolazione del lago Trasimeno di una mortalità naturale molto intensa causata dalla competizione intraspecifica consiglia di indirizzare, in una prima fase, le strategie di contenimento soprattutto verso gli adulti in età riproduttiva, nei confronti dei quali l'elettrostorditore risulta un mezzo particolarmente efficiente. Un'azione di contenimento attuata immediatamente prima o durante il periodo riproduttivo può risultare particolarmente opportuna, in quanto garantisce un duplice risultato: avviene in una situazione in cui il carassio dorato è notevolmente vulnerabile ed ha effetti sul reclutamento naturale della generazione successiva. Soltanto in un secondo momento, e cioè quando l'azione di contenimento avrà garantito una significativa riduzione della consistenza della popolazione, diverrà opportuno intensificare il prelievo ed estenderlo anche agli individui in età preriproduttiva.

Il carassio dorato è una specie a deposizione fitofila e quindi gli ambienti elettivi in cui concentrare lo sforzo pesca sono rappresentati dal canneto e dalle località in cui è maggiore la presenza delle idrofite sommerse. La frega del carassio dorato, comunque, è abbastanza precoce e può iniziare prima che la vegetazione sommersa si sia pienamente sviluppata nel lago Trasimeno ed è quindi soprattutto all'interno del canneto che inizialmente si radunano gli esemplari in riproduzione.

Le reti rappresentano un utile complemento all'elettrostorditore, essendo la loro efficienza massima anche nel periodo invernale, in cui al contrario è minimo l'apporto della pesca elettrica. L'azione di pesca delle altane è inoltre altamente selettiva, almeno a partire dalle taglie minime del

carassio, e quindi le informazioni raccolte sul loro utilizzo potranno risultare estremamente utili: infatti potranno permettere di indirizzare il contenimento su quelle porzioni della popolazione in cui il prelievo è in grado di garantire la massima efficacia in termini di costi-benefici. Nella realizzazione di un progetto di contenimento della popolazione nel lago Trasimeno si dovranno considerare molti aspetti diversi (sociali, economici, ambientali, ecc.) e non soltanto le caratteristiche e la biologia della pesca del carassio dorato, ma è indubbio che le informazioni raccolte nel corso della ricerca potranno fornire molte delle indicazioni indispensabili per rendere massime le prestazioni delle attrezzature da utilizzare, riducendo contemporaneamente il loro impatto sulle altre specie ittiche presenti nel lago. I dati raccolti, inoltre, rappresentano la premessa fondamentale per verificare nel tempo l'efficacia delle azioni adottate.

BIBLIOGRAFIA

- Abella A., Auteri R., Serena F., Silvestri R., Voliani A. (1994): Studio della variabilità di accrescimento a diverse altitudini della trota fario nel torrente Lima. *Atti del 5° Convegno Nazionale Associazione Ittiologi Acque Dolci*, 149-160.
- Abramenko M.I., Kravchenko O.V. e Velikoivanenko A.E. (1997): Population genetic structure of the goldfish *Carassius auratus gibelio* diploid–triploid complex from the Don River Basin. *Journal of Ichthyology*, **37**(1): 56-65.
- Anderson R.O., Neumann R.M. (1996): Length, weight and associated structural indices. In Murphy B. e Willis (ed.): *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, 447-482.
- Arlati G., Chiaudani G., Negri A., Villa P. (1990): Gestione razionale della popolazione riproduttiva di luccio (*Esox lucius*) in un piccolo lago lombardo: proposta operativa per la pesca professionale. *Rivista di Idrobiologia*, **29**(1): 87-103.
- Autori Vari (2000): *Progetto di riqualificazione ambientale del lago di Piediluco: monitoraggio ittico del lago di Piediluco*. Provincia di Terni, Terni.
- Bagenal T.B. (1978): *Fish production in fresh waters*. Editor Blackwell, London.
- Belkessam D., Oberdorff T., Hugueny B. (1997): Unsaturated fish assemblages in rivers of north-western France: potential consequences for species introductions. *Bulletin Francaise de la Peche de la Pisciculture*, **344-345**: 193-204.
- Berg L.S. (1964): *Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- Bronmark C., Paszkowski C.A., Tonn W.M., Hargeby A. (1995): Predation as a determinant of size structure in populations of crucian carp (*Carassius carassius*) and tench (*Tinca tinca*). *Ecology of Freshwater Fish*, **4**: 85-92.
- Bruno S. (1987): *Pesci e crostacei d'acqua dolce*. Ed Giunti, Firenze.
- Bruno S. e Maugeri S. (1992): *Pesci d'acqua dolce. Atlante d'Europa*. Mondadori, Milano.
- Carollo A. (1969): Carta batimetrica e note geomorfologiche sul bacino del Lago Trasimeno. *Mem. Ist. Ital.*, **25**: 141-159.
- Craig J.F., Sharma A., Smiley K (1986): The variability in catches from multi-mesh gillnets fished in three Canadian Lakes. *Journal of Fish Biology*, **28**(6):671-678.
- Cucchia L. (2004): Informazioni relative alle popolazioni ittiche. In Autori Vari (ed.): *Progetto life natura: Ripristino habitat e conservazione ardeidi sul lago Trasimeno. Relazione conclusiva sulle attività di raccolta dati sulla fauna e sulla vegetazione*. Provincia di Perugia, Perugia.

- Cuellar O. (1977): Animal parthenogenesis. *Science*, **197**: 837–843.
- D'Ancona U. (1973): *Trattato di Zoologia*. UTET, Torino..
- Defendu L. e Dragoni W. (1978): Idrogeologia del Lago Trasimeno. *Geologia applicata e idrogeologia*, **12**: 11- 67.
- Degerman E., Nyberg P., Appelberg M. (1988): Estimating the number of species and relative abundance of fish in oligotrophic Swedish lakes using multi-mesh gillnets. *Nordic Journal of Freshwater Research*, **64**: 91-100.
- Devries D. R. e Frie R. V. (1996): Determination of age and growth. In Murphy B. R. e Willis D. W. (ed.): *Fisheries techniques*. American Fisheries Society, Bethesda.
- Dragoni W. (1982): Idrogeologia del Lago Trasimeno: sintesi, problemi, aggiornamenti. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **5**: 192-206.
- Dragoni W. e Castellani M. (2003): *Erosione, trasporto solido ed interrimento del lago Trasimeno*. CIPLA, Perugia.
- Fraser C.M. (1910): Growth of the spring salmon. *Trans. Pacif. Fish. Soc. Seattle*, **1915**: 29-29.
- Froese R. e Pauly D. (1998): *Fishbase 98: concepts, design and data sources*. Iclarm, Manila.
- Fulton T.W. (1911): *The sovereignty of the sea*. Edimburg and London.
- Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A. (1991): *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Gianotti G.S., Mantilacci L., Mearelli M., Tiberi O., (1982): Physionomie physique et chimique du lac Trasimene pendant la periode 1969-1979. *Excursion Internationale de Phytosociologie en Italie centrale (2-11 Julliet 1982)*, Università di Camerino: 444-469.
- Godinho F.N. e Ferreira M.T. (2000): Composition of endemic fish assemblages in relation to exotic species and river regulation in a temperate stream. *Biological Invasions*, **2**: 231-244.
- Gomez S.E., Ferré H., Cassará H., Bordone S. (1997): Cultivo de peces ornamentales (*Carassius auratus* y *Cyprinus carpio*) en sistemas semiintensivos en la Argentina. *Aquatec*, **4**: 1-13.
- Granetti, B. (1965): La flora e la vegetazione del lago Trasimeno (Parte I: la vegetazione litoranea). *Rivista di Idrobiologia*, **4**(3): 115-153.
- Halacka K., Luskova V., Lusk S. (2003): *Carassius gibelio* in fish communities of the Czech Republic. *Ecology and Hydrobiology*, **3**(1): 133-138.
- Hebert W. A. (1996): Passive capture techniques. In Murphy B.R. e Willis D.W. (ed.): *Fisheries techniques*. American Fisheries Society, Bethesda.
- Holopainen I.J. e Hyvarinen H. (1985): Ecology and physiology of crucian carp (*Carassius carassius* (L.)) in small Finnish pounds with anoxic conditions in winter. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **22**: 2566-2570.

- Holopainen I.J. e Pitkanen A.K. (1985): Population size and structure of crucian carp (*Carassius carassius* (L.)) in two small, natural ponds in Eastern Finland. *Annales Zoologici Fennici*, **22**: 397-406.
- Holopainen I.J., Tonn W.M., Paszkowski C.A. (1991): Ecological responses of crucian carp populations to predation by perch in a manipulated pond. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **14** (4): 2412-2417.
- IPCC (2001): *Climate Change 2001. Synthesis Report*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kuznetsov V.A. (2004): Changes in the population structure and biological indices of the goldfish *Carassius auratus gibelio* in the Volga Stretch of the Kuibyshev Reservoir under conditions of intense anthropogenic load on the ecosystem. *Journal of Ichthyology*, **44**(2): 167-174.
- Leach J.H. (1995): Non indigenous species in the Great Lakes: were colonization and damage to ecosystem predictable? *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, **4**: 117-128.
- Lee R.M. (1920): A review of the methods of age and growth determination by means of scales. *Fishery Invest.*, **4**: 2-32.
- Lelek A. (1987): *The freshwater fishes of Europe. Threatened fishes of Europe*. Aula-Verlag, Wiesbaden.
- Lodge D.M., Taylor C.A., Holdich D.M., Skurdal J. (2000): Non indigenous crayfish threaten North American freshwater biodiversity: lesson from Europe. *Fisheries*, **25** (8): 7-20.
- Lorenzoni M., Giovinazzo G., Mearelli M. (1994): *Studio degli effetti ambientali determinati dal canale realizzato dall'amministrazione provinciale di Perugia in una biozonula della valle. Raggiugli ittici*. S.I.G.L.A., 20-25.
- Luo J., Zhang Y.P., Zhu C.L., Xiao W.H., Huang S.Y. (1999): Genetic Diversity in Crucian Carp (*Carassius auratus*). *Biochemical Genetics*, **37**: 267-279.
- Mack R.N., Simberloff C.D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M., Bazzaz F. (2000): Biotic invasion: Causes, epidemiology, Global Consequences and Control. *Issue in Ecology*, **5**: 1-24.
- Marconato A. (1990). Calcolo della produzione ittica in popolazioni naturali. *Rivista di Idrobiologia*, **29**(1): 329-342.
- Marconato A. (1991): Metodi per lo studio della struttura delle popolazioni ittiche nelle acque interne: la densità di popolazione. *Atti 2° Seminario Italiano Censimenti Faunistici dei Vertebrati*, **26**: 7- 18.
- Mascarenhas Alves C.B., Lima Godinho A., Pereira Godinho H., Campos Torquato V. (1998): A Ictiofauna da represa de Itutinga, Rio Grande (Minas Gerais – Brasil). *Rev. Brasil. Biol.*, **58** (1): 121-129.

- McKinney M.L. e Lockwood J.L. (1999): Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trend in Ecology and evolution*, **14** (11): 450-453.
- Mearelli M., Giovinazzo G., Lorenzoni M. (1994): *Studio degli effetti ambientali determinati dal canale realizzato dall'amministrazione provinciale di Perugia in una biozonula della valle. Conclusioni*. S.I.G.L.A., 26-28.
- Mearelli M., Lorenzoni M., Carosi A., Corboli M., Dorr A.J.M., Giovinazzo G., Michele M., Pedicillo G., Natali M., Bonavia M., Dolciami R., Mezzetti A., Biscaro Parrini A. (2002): *Ricerca per la messa a punto di un protocollo per l'uso della pesca elettrica*. Provincia di Perugia, Perugia.
- Mearelli M., Lorenzoni M., Giovinazzo G., Bufoli L., Gallinari W. (1994): *Studio degli effetti ambientali determinati dal canale realizzato dall'amministrazione provinciale di Perugia in una biozonula della valle. Raggiugli chimico-fisici*. S.I.G.L.A., 4-13.
- Mearelli M., Lorenzoni M., Mantilacci L. (1990): Il lago Trasimeno. *Rivista di Idrobiologia*, **29** (1): 353-389.
- Menassè V. (1974): *Pesci rossi o carassi*. Edagricole, Bologna.
- Mills E.L., Leach J.H., Carlton J.T., Secor C.L. (1993): Exotic species in the Great Lakes: a history of biotic crisis and anthropogenic introductions. *Journal of Great Lakes Research*, **19**: 1-54.
- Moretti G.P. (1982): Declin et renaissance du lac Trasimene (1954-1969). *Excursion Internationale de Phytosociologie en Italie centrale (2-11 Julliet 1982)*. Università di Camerino, 421-443.
- Moretti G.P. e Gianotti F.S. (1966): *I pesci e la pesca nel Lago Trasimeno*. Camera di Commercio industria e Agricoltura, Perugia.
- Murakami M., Matsuba C, Fujitani H. (2001): The maternal origins of the triploid ginbuna (*Carassius auratus langsdorfi*): phylogenetic relationships within the C. auratus taxa by partial mitochondrial D-loop sequencing. *Genes Genet. Syst.*, **76**: 25-32.
- Murakami M., Matsuba C, Fujitani H. (2002): Characterization of DNA markers isolated from the gynogenetic triploid ginbuna (*Carassius auratus langsdorfi*) by representational difference analysis. *Aquaculture*, **208**: 56-68.
- Muus B.J. e Dahlström (1967): *Guide des Poissons d'eau douce et Pêche*. Ed Delachaux & Niestlè, Neuchatel.
- Natali M. (2002). *I pesci del Lago Trasimeno*. Tipolitografia Grifo, Perugia.
- Negri A. e Arlati G. (1994): La biologia dei Coregoni del lago di Como. *Atti V° Convegno Aiiad, Montecchio Maggiore, 28-29 Ottobre, 1994*, 3-16.

- Orsomando E. e Pedrotti, F. (1985): *Carta della vegetazione del foglio Passignano sul Trasimeno (1:50000)*. S.E.C.A., Firenze.
- Paszkowski C.A., Tonn W.M., Piironen J., Holopainen I.J. (1990): Behavioural and population-level aspects of intraspecific competition in crucian carp. *Annales Zoologici Fennici*, **27**: 77-85.
- Pauly D. E Munro J.L.(1984): Once more on comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, **1**(2): 21-22.
- Pedrotti F. e Orsomando E. (1982): Flore et vegetation du lac Trasimene. *Excursion Internationale de Phytosociologie en Italie centrale (2-11 Julliet 1982)*. Università di Camerino, 469-478.
- Peduzzi R. e Meng H. (1976): Introduzione alla pesca elettrica: la reazione del pesce alla corrente elettrica. *Rivista Italiana di Piscicoltura e Ittiopatologia*, **11** (2): 55 – 6.
- Piironen J. e Holopainen (1988): Length structure and reproductive potential of crucian carp (*Carassius carassius* L.) populations in some small forests ponds. *Annales Zoologica Fennici*, **25**: 203-208.
- Randall R.G. (1990): Effect of water temperature, depth, conductivity and survey area on the catchability of juvenile Atlantic salmon by electric fishing in New Brunswick streams. In Cowx I.G. (ed.): *Developments in Electric Fishing*. Fishing News Books, Cambridge.
- Ricker W. E. (1975): Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, **191**: 1- 382.
- Rongoni A., Duchi A., Baldaccini G.N., Alessio G. (1996): Il regime alimentare di alcune specie ittiche ed eventuali effetti di amplificazione dei livelli trofici nel lago di Massaciuccoli (Toscana). *Atti VI° Convegno Aiiad, Varese Ligure, 6-8 Giugno, 1996*, 329-341.
- Rosecchi E., Poizat G., Crivelli A.J. (1997): Introductions de poissons d'eau douce et crevisses en Camargue: historique, origines et modifications des peuplements. *Bulletin Francaise de la Peche de la Pisciculture*, **344-345**: 221-232.
- Sani L., Rongoni A., Alessio G. (1999): Biologia riproduttiva delle principali specie ittiche dulcicole di un ecosistema eutrofizzato (lago Massaciuccoli, Toscana). *Quaderni ETP*: **28**: 191-203.
- Seehausen O. (2004): Hybridization and adaptive radiation. *Trends in Ecology and Evolution*, **19**(4): 198-207.
- Snedecor G.W. e Cochran W.G. (1967): *Statistical methods*. The Iowa State University Press, Ames.
- Sommani E. (1967): Variazioni apportate all'ittiofauna italiana dall'attività dell'uomo. *Bollettino di pesca, Piscicoltura e Idrobiologia*, **22** (2): 149-166.

- Stella E. (1949): Le attuali conoscenze sulla fauna del Lago Trasimeno. *Bollettino di pesca, Piscicoltura e Idrobiologia*, **4**: 3-19.
- Tonn W.M., Paszkowski C.A., Holopainen I.J. (1991): Selective piscivory by perch: effects of predator size, prey size, and prey species. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24** (4): 2406-2411.
- Tortonese E. (1970): *Fauna d'Italia. Vol.X. Osteichthyes*. Edizioni Calderoni, Bologna.
- USGS (2001): *Non indigenous aquatic species*. <http://nas.er.usgs.gov>.
- Von Bertalanffy L. (1938): A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, **10**: 181- 243.
- Weatherley H.A. (1972): *Growth and ecology of fish populations*. Academic Press, London.
- Wheeler A. (2000): Status of the crucian carp, *Carassius Carassius* (L.) in the UK. *Fisheries Management and Ecology*, **7**: 315-322.
- Wilderbuer T.K. e Kappenman R.F. (1998): Analysis of Fishing Power Correction Factor Estimates from a Trawl Comparison Experiment. *North American Journal of Fisheries Management*, **18**: 11-18.
- Xie J., Wen J., Chen B., Gui J.F. (2001): Differential gene expression in fully-grown oocytes between gynogenetic and gonochoristic crucian carp. *Gene*, **272**: 109 -116.